



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 «ВИНТ»

УДК 621.81-2-047.84

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-4А7Б	Свиридов Дмитрий Леонидович		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
3-4А7Б	Свиридов Дмитрий Леонидович

Тема работы:

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ДЕТАЛИ «ВИНТ»
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 – 200 шт/год на 5000.
<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
<p>Перечень графического материала <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i></p>	<ol style="list-style-type: none"> 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	Свиридов Дмитрий Леонидович		

Реферат

Данная выпускная квалификационная работа на тему: разработка технологии изготовления детали “Винт”. Работа включает в себя:

- проектирование технологического маршрута изготовления детали;
- социальную ответственность
- финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение;
- чертежи и спецификации.

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

Целью данной выпускной работы является максимально эффективная технологическая подготовка крупносерийного производства деталей “Винт” 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.

Оглавление

Введение	9
1. Проектирование технологии изготовления детали «Винт»	10
1.1. Назначение и конструкция детали.	10
1.2. Анализ технологичности конструкции детали и технологический контроль чертежа.	10
1.3. Определение типа производства.	12
1.4. Выбор заготовки.....	16
1.5. Маршрут обработки.....	19
1.6.Определение допусков на технологические размеры.	24
1.7. Расчет минимальных припусков на обработку	26
1.8.Проверка обеспечения точности конструкторских диаметральных размеров.	27
1.9. Проверка обеспечения точности конструкторских продольных размеров.	28
1.10. Расчет диаметральных технологических размеров.....	28
1.11. Расчет продольных технологических размеров.....	29
1.12. Расчет режимов резания.....	31
1.13. Подбор оборудования.....	66
1.14. Расчет норм времени.....	72
2. Проектирование специального станочного приспособления.	87
2.1. Анализ исходных данных и разработка технического задания.	88
2.2. Разработка принципиальной схемы и компоновки приспособления.....	90
2.3. Проектирование специального приспособления.	91
Заключение.	95
3. Социальная ответственность.....	98
Введение.....	98
3.1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности.....	99
3.2. Производственная безопасность.....	103
3.2.1. Анализ вредных и опасных факторов, которые могут возникнуть на рабочем месте при проведении исследований.....	103
3.2.2. Отклонение показателей микроклимата.....	103
3.2.3. Недостаточная освещенность рабочей зоны.....	104
3.2.4. Повышенный уровень шума.....	105
3.2.5. Повышенный уровень электромагнитного излучения.....	106
3.2.6. Повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека.....	107

3.3. Экологическая безопасность.....	108
3.4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях.....	110
Заключение.....	111
4. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение.....	114
Введение.....	114
4.1. Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения.....	115
4.1.1. Анализ конкурентных технических решений.....	115
4.2. SWOT-анализ.....	116
4.3. Планирование научно-исследовательских работ.....	120
4.3.1. Структура работ в рамках научного исследования.....	120
4.3.2. Определение трудоемкости выполнения работ и разработка графика проведения проекта.....	121
4.4. Бюджет научно-технического исследования (НТИ)	124
4.4.1. Расчет материальных затрат.....	124
4.4.2. Расчет затрат на специальное оборудование.....	124
4.4.3. Основная заработная плата исполнителей темы.....	125
4.4.4. Накладные расходы.....	127
4.4.5. Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта.....	128
4.5. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования.....	129
4.5.1. Определение сравнительной эффективности проекта.....	129
Заключение.....	131
Список литературы	133
Приложение А.....	134
Приложение Б.....	136

Введение.

Повышение эффективности машиностроительного производства, переход к рыночным принципам ведения хозяйства, усиление конкуренции предполагает расширение номенклатуры изделий, уменьшение их числа в серии. В результате этого возрастает число предприятий и цехов, ориентированных на серийный и мелкосерийный типы производства. Особенности современного машиностроительного производства, стремление к его интенсификации в условиях частой сменяемости выпускаемой продукции выдвигают на первый план задачу сокращения сроков разработки технологических процессов и повышения качества проектных решений [1].

Проектирование технологического процесса с учётом характера производства и оперативная возможность корректировки технологического процесса в зависимости от изменения производственной ситуации во многом предопределяет эффективность работы производственной системы. Одним из путей повышения производительности труда и снижения себестоимости изготовления изделий является совершенствование действующих технологических процессов и их замена более прогрессивными.

Цель данного проекта состоит в разработке технологического процесса обработки детали «Винт», в выборе и разработке специальной оснастки, анализ точности обработки.

Основной задачей проекта является детально разработать технологическую часть. Решение всех остальных частей проекта производится на основании данных и требований технологического процесса.

Изменение технологического процесса позволяет не только улучшить форму организации производства, но и в некоторых случаях получить ощутимый эффект от внедрения новых методов получения заготовки и обработки детали.

1. Проектирование технологии изготовления детали «Винт».

1.1. Назначение и конструкция детали.

Деталь «Винт» - деталь типа тела вращения. Деталь предназначена для передачи крутящего момента между исполнительным механизмом и потребителем. «Винт» работает в двух разных температурных режимах одновременно, что впоследствии сказывается на состоянии материала детали и ее технико-эксплуатационных характеристиках. Винт передает большие значения крутящих моментов и воспринимает значительные и осевые нагрузки, соответственно требующие надежности и долговечности работы детали - поскольку время работы детали - есть время работы всей установки (без профилактики и ремонта) [2].

Материал детали сталь 45 (по ГОСТ 4543-71) имеет следующий химический состав: 0,17-0,37% Si; 0,42-0,5 % C, 0,5-0,8% Mn; до 0,25% Cr; до 0,2% Cu; до 0,2% Ni; 0,018% S; 0,004% P

Таблица 2 - Механические свойства стали 45 ГОСТ 1050-73

Термообработка				Предел текучести σ_t , Н/мм ² (кгс/мм ²) не менее	Временное сопротивление σ_b , Н/мм ² (кгс/мм ²)	Ударная вязкость КСУ, Дж/см ² (кгс·м/см ²)	Размер сечения заготовок для термической обработки (диаметр круга или сторона квадрата), мм
Закалка		Отпуск					
Температура, °С	Среда охлаждения	Тем. °С	Среда охлаждения				
1-й закалки или нормализации							
1000	Масло	784	Вода или масло	600	12	30	490

1.2. Анализ технологичности конструкции детали и технологический контроль чертежа.

Заданные точности получения размеров и шероховатости поверхностей можно обеспечить при выполнении технологических переходов:

- обтачиванием $\varnothing 15_{-0,2}$ мм с шероховатостью Ra 6,3;
- полуступовым обтачиванием $\varnothing 28_{-0,3}$ мм с шероховатостью Ra 6,3;

- шлифованием $\text{Ø}22\text{H}7$ мм, $\text{Ø}28_{-0,02}$ мм, $\text{Ø}25_{-0,02}$ мм с шероховатостью Ra 1,25;
- нарезанием резьбы с размерами M16, с шероховатостью Ra 12,5;
- размер R15 обеспечивает инструмент.

На рабочем чертеже указаны технические требования:

- допуск радиального биения относительно базы В 0,02 мм (можно обеспечить применением шлифования с зажатием в поводковом патроне);
- допуск симметричности относительно базы В 0,02 мм – обеспечивается инструментом.

После обработки необходимо контролировать:

- радиальные биения по диаметрам 25 и 28мм -микрометром с индикатором, цена деления 1 мкм;
- размеры линейные по 14 качеству точности микрометром с ценой деления 0,01 мм;
- твердость с помощью твердомера;
- шероховатость Ra с помощью профилометра.

По ГОСТ 14.205-83 технологичность конструкции изделия – это совокупность свойств конструкции изделия, определяющих её приспособленность к достижению оптимальных затрат при производстве, эксплуатации и ремонте для заданных показателей качества, объема выпуска, условий выполнения работ.

Оценку технологичности производим по следующим параметрам:

1) Для определения коэффициента точности используем формулу:

$$K_{\text{ТЧ}} = 1 - \frac{1}{T_{\text{ср}}},$$

где $T_{\text{ср}}$ - среднее значение точности детали;

n_i - количество поверхностей каждого качества.

$$T_{\text{ср}} = \frac{\sum T_i n_i}{\sum n_i}$$

$$T_{\text{ср}} = \frac{7 \times 4 + 6 + 9 + 14 \times 18}{24} = 12,29$$

$$K_{\text{ТЧ}} = 1 - \frac{1}{12,29} = 0,91\text{- технологична}$$

2) Определение коэффициента шероховатости

$$K_{\text{ш}} = \frac{1}{B_{\text{ср}}} = \frac{1}{9,4} = 0,1 < 1,6 \text{ –технологична,}$$

где $B_{\text{ср}}$ – параметр шероховатости ;

n_i – количество поверхностей с данной шероховатостью;

$$B_{\text{ср}} = \frac{\sum B_i n_i}{\sum n_i} = \frac{3,2+1,6 \times 3+6,3 \times 20}{24} = 5,45.$$

Оценим деталь «Винт» с точки зрения жесткости, определим соотношение длины винта к максимальному диаметру:

$$\frac{L}{D} = \frac{405}{28} = 14,5 > 12$$

Следовательно, вал нежесткий.

В виду малой жесткости обрабатываемого нежесткого вала технологическая система станок-приспособление-инструмент-заготовка оказывается крайне податливой к действию внешних поперечных сил и динамических факторов, сопутствующих процессу резания. Это ограничивает скорость резания, подачу, стойкость инструмента.

1.3. Определение типа производства

Тип производства зависит от двух факторов, а именно заданной программы и трудоемкости изготовления изделия. Отсюда и рассчитывается коэффициент серийности (коэффициент закрепления операций):

$$K_{30} = \frac{t_{\text{д}}}{t_{\text{шс}}},$$

где $t_{\text{д}}$ – такт выпуска деталей;

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

Затем рассчитывается такт выпуска деталей:

$$t_{\text{д}} = \frac{60\Phi_{\text{д}}}{N} = \frac{124200}{5000} = 24,84,$$

где Φ_d – действительный годовой фонд времени оборудования;

$N = 5000$ – годовой объем выпуска деталей.

Годовой фонд времени оборудования при условии работы в одну смену

$$\Phi_d = 2070 \text{ ч.}$$

Среднее штучное время рассчитывают по формуле:

$$t_{шс} = \sum_{i=1}^n t_{ши}/n,$$

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

n – число основных операций в технологическом процессе.

В серийном производстве штучное время каждой операции определяется как:

$$t_{ш} = \varphi_k \cdot T_0,$$

где φ_k – коэффициент, зависящий от вида станка;

T_0 – основное технологическое время.

Произведем расчет штучного времени для 5 основополагающих операций, включающих в себя обработку резанием, это:

1. Фрезерно – центровая;
2. Токарная с ЧПУ;
3. Токарная с ЧПУ;
4. Фрезерная;
5. Круглошлифовальная.

Основное технологическое время T_0 и коэффициент φ_k берутся исходя из маршрута, из приложения 1 литературы по технологии машиностроения.

Вероятнее всего 5000 штук это либо крупносерийное производство, либо среднесерийное производство. Предположим, что в данной курсовой

рассматривается крупносерийное производство. Тогда коэффициенты φ_k для каждой обработки будут применены, как для крупносерийного производства.

010. Фрезерно - центральная. Операция 010 Фрезерная включает в себя фрезерование торцев и сверление центровых отверстий.

$$\varphi_k = 1,51$$

$$T_0 = \sum T_{0i}$$

Фрезерование торцев.

$$T_{01} = 0,007 \cdot l = 2 \cdot 0,007 \cdot 9 = 0,126$$

Сверление центровых отверстий.

$$T_{01} = 2 \cdot 0,00052 \cdot d \cdot l = 2 \cdot 0,00052 \cdot 3,15 \cdot 3,9 = 0,013$$

$$t_{ш0} = 1,51 \cdot (0,126 + 0,013) = 0,139$$

015. Токарная с ЧПУ. Операция 015 Токарная с ЧПУ включает в себя точение наружных поверхностей, канавок и нарезание резьбы.

$$\varphi_k = 1,5$$

$$T_0 = \sum T_{0i}$$

Точение наружного $\varnothing 28$ мм.

$$T_{01} = 0,00017 \cdot d \cdot l = 0,00017 \cdot 28 \cdot 153 = 0,728$$

Точение наружного $\varnothing 25,5$ мм.

$$T_{02} = 0,00017 \cdot d \cdot l = 0,00017 \cdot 25,5 \cdot 141 = 0,611$$

Точение наружного $\varnothing 22,4$ мм.

$$T_{03} = 0,00017 \cdot d \cdot l = 0,00017 \cdot 22,4 \cdot 67 = 0,255$$

Точение наружного $\varnothing 15,8$ мм под резьбу М16.

$$T_{04} = 0,00017 \cdot d \cdot l = 0,00017 \cdot 15,8 \cdot 23 = 0,062$$

Точение канавки $\varnothing 21$ мм.

$$T_{05} = 0,000037 \cdot (D^2 - d^2) = 0,000037 \cdot (28^2 - 21^2) = 0,013$$

Точение канавки $\varnothing 24$ мм.

$$T_{06} = 0,000037 \cdot (D^2 - d^2) = 0,000037 \cdot (25,5^2 - 24^2) = 0,003$$

Точение канавки $\varnothing 21$ мм.

$$T_{07} = 0,000037 \cdot (D^2 - d^2) = 0,000037 \cdot (22,4^2 - 21^2) = 0,002$$

Нарезание резьбы М16.

$$T_{08} = 0,019 \cdot d \cdot l = 0,019 \cdot 16 \cdot 23 = 6,992$$

$$t_{ш1} = 1,5 \cdot (0,728 + 0,611 + 0,255 + 0,062 + 0,013 + 0,003 + 0,002 + 6,992) \\ = 12,999$$

020. Токарная с ЧПУ. Операция 020 Токарная с ЧПУ включает в себя нарезание резьбы и обтачивание наружной поверхности.

$$\varphi_k = 1,5$$

$$T_0 = \sum T_{0i}$$

Точение наружного $\varnothing 15$ мм.

$$T_{01} = 0,00017 \cdot d \cdot l = 0,00017 \cdot 15 \cdot 38 = 0,097$$

Нарезание резьбы $\varnothing 28$ мм.

$$T_{02} = 0,019 \cdot d \cdot l = 0,019 \cdot 28 \cdot 214 = 113,848$$

$$t_{ш2} = 1,5 \cdot (0,097 + 113,848) = 170,917$$

025. Фрезерная. Операция 025 Фрезерная включает в себя изготовление паза под сегментную шпонку.

Фрезерование паза под сегментную шпонку

$$\varphi_k = 1,51$$

$$T_0 = 0,007 \cdot l$$

$$t_{ш3} = 1,51 \cdot 0,007 \cdot 5 = 0,053$$

035. Круглошлифовальная. Операция 035 Круглошлифовальная включает в себя шлифование 3 наружных диаметров.

$$\varphi_k = 1,55$$

$$T_0 = 0,00015 \cdot d \cdot l$$

$$t_{ш4} = 1,55 \cdot (0,00015 \cdot 28 \cdot 214 + 0,00015 \cdot 25 \cdot 71 + 0,00015 \cdot 22 \cdot 41) \\ = 2,016$$

Рассчитаем среднее штучное время операций:

$$t_{шс} = (0,139 + 12,999 + 0,053 + 2,016)/4 = 3,8$$

$$K_{30} = \frac{t_D}{t_{шс}} = \frac{24,84}{3,8} = 6,537$$

$2 \leq K_{30} \leq 10$, что соответствует крупносерийному производству.

1.4. Выбор заготовки

Одним из направлений повышения конкурентоспособности продукции машиностроения являются снижение металлоемкости, сокращение отходов и потерь металла за счет рационального применения заготовок, экономичных методов формообразования и механической обработки. Немаловажное значение при этом имеет выбор метода получения заготовок, соответствующих производственным условиям конкретного машиностроительного предприятия. Рационально выбранная заготовка позволяет уменьшить припуски и, как следствие, объем последующей обработки резанием, трудоемкость и себестоимость изготовления продукции.

Чем в большей степени размеры и формы заготовок приближаются к формам готовых деталей, тем меньше станкоемкость и трудоемкость механической обработки, тем она проще и дешевле. Однако повышение

точности изготовления заготовок связано обычно с удорожанием и усложнением процессов их получения [3].

Исходя из годовой программы выпуска детали, целесообразно выбрать метод получения заготовки – штамповку. Для его проектирования опираемся на ГОСТ 7505-89.

Проектирование стальной поковки методом горячей штамповки по ГОСТ 7505-89.

Масса детали - 3,4 кг.

Исходные данные для расчета:

- масса поковки (расчетная) - 3,951кг;
- расчетный коэффициент $K_p=1,7$;
- $0,501 \cdot 1,7=0,851$ кг;
- класс точности – Т3;
- группа детали - М3 (см. табл. 1);
- степень сложности – С2 (см. прил.2);
- конфигурация поверхности разъема штампа П (плоская) –(см. табл. 1);
- исходный индекс - 9 (см. табл.2).

Припуски и кузнечные напуски:

- основные припуски на размеры (см. табл. 3):
 - 2,5– Ø100 мм и чистота поверхности – 6,3;
 - 2,5 – Ø90 мм и чистота поверхности – 0,8;
 - 2,0 - толщина 32 мм и чистота поверхности – 6,3;
 - 1,5 - толщина 10 мм и чистота поверхности – 6,3;
- дополнительный припуск, учитывающий отклонение от плоскостности - 0,2мм (см. табл. 14).

Допускаемые отклонения размеров (см.табл.8) мм:

- диаметр $32_{-0,4}^{+0,8}$
- диаметр $19_{-0,4}^{+0,8}$
- длина $414_{-0,6}^{+1,2}$

Неуказанные предельные отклонения размеров.

Допуск размеров, не указанный на чертеже поковки, принимается равным 1,5 допуска соответствующего размера поковки с равными допускаемыми отклонениями.

Допуск радиусов закруглений внутренних и наружных углов поволок устанавливается по табл.17 (0,5).

Допускаемая величина остаточного облоя определяется в зависимости от массы поковки, конфигурации поверхности разъема штампа и класса точности и назначается по табл.10- 0,6.

Допускаемое отклонение от concentричности пробитого отверстия относительно внешнего контура поковки 0,8 (см.табл.12).

Допускаемое смещение по поверхности разъема штампа - 0,4 (см.табл.9).

Допустимая величина высоты заусенца $3\text{мм} \gg$ св 1.0 кг до 5.6 кг включит.

Исходя из расчетов, получаем чертеж поковки (рис.1).

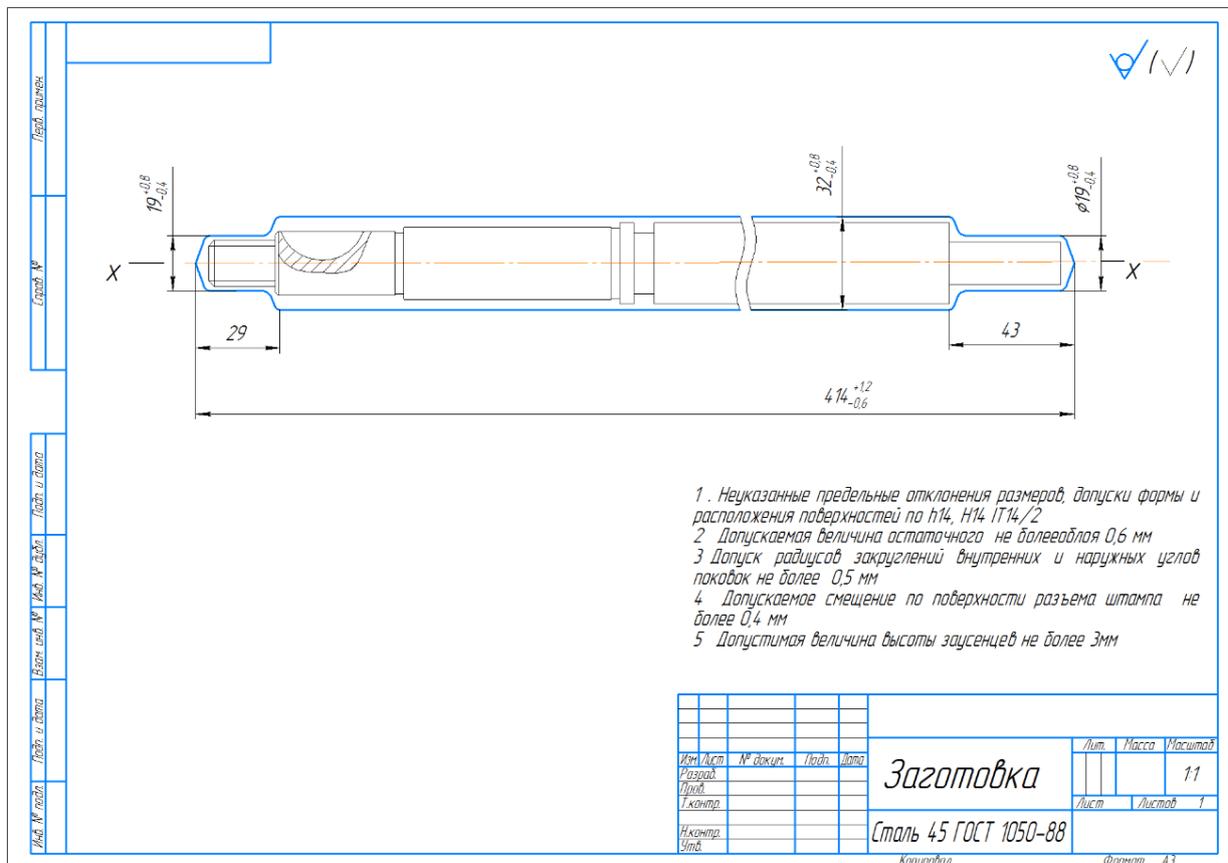


Рисунок 1 - Чертеж заготовки

Технические требования следующие:

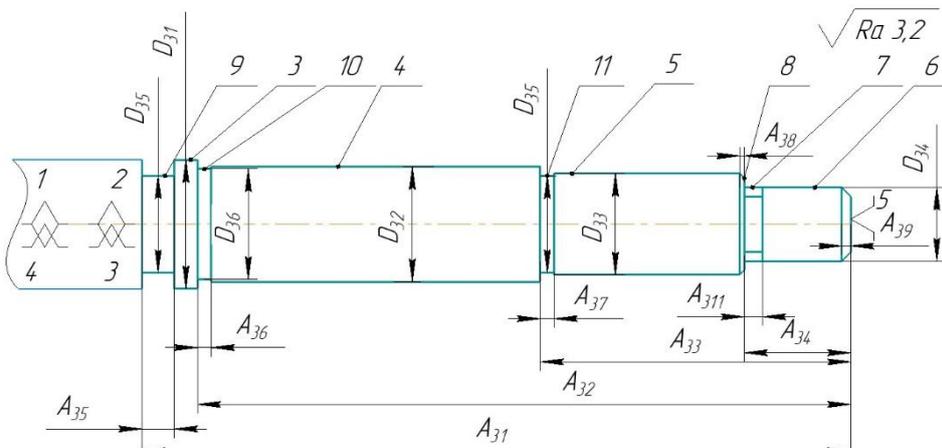
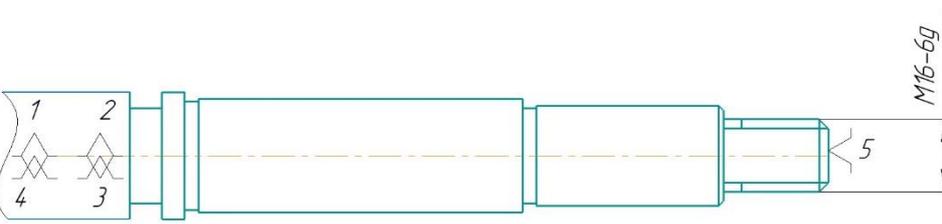
1. Неуказанные предельные отклонения размеров, допуски формы и расположения поверхностей по h14, H14, IT14/2;
2. Допускаемая величина остаточного облоя не более 0,6 мм;
3. Допуск радиусов закруглений внутренних и наружных углов поковок не более 0,5 мм;
4. Допускаемое смещение по поверхности разъема штампа не более 0,4 мм;
5. Допустимая величина высоты заусенцев не более 3мм.

1.5. Маршрут обработки

Маршрут обработки данной детали будет выглядеть следующим образом.

Таблица 3 – Маршрут обработки

Номер		Наименование и содержание операций и переходов	Операционный эскиз
Операции	Переходы		
005	1	<u>Заготовительная</u> Штамповать заготовку согласно эскизу.	
010	1	<u>Фрезерно - центровая</u> Подрезать торцы 1 и 2, выдерживая расстояние A_{21} .	
	2	Сверлить центровые отверстия, согласно эскизу.	
015	1	<u>Токарная с ЧПУ</u> Точить поверхность 3, выдерживая размеры D_{31} и A_{31} .	
	2	Точить поверхность 4, выдерживая размеры D_{32} и A_{32} .	
	3	Точить поверхность 5, выдерживая размеры D_{33} и A_{33} .	

4	Точить поверхность 6, выдерживая размеры D_{34} , A_{34} и A_{39} .		
5	Точить канавку 7, выдерживая размер A_{311} .		
6	Точить фаску 8, выдерживая размер A_{38} .		
7	Точить канавку 9, выдерживая размеры D_{35} и A_{35} .		
8	Точить канавку 10, выдерживая размеры D_{36} и A_{36} .		
9	Точить канавку 11, выдерживая размеры D_{35} на расстояние A_{37} .		
10	Нарезать резьбу М16-6g.		
020	1 <u>Токарная с ЧПУ</u> Точить поверхность 12, выдерживая размер D_{41} .		
	2 Точить поверхность 13, выдерживая размер D_{42} .		

025	1	<p><u>Фрезерная</u> Фрезеровать паз, выдерживая размеры $A_{51}, A_{52}, A_{53}, A_{54},$ A_{55}, а также согласно эскизу.</p>	
030	1	<p><u>Слесарная</u> Зачистить заусенцы, острые кромки притупить.</p>	
035	1	<p><u>Промывочная</u> Промыть детали по ТТП 01279-00001.</p>	
040	1	<p><u>Контрольная</u> Контролировать размеры полученных поверхностей.</p>	
045	1	<p><u>Термическая</u> Закалить 38...40 HRC.</p>	
050	1	<p><u>Фрезерная чистовая</u> Фрезеровать паз, выдерживая размеры $A_{61}, A_{62}, A_{63}, A_{54},$ A_{55}, D_{51} согласно эскизу.</p>	

055	1	<u>Слесарная</u> Зачистить заусенцы, острые кромки пригупить.	
060	1	<u>Круглошлифовальная</u> Шлифовать поверхность 14, выдерживая размер D_{71} .	
	2	Шлифовать поверхность 15, выдерживая размер D_{72} .	
	3	Шлифовать поверхность 16, выдерживая размер D_{73} .	
065	1	<u>Промывочная</u> Промыть детали по ТПП 01279-00001.	
070	1	<u>Контрольная</u> Контролировать размеры полученных поверхностей.	

1.6. Определение допусков на технологические размеры

Следуя из выбранного маршрута обработки детали, назначаем допуски на все технологические размеры и заносим их в таблицу.

$$TA_{01} = W_{c1} = 1,8 \text{ мм};$$

$$TA_{21} = W_{c2} + \rho_{и2} = 0,17 + 0,05 = 0,22 \text{ мм};$$

$$TA_{31} = W_{c3} + \rho_{и3} = 0,12 + 0,05 = 0,17 \text{ мм}; \quad TD_{31} = W_{c4} = 0,12 \text{ мм};$$

$$TA_{32} = W_{c5} + \rho_{и5} = 0,12 + 0,05 = 0,17 \text{ мм}; \quad TD_{32} = W_{c6} = 0,12 \text{ мм};$$

$$TA_{33} = W_{c7} + \rho_{и7} = 0,12 + 0,05 = 0,17 \text{ мм}; \quad TD_{33} = W_{c8} = 0,12 \text{ мм};$$

$$TA_{34} = W_{c9} + \rho_{и9} = 0,12 + 0,05 = 0,17 \text{ мм}; \quad TD_{34} = W_{c10} = 0,12 \text{ мм};$$

$$TA_{35} = W_{c11} + \rho_{и11} = 0,12 + 0,05 = 0,17 \text{ мм}; \quad TD_{35} = W_{c12} = 0,12 \text{ мм};$$

$$TA_{36} = W_{c13} + \rho_{и13} = 0,12 + 0,05 = 0,17 \text{ мм}; \quad TD_{36} = W_{c14} = 0,12 \text{ мм};$$

$$TA_{37} = W_{c15} + \rho_{и15} = 0,12 + 0,05 = 0,17 \text{ мм};$$

$$TA_{38} = W_{c16} + \rho_{и16} = 0,12 + 0,05 = 0,17 \text{ мм};$$

$$TA_{39} = W_{c17} + \rho_{и17} = 0,12 + 0,05 = 0,17 \text{ мм};$$

$$TD_{41} = W_{c18} = 0,12 \text{ мм};$$

$$TD_{42} = W_{c19} = 0,12 \text{ мм};$$

$$TD_{71} = W_{c20} = 0,12 \text{ мм};$$

$$TD_{72} = W_{c21} = 0,12 \text{ мм};$$

$$TD_{73} = W_{c22} = 0,12 \text{ мм}.$$

Таблица 4 – Допусков на технологические размеры:

TA ₀₁ =1,8 мм	Стальная поковка методом горячей штамповки
TA ₂₁ = 0,22 мм	Фрезерно - центральная
TA ₃₁ = 0,17 мм	Токарная с ЧПУ
TD ₃₁ = 0,12 мм	Токарная с ЧПУ
TA ₃₂ =0,17 мм	Токарная с ЧПУ
TD ₃₂ =0,12 мм	Токарная с ЧПУ
TA ₃₃ =0,17 мм	Токарная с ЧПУ
TD ₃₃ = 0,12 мм	Токарная с ЧПУ
TA ₃₄ =0,17 мм	Токарная с ЧПУ
TD ₃₄ =0,12 мм	Токарная с ЧПУ
TA ₃₅ = 0,17 мм	Токарная с ЧПУ
TD ₃₅ =0,12 мм	Токарная с ЧПУ
TA ₃₆ = 0,17 мм	Токарная с ЧПУ
TD ₃₆ =0,12 мм	Токарная с ЧПУ
TA ₃₇ =0,17 мм	Токарная с ЧПУ
TA ₃₈ =0,17 мм	Токарная с ЧПУ
TA ₃₉ = 0,17 мм	Токарная с ЧПУ
TD ₄₁ =0,12 мм	Токарная с ЧПУ
TD ₄₂ =0,12 мм	Токарная с ЧПУ
TD ₇₁ =0,12 мм	Круглошлифовальная
TD ₇₂ =0,12 мм	Круглошлифовальная
TD ₇₃ =0,12 мм	Круглошлифовальная

1.7. Расчет минимальных припусков на обработку

Расчет припусков ведем по [4].

Минимальный припуск на обработку плоскости:

$$Z_{imin} = R_{zi-1} + h_{i-1} + \rho_{i-1} = R_{zi-1} + h_{i-1} + \rho_{\phi-1} + \rho_{p-1},$$

где R_{zi-1} – шероховатость поверхности, полученная на предшествующем переходе (операции) обработки данной поверхности, мкм;

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

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

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

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

Минимальный припуск на обработку поверхностей вращения:

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

где ε_{yi} – погрешность установки на выполняемом переходе, мкм.

1. Фрезерно – центровая:

Подрезка торцев в призмах,

$$R_z = 20 \dots 50 \text{ мкм};$$

$$h = 40 \dots 60 \text{ мкм};$$

$$\rho_{\phi} = 50 \dots 120 \text{ мкм};$$

$$\rho_p = 250 \dots 450 \text{ мкм};$$

$$Z_{z1min} = R_{zi-1} + h_{i-1} + \rho_{i-1} + \rho_{p-1} = 35 + 50 + 85 + 350 = 520 \text{ мкм}.$$

2. Токарная с ЧПУ:

Точение наружного диаметра $\varnothing 28$ мм в трехкулачковом патроне,

$$R_z = 80 \dots 150 \text{ мкм};$$

$$h = 50 \dots 100 \text{ мкм};$$

$$\rho_{\phi} = 20 \dots 40 \text{ мкм};$$

$$\rho_p = 40 \dots 120 \text{ мкм};$$

$$\varepsilon_{yi} = 160 \text{ мкм};$$

$$Z_{02min}^D = 2 \cdot \left(R_{zi-1} + h_{i-1} + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \varepsilon_{yi}^2} \right) = 2 \cdot \left(115 + 75 + \sqrt{110^2 + 160^2} \right) = 768 \text{ мкм}.$$

1.8. Проверка обеспечения точности конструкторских диаметральных размеров

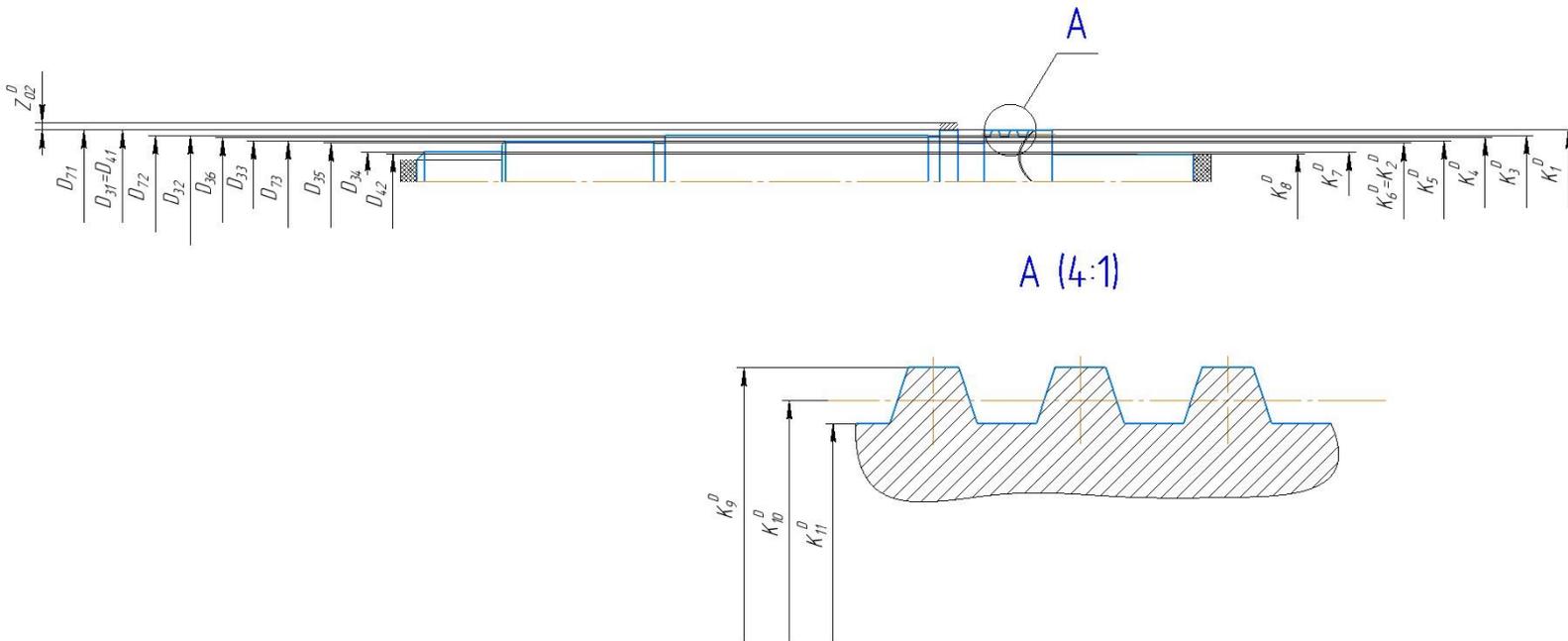


Рисунок 2 - Схема

Условие обеспечения точности конструкторских диаметральных размеров:

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

Рисунок 3 – Условие обеспечения

Как видно из схемы, все диаметральные конструкторские размеры выдерживаются непосредственно, а, следовательно, соблюдается условие точности обеспечения конструкторских размеров.

1.9. Проверка обеспечения точности конструкторских продольных размеров

Условие обеспечения точности конструкторских продольных размеров:

$$TK \geq \sum_{i=1}^{n+p} TA_i.$$

Рисунок 4 – Условие обеспечения

Как видно из схемы, все продольные конструкторские размеры выдерживаются непосредственно, а, следовательно, соблюдается условие точности обеспечения конструкторских размеров.

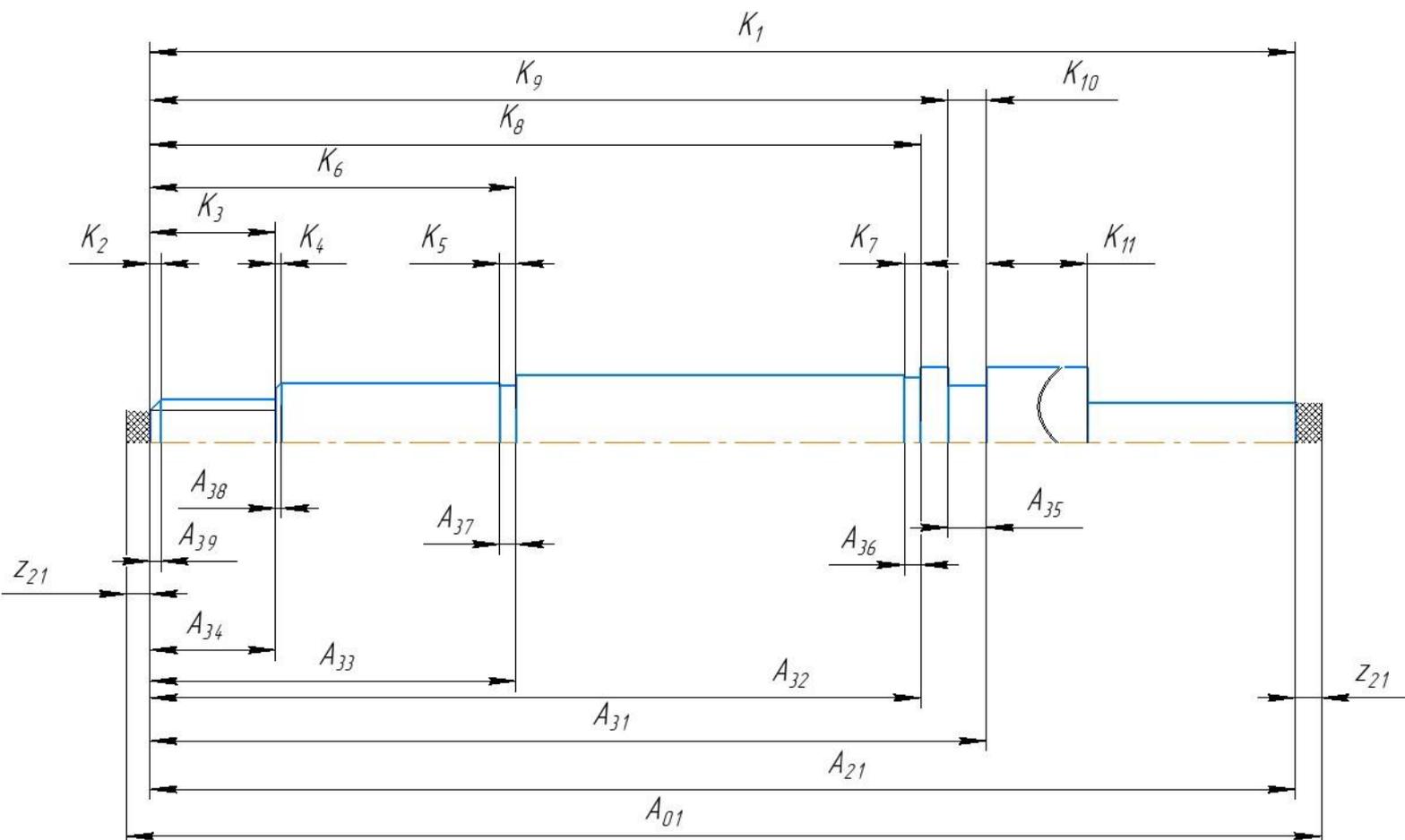


Рисунок 5 – Схема

1.10. Расчет диаметральных технологических размеров

Все диаметры непосредственно выдерживаются, примем их равными конструкторским размерам:

$$K_1^D = D_{31} = \varnothing 28_{-0,52} \text{ мм}; \quad K_4^D = D_{36} = 24_{-0,52} \text{ мм};$$

$$K_9^D = D_{71} = \varnothing 28_{-0,52} \text{ мм}; \quad K_8^D = D_{42} = \varnothing 15_{-0,43} \text{ мм};$$

$$K_7^D = D_{34} = \varnothing 15,962_{-0,28} \text{ мм}; \quad K_3^D = D_{72} = \varnothing 25_{-0,02} \text{ мм};$$

$$K_6^D = D_{35} = \varnothing 21_{-0,52} \text{ мм}; \quad K_5^D = D_{73} = \varnothing 22_{-0,021} \text{ мм}.$$

1.11. Расчет продольных технологических размеров

Вынесем технологические размерные цепи продольного направления на рисунок:

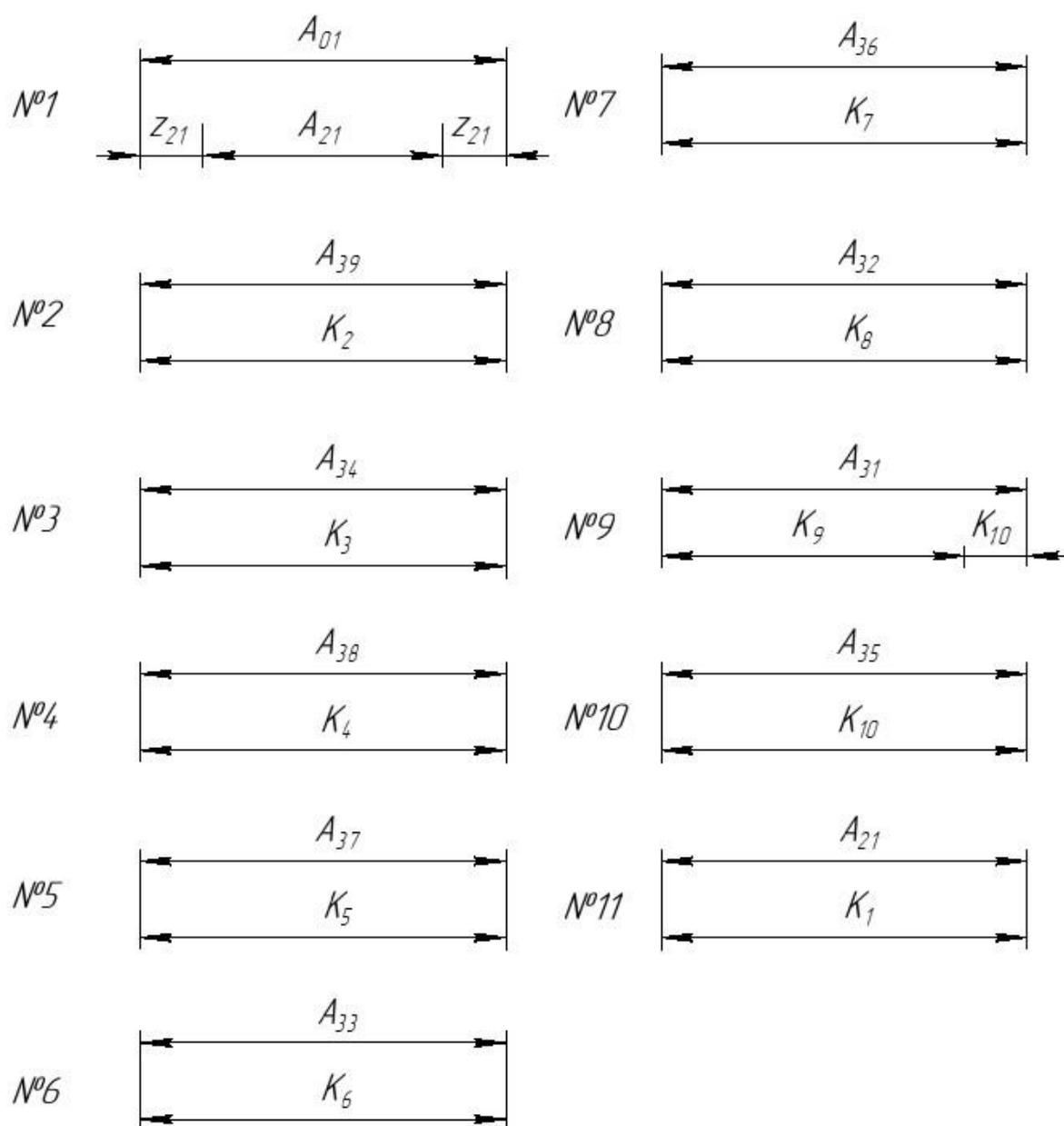


Рисунок 6 – Размерные цепи

1) Рассчитаем размер A_{01} из цепи № 1.

Для этого определим среднее значение составляющего звена $A_{21} = K_1$:

$$A_{21}^c = A_{21} + \frac{TA_{21}}{2} = 405 + \frac{0 - 1,55}{2} = 404,225 \text{ мм.}$$

Найдем среднее значение припуска z_{21} :

$$z_{21max} = 2 \cdot z_{21min} + TA_{01} + TA_{21} = 2 \cdot 0,52 + 0,62 + 0,22 = 1,88 \text{ мм;}$$

$$z_{21}^c = \frac{z_{21min} + z_{21max}}{2} = \frac{0,52 + 1,88}{2} = 1,2 \text{ мм;}$$

$$A_{11}^c = A_{21}^c + z_{21}^c = 404,225 + 1,2 = 405,425 \text{ мм.}$$

Предварительно запишем $A_{11} = 405,425 \pm 0,11$ мм. Так как этот размер относится к охватываемым, то примем $A_{11} = 405,425_{-0,22}$ мм. После округления номинального значения окончательно получим $A_{11} = 405,4_{-0,22}$ мм.

2) Рассчитаем размер A_{31} из цепи № 9.

Для этого рассчитаем номинальный размер:

$$A_{31} = K_9 + K_{10} = 146 + 7 = 153 \text{ мм;}$$

Затем найдем нижнее и верхнее предельное отклонение:

$$EI_{31} = EI_{K9} + EI_{K10} = -1 + 0 = (-1) \text{ мм;}$$

$$ES_{31} = ES_{K9} + ES_{K10} = 0 + 0,36 = 0,36 \text{ мм;}$$

$$\text{Запишем размер } A_{31} = 153_{-1}^{+0,36} \text{ мм.}$$

А оставшиеся технологические размеры и их допуски примем равными конструкторским размерам:

$$K_2 = A_{39} = 2 \pm 0,25 \text{ мм; } K_7 = A_{36} = 3^{+0,25} \text{ мм;}$$

$$K_3 = A_{34} = 23 \pm 0,26 \text{ мм; } K_8 = A_{32} = 141 \pm 0,5 \text{ мм;}$$

$$K_4 = A_{38} = 1 \pm 0,125 \text{ мм; } K_{10} = A_{35} = 3^{+0,36} \text{ мм;}$$

$$K_5 = A_{37} = 3^{+0,25} \text{ мм; } K_1 = A_{21} = 405_{-1,55} \text{ мм.}$$

$$K_6 = A_{33} = 67 \pm 0,37 \text{ мм;}$$

1.12. Расчет режимов резания

Операция 010. Фрезерно – центральная.

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 $t = 4,5$ мм и ширину фрезерования $B = 19$ мм.

3) Назначаем подачу на зуб фрезы s_z :

$s_z = 0,15$ 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:

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

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

$$K_{iv} = 1;$$

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

$$C_v = 332;$$

$$m = 0,2;$$

$$x = 0,1;$$

$$y = 0,4;$$

$$u = 0,2;$$

$$p = 0;$$

$$D = 50 \text{ мм} = 0,05 \text{ м};$$

$$q = 0,2;$$

$$z = 5;$$

$$T = 150 \text{ мин.};$$

$$v = \frac{332 \cdot 50^{0,2}}{150^{0,2} \cdot 4,5^{0,1} \cdot 0,15^{0,4} \cdot 50^{0,2} \cdot 5^0} \cdot 1,02 \cdot 0,93 = 169 \frac{\text{м}}{\text{мин}}.$$

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:

$$C_p = 825;$$

$$x = 1;$$

$$y = 0,75;$$

$$q = 1,3;$$

$$w = 0,2;$$

$$n = 1,1;$$

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

$$n = 1076 \frac{\text{об}}{\text{мин}};$$

$$P_z = \frac{10 \cdot 825 \cdot 4,5^1 \cdot 50^{1,1} \cdot 0,15^{0,75} \cdot 5}{50^{1,3} \cdot 1076^{0,2}} \cdot 0,827 = 4171 \text{ Н}.$$

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

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

$$M_{кр} = \frac{4171 \cdot 50}{2 \cdot 100} = 1043 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

7) Рассчитываем мощность резания:

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

$$N = \frac{4171 \cdot 169}{1020 \cdot 60} = 11,52 \text{ кВт}.$$

2. Сверление центровых отверстий:

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

Сверло 2317-0106 центровочное комбинированное, материал Р6М5.

2) Рассчитываем глубину резания t :

$$t = 0,5D, [\text{мм}];$$

$$t = 0,5 \cdot 3,15 = 1,575 \text{ мм}.$$

3) Назначаем подачу s :

$$s = 0,05 \frac{\text{мм}}{\text{об}}.$$

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:

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

$$K_{iv} = 1;$$

$$K_{lv} = 1;$$

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

$$C_v = 7;$$

$$q = 0,4;$$

$$y = 0,7;$$

$$m = 0,2;$$

$$T = 15 \text{ мин};$$

$$v = \frac{7 \cdot 3,15^{0,4}}{15^{0,2} \cdot 0,05^{0,7}} \cdot 1,2 = 62,85 \frac{\text{м}}{\text{мин}}$$

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

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

где $K_p = K_{\text{мр}}$ – коэффициент, учитывающий фактические условия обработки.

Для нашего случая:

$$C_M = 0,0345;$$

$$q = 2;$$

$$y = 0,8;$$

$$K_p = 0,827;$$

$$M_{\text{кр}} = 10 \cdot 0,0345 \cdot 3,15^2 \cdot 0,05^{0,8} \cdot 0,827 = 0,25 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

6) Рассчитываем осевую силу P_O :

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

Для нашего случая:

$$C_p = 68;$$

$$q = 1;$$

$$y = 0,7;$$

$$K_p = 0,827;$$

$$P_O = 10 \cdot 68 \cdot 3,15^1 \cdot 0,05^{0,7} \cdot 0,827 = 217,6 \text{ Н}.$$

7) Рассчитываем мощность резания N_E :

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

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

Для нашего случая:

$$n = \frac{1000 \cdot 62,85}{3,14 \cdot 3,15} = 6354 \frac{\text{об}}{\text{мин}};$$

$$N_E = \frac{0,25 \cdot 6354}{9750} = 0,163 \text{ кВт.}$$

Операция 015. Токарная с ЧПУ.

1. Точение поверхности 3:

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

Резец токарный проходной прямой правый 2100-0017 с твердосплавной пластиной ВК6.

2) Назначаем глубину резания t :

$$t = 1 \text{ мм.}$$

3) Назначаем подачу s :

$$s = 1,3 \frac{\text{мм}}{\text{об.}}$$

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:

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

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

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

$$K_v = 1,2 \cdot 0,85 \cdot 2,7 = 2,754;$$

$$T = 45 \text{ мин};$$

$$C_v = 243;$$

$$x = 0,15;$$

$$y = 0,4;$$

$$m = 0,2;$$

$$v = \frac{243}{45^{0,2} \cdot 10^{0,15} \cdot 1,3^{0,4}} \cdot 2,754 = 281,6 \frac{\text{м}}{\text{мин}}$$

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

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

Для P_z :

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

$$K_{\text{фр}} = 1;$$

$$K_{\text{гр}} = 1;$$

$$K_{\text{лр}} = 1;$$

$$K_{\text{рр}} = -;$$

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

$$C_p = 300;$$

$$x = 1;$$

$$y = 0,75;$$

$$n = -0,15;$$

$$P_z = 10 \cdot 300 \cdot 1^1 \cdot 1,3^{0,75} \cdot 281,6^{-0,15} \cdot 0,827 = 1295,8 \text{ Н.}$$

Для P_y :

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

$$K_{\text{фр}} = 1;$$

$$K_{\text{гр}} = 1;$$

$$K_{\text{лр}} = 1;$$

$$K_{\text{рр}} = -;$$

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

$$C_p = 243;$$

$$x = 0,9;$$

$$y = 0,6;$$

$$n = -0,3;$$

$$P_y = 10 \cdot 243 \cdot 1^{0,9} \cdot 1,3^{0,6} \cdot 281,6^{-0,3} \cdot 0,827 = 432,8 \text{ Н.}$$

Для P_x :

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

$$K_{\text{фр}} = 1;$$

$$K_{\text{гр}} = 1;$$

$$K_{\text{лр}} = 1;$$

$$K_{\text{гп}} = -;$$

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

$$C_p = 339;$$

$$x = 1;$$

$$y = 0,5;$$

$$n = -0,4;$$

$$P_x = 10 \cdot 339 \cdot 1^1 \cdot 1,3^{0,5} \cdot 281,6^{-0,4} \cdot 0,827 = 334,8 \text{ Н.}$$

б) Рассчитываем мощность резания N :

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

$$N = \frac{1295,8 \cdot 281,6}{1020 \cdot 60} = 5,96 \text{ кВт.}$$

2. Точение поверхности 4:

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

Резец токарный проходной прямой правый 2100-0017 с твердосплавной пластиной ВК6.

2) Назначаем глубину резания t :

$$t = 1 \text{ мм.}$$

3) Назначаем подачу s :

$$s = 1,3 \frac{\text{мм}}{\text{об}}.$$

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:

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

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

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

$$K_v = 1,2 \cdot 0,85 \cdot 2,7 = 2,754;$$

$$T = 45 \text{ мин};$$

$$C_v = 243;$$

$$x = 0,15;$$

$$y = 0,4;$$

$$m = 0,2;$$

$$v = \frac{243}{45^{0,2} \cdot 10^{0,15} \cdot 1,3^{0,4}} \cdot 2,754 = 281,6 \frac{\text{м}}{\text{мин}}.$$

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 $K_v = K_{mp}K_{fp}K_{gp}K_{lp}K_{rp}$ –

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

Для P_z :

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

$$K_{fp} = 1;$$

$$K_{gp} = 1;$$

$$K_{lp} = 1;$$

$$K_{rp} = -;$$

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

$$C_p = 300;$$

$$x = 1;$$

$$y = 0,75;$$

$$n = -0,15;$$

$$P_z = 10 \cdot 300 \cdot 1^1 \cdot 1,3^{0,75} \cdot 281,6^{-0,15} \cdot 0,827 = 1295,8 \text{ Н.}$$

Для P_y :

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

$$K_{\text{фр}} = 1;$$

$$K_{\text{гр}} = 1;$$

$$K_{\text{лр}} = 1;$$

$$K_{\text{гп}} = -;$$

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

$$C_p = 243;$$

$$x = 0,9;$$

$$y = 0,6;$$

$$n = -0,3;$$

$$P_y = 10 \cdot 243 \cdot 1^{0,9} \cdot 1,3^{0,6} \cdot 281,6^{-0,3} \cdot 0,827 = 432,8 \text{ Н.}$$

Для P_x :

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

$$K_{\text{фр}} = 1;$$

$$K_{\text{гр}} = 1;$$

$$K_{\text{лр}} = 1;$$

$$K_{\text{гп}} = -;$$

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

$$C_p = 339;$$

$$x = 1;$$

$$y = 0,5;$$

$$n = -0,4;$$

$$P_x = 10 \cdot 339 \cdot 1^1 \cdot 1,3^{0,5} \cdot 281,6^{-0,4} \cdot 0,827 = 334,8 \text{ Н.}$$

б) Рассчитываем мощность резания N:

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

$$N = \frac{1295,8 \cdot 281,6}{1020 \cdot 60} = 5,96 \text{ кВт.}$$

3. Точение поверхности 5:

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

Резец токарный проходной прямой правый 2100-0017 с твердосплавной пластиной ВК6.

2) Назначаем глубину резания t:

$$t = 1 \text{ мм.}$$

3) Назначаем подачу s:

$$s = 1,3 \frac{\text{мм}}{\text{об.}}$$

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:

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

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

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

$$K_v = 1,2 \cdot 0,85 \cdot 2,7 = 2,754;$$

$$T = 45 \text{ мин};$$

$$C_v = 243;$$

$$x = 0,15;$$

$$y = 0,4;$$

$$m = 0,2;$$

$$v = \frac{243}{45^{0,2} \cdot 10^{0,15} \cdot 1,3^{0,4}} \cdot 2,754 = 281,6 \frac{\text{м}}{\text{мин}}.$$

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 :

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

$$K_{\text{фр}} = 1;$$

$$K_{\text{гр}} = 1;$$

$$K_{\text{лр}} = 1;$$

$$K_{\text{рр}} = -;$$

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

$$C_p = 300;$$

$$x = 1;$$

$$y = 0,75;$$

$$n = -0,15;$$

$$P_z = 10 \cdot 300 \cdot 1^1 \cdot 1,3^{0,75} \cdot 281,6^{-0,15} \cdot 0,827 = 1295,8 \text{ Н}.$$

Для P_y :

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

$$K_{\text{фр}} = 1;$$

$$K_{\text{гр}} = 1;$$

$$K_{\text{лр}} = 1;$$

$$K_{\text{рр}} = -;$$

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

$$C_p = 243;$$

$$x = 0,9;$$

$$y = 0,6;$$

$$n = -0,3;$$

$$P_y = 10 \cdot 243 \cdot 1^{0,9} \cdot 1,3^{0,6} \cdot 281,6^{-0,3} \cdot 0,827 = 432,8 \text{ Н.}$$

Для P_x :

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

$$K_{\text{фр}} = 1;$$

$$K_{\text{гр}} = 1;$$

$$K_{\text{лр}} = 1;$$

$$K_{\text{тр}} = -;$$

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

$$C_p = 339;$$

$$x = 1;$$

$$y = 0,5;$$

$$n = -0,4;$$

$$P_x = 10 \cdot 339 \cdot 1^1 \cdot 1,3^{0,5} \cdot 281,6^{-0,4} \cdot 0,827 = 334,8 \text{ Н.}$$

б) Рассчитываем мощность резания N :

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

$$N = \frac{1295,8 \cdot 281,6}{1020 \cdot 60} = 5,96 \text{ кВт.}$$

4. Точение поверхности б:

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 :

$$s = 1,3 \frac{\text{мм}}{\text{об}}.$$

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:

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

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

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

$$K_v = 1,2 \cdot 0,85 \cdot 2,7 = 2,754;$$

$$T = 45 \text{ мин};$$

$$C_v = 243;$$

$$x = 0,15;$$

$$y = 0,4;$$

$$m = 0,2;$$

$$v = \frac{243}{45^{0,2} \cdot 1^{0,15} \cdot 1,3^{0,4}} \cdot 2,754 = 281,6 \frac{\text{м}}{\text{мин}}.$$

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 $K_v = K_{mp} K_{fp} K_{gp} K_{lp} K_{rp}$ –

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

Для P_z :

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

$$K_{\phi p} = 1;$$

$$K_{\gamma p} = 1;$$

$$K_{\lambda p} = 1;$$

$$K_{rp} = -;$$

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

$$C_p = 300;$$

$$x = 1;$$

$$y = 0,75;$$

$$n = -0,15;$$

$$P_z = 10 \cdot 300 \cdot 1^1 \cdot 1,3^{0,75} \cdot 281,6^{-0,15} \cdot 0,827 = 1295,8 \text{ Н.}$$

Для P_y :

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

$$K_{\phi p} = 1;$$

$$K_{\gamma p} = 1;$$

$$K_{\lambda p} = 1;$$

$$K_{rp} = -;$$

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

$$C_p = 243;$$

$$x = 0,9;$$

$$y = 0,6;$$

$$n = -0,3;$$

$$P_y = 10 \cdot 243 \cdot 1^{0,9} \cdot 1,3^{0,6} \cdot 281,6^{-0,3} \cdot 0,827 = 432,8 \text{ Н.}$$

Для P_x :

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

$$K_{\phi p} = 1;$$

$$K_{\gamma p} = 1;$$

$$K_{\lambda p} = 1;$$

$$K_{rp} = -;$$

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

$$C_p = 339;$$

$$x = 1;$$

$$y = 0,5;$$

$$n = -0,4;$$

$$P_x = 10 \cdot 339 \cdot 1^1 \cdot 1,3^{0,5} \cdot 281,6^{-0,4} \cdot 0,827 = 334,8 \text{ Н.}$$

б) Рассчитываем мощность резания N:

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

$$N = \frac{1295,8 \cdot 281,6}{1020 \cdot 60} = 5,96 \text{ кВт.}$$

5. Точение фаски $1 \times 45^\circ$:

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

Резец токарный проходной прямой правый 2100-0017 с твердосплавной пластиной ВК6.

2) Назначаем глубину резания t:

Примем глубину резания равную ширине фаски $t = 1 \text{ мм}$.

3) Назначаем подачу s:

$$s = 1,3 \frac{\text{мм}}{\text{об}}.$$

4) Рассчитываем скорость резания v:

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

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

Для нашего случая:

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

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

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

$$K_v = 1,2 \cdot 0,85 \cdot 2,7 = 2,754;$$

$$T = 45 \text{ мин};$$

$$C_v = 243;$$

$$x = 0,15;$$

$$y = 0,4;$$

$$m = 0,2;$$

$$v = \frac{243}{45^{0,2} \cdot 1^{0,15} \cdot 1,3^{0,4}} \cdot 2,754 = 281,6 \frac{\text{м}}{\text{мин}}.$$

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 :

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

$$K_{\text{фр}} = 1;$$

$$K_{\text{гр}} = 1;$$

$$K_{\text{лр}} = 1;$$

$$K_{\text{рр}} = -;$$

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

$$C_p = 300;$$

$$x = 1;$$

$$y = 0,75;$$

$$n = -0,15;$$

$$P_z = 10 \cdot 300 \cdot 1^1 \cdot 1,3^{0,75} \cdot 281,6^{-0,15} \cdot 0,827 = 1295,8 \text{ Н}.$$

Для P_y :

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

$$K_{\text{фр}} = 1;$$

$$K_{\text{гр}} = 1;$$

$$K_{\text{лр}} = 1;$$

$$K_{\text{гп}} = -;$$

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

$$C_p = 243;$$

$$x = 0,9;$$

$$y = 0,6;$$

$$n = -0,3;$$

$$P_y = 10 \cdot 243 \cdot 1^{0,9} \cdot 1,3^{0,6} \cdot 281,6^{-0,3} \cdot 0,827 = 432,8 \text{ Н.}$$

Для P_x :

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

$$K_{\text{фр}} = 1;$$

$$K_{\text{гп}} = 1;$$

$$K_{\text{лр}} = 1;$$

$$K_{\text{гп}} = -;$$

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

$$C_p = 339;$$

$$x = 1;$$

$$y = 0,5;$$

$$n = -0,4;$$

$$P_x = 10 \cdot 339 \cdot 1^1 \cdot 1,3^{0,5} \cdot 281,6^{-0,4} \cdot 0,827 = 334,8 \text{ Н.}$$

б) Рассчитываем мощность резания N :

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

$$N = \frac{1295,8 \cdot 281,6}{1020 \cdot 60} = 5,96 \text{ кВт.}$$

6. Точение двух канавок $\varnothing 21$ мм:

1) Назначаем тип резца и режущий материал по ГОСТ 18884-73:

Резец токарный отрезной правый 2130-0251 с твердосплавной пластиной ВК6.

2) Назначаем глубину резания t :

$$t = 5,5 \text{ мм.}$$

3) Назначаем подачу s :

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

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:

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

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

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

$$K_v = 1,2 \cdot 0,85 \cdot 2,7 = 2,754;$$

$$T = 45 \text{ мин};$$

$$C_v = 243;$$

$$x = 0,15;$$

$$y = 0,4;$$

$$m = 0,2;$$

$$v = \frac{243}{45^{0,2} \cdot 5,5^{0,15} \cdot 1,1^{0,4}} \cdot 2,754 = 233,2 \frac{\text{м}}{\text{мин}}.$$

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 $K_v = K_{mp} K_{fp} K_{yp} K_{lp} K_{rp}$ –

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

Для P_z :

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

$$K_{fp} = 1;$$

$$K_{yp} = 1;$$

$$K_{lp} = 1;$$

$$K_{rp} = -;$$

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

$$C_p = 300;$$

$$x = 1;$$

$$y = 0,75;$$

$$n = -0,15;$$

$$P_z = 10 \cdot 300 \cdot 5,5^1 \cdot 1,1^{0,75} \cdot 233,2^{-0,15} \cdot 0,827 = 6469,4 \text{ Н.}$$

Для P_y :

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

$$K_{\text{фр}} = 1;$$

$$K_{\text{гр}} = 1;$$

$$K_{\text{лр}} = 1;$$

$$K_{\text{тр}} = -;$$

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

$$C_p = 243;$$

$$x = 0,9;$$

$$y = 0,6;$$

$$n = -0,3;$$

$$P_y = 10 \cdot 243 \cdot 5,5^{0,9} \cdot 1,1^{0,6} \cdot 233,2^{-0,3} \cdot 0,827 = 2279,8 \text{ Н.}$$

Для P_x :

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

$$K_{\text{фр}} = 1;$$

$$K_{\text{гр}} = 1;$$

$$K_{\text{лр}} = 1;$$

$$K_{\text{тр}} = -;$$

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

$$C_p = 339;$$

$$x = 1;$$

$$y = 0,5;$$

$$n = -0,4;$$

$$P_x = 10 \cdot 339 \cdot 5,5^1 \cdot 1,1^{0,5} \cdot 233,2^{-0,4} \cdot 0,827 = 1826,6 \text{ Н.}$$

б) Рассчитываем мощность резания N:

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

$$N = \frac{6469,4 \cdot 233,2}{1020 \cdot 60} = 24,65 \text{ кВт.}$$

7. Точение канавки $\varnothing 24$ мм:

1) Назначаем тип резца и режущий материал по ГОСТ 18884-73:

Резец токарный отрезной правый 2130-0251 с твердосплавной пластиной ВК6.

2) Назначаем глубину резания t:

$$t = 4 \text{ мм.}$$

3) Назначаем подачу s:

$$s = 1,3 \frac{\text{мм}}{\text{об}}.$$

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:

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

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

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

$$K_v = 1,2 \cdot 0,85 \cdot 2,7 = 2,754;$$

$$T = 45 \text{ мин};$$

$$C_v = 243;$$

$$x = 0,15;$$

$$y = 0,4;$$

$$m = 0,2;$$

$$v = \frac{243}{45^{0,2} \cdot 4^{0,15} \cdot 1,3^{0,4}} \cdot 2,754 = 228,8 \frac{\text{м}}{\text{мин}};$$

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

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

Для P_z :

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

$$K_{\text{фр}} = 1;$$

$$K_{\text{γр}} = 1;$$

$$K_{\text{лр}} = 1;$$

$$K_{\text{рр}} = -;$$

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

$$C_p = 300;$$

$$x = 1;$$

$$y = 0,75;$$

$$n = -0,15;$$

$$P_z = 10 \cdot 300 \cdot 4^1 \cdot 1,3^{0,75} \cdot 228,8^{-0,15} \cdot 0,827 = 5348,4 \text{ Н.}$$

Для P_y :

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

$$K_{\text{фр}} = 1;$$

$$K_{\text{γр}} = 1;$$

$$K_{\text{лр}} = 1;$$

$$K_{\text{рр}} = -;$$

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

$$C_p = 243;$$

$$x = 0,9;$$

$$y = 0,6;$$

$$n = -0,3;$$

$$P_y = 10 \cdot 243 \cdot 4^{0,9} \cdot 1,3^{0,6} \cdot 228,8^{-0,3} \cdot 0,827 = 1605 \text{ Н.}$$

Для P_x :

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

$$K_{\text{фр}} = 1;$$

$$K_{\text{гр}} = 1;$$

$$K_{\text{лр}} = 1;$$

$$K_{\text{rp}} = -;$$

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

$$C_p = 339;$$

$$x = 1;$$

$$y = 0,5;$$

$$n = -0,4;$$

$$P_x = 10 \cdot 339 \cdot 4^1 \cdot 1,3^{0,5} \cdot 228,8^{-0,4} \cdot 0,827 = 1455,3 \text{ Н.}$$

б) Рассчитываем мощность резания N :

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

$$N = \frac{5348,4 \cdot 228,8}{1020 \cdot 60} = 20 \text{ кВт.}$$

8. Резьбонарезание:

1) Назначаем тип резца и режущий материал по ГОСТ 18885-73:

Резец токарный резьбовой 2660-0001 с твердосплавной пластиной Т15К6.

2) Назначаем глубину резания t и подачу s :

$$s = P = 1,5 \frac{\text{мм}}{\text{об}};$$

$$t = 0,92 \text{ мм};$$

$i = 3$ – число рабочих ходов.

3) Рассчитываем скорость резания v :

$$v = \frac{C_v i^x}{T^{m_{sv}}} K_v, \left[\frac{\text{м}}{\text{мин}} \right];$$

где $K_v = K_{mv} K_{iv} K_{sv}$ – общий поправочный коэффициент на скорость резания;

K_{sv} – коэффициент, учитывающий способ нарезания резьбы.

Для нашего случая:

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

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

$$K_{cv} = 0,75;$$

$$K_v = 1,2 \cdot 0,85 \cdot 0,75 = 0,765;$$

$$C_v = 244;$$

$$x = 0,23;$$

$$m = 0,2;$$

$$y = 0,3;$$

$$T = 70 \text{ мин};$$

$$v = \frac{244 \cdot 3^{0,23}}{70^{0,2} \cdot 1,5^{0,3}} \cdot 0,765 = 91 \frac{\text{м}}{\text{мин}}.$$

4) Рассчитываем силовые зависимости:

$$P_z = \frac{10 C_p P^y}{i^u} K_p, [\text{Н}];$$

где $K_p = K_{mp}$.

Для нашего случая:

$$K_p = 0,827;$$

$$C_p = 148;$$

$$y = 1,7;$$

$$u = 0,71;$$

$$P_z = \frac{10 \cdot 148 \cdot 1,5^{1,7}}{3^{0,71}} \cdot 0,827 = 1117,8 \text{ Н}.$$

5) Рассчитываем мощность N:

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

$$N = \frac{1117,8 \cdot 91}{1020 \cdot 60} = 1,66 \text{ кВт}.$$

Операция 020. Токарная с ЧПУ.

1. Точение поверхности 12:

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

Резец токарный проходной прямой правый 2100-0017 с твердосплавной пластиной ВК6.

2) Назначаем глубину резания t :

$$t = 1 \text{ мм.}$$

3) Назначаем подачу s :

$$s = 1,3 \frac{\text{мм}}{\text{об.}}$$

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:

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

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

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

$$K_v = 1,2 \cdot 0,85 \cdot 2,7 = 2,754;$$

$$T = 45 \text{ мин};$$

$$C_v = 243;$$

$$x = 0,15;$$

$$y = 0,4;$$

$$m = 0,2;$$

$$v = \frac{243}{45^{0,2} \cdot 1^{0,15} \cdot 1,3^{0,4}} \cdot 2,754 = 281,6 \frac{\text{м}}{\text{мин}}.$$

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 $K_p = K_{mp} K_{fp} K_{yp} K_{lp} K_{rp}$ –

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

Для P_z :

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

$$K_{\text{фр}} = 1;$$

$$K_{\text{гр}} = 1;$$

$$K_{\text{лр}} = 1;$$

$$K_{\text{рр}} = -;$$

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

$$C_p = 300;$$

$$x = 1;$$

$$y = 0,75;$$

$$n = -0,15;$$

$$P_z = 10 \cdot 300 \cdot 1^1 \cdot 1,3^{0,75} \cdot 281,6^{-0,15} \cdot 0,827 = 1295,8 \text{ Н.}$$

Для P_y :

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

$$K_{\text{фр}} = 1;$$

$$K_{\text{гр}} = 1;$$

$$K_{\text{лр}} = 1;$$

$$K_{\text{рр}} = -;$$

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

$$C_p = 243;$$

$$x = 0,9;$$

$$y = 0,6;$$

$$n = -0,3;$$

$$P_y = 10 \cdot 243 \cdot 1^{0,9} \cdot 1,3^{0,6} \cdot 281,6^{-0,3} \cdot 0,827 = 432,8 \text{ Н.}$$

Для P_x :

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

$$K_{\text{фр}} = 1;$$

$$K_{\text{гр}} = 1;$$

$$K_{лр} = 1;$$

$$K_{rp} = -;$$

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

$$C_p = 339;$$

$$x = 1;$$

$$y = 0,5;$$

$$n = -0,4;$$

$$P_x = 10 \cdot 339 \cdot 1^1 \cdot 1,3^{0,5} \cdot 281,6^{-0,4} \cdot 0,827 = 334,8 \text{ Н.}$$

б) Рассчитываем мощность резания N:

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

$$N = \frac{1295,8 \cdot 281,6}{1020 \cdot 60} = 5,96 \text{ кВт.}$$

2. Точение поверхности 13:

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:

$$s = 1,3 \frac{\text{мм}}{\text{об.}}$$

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 $K_v = K_{mv} K_{пv} K_{ив}$ – произведение коэффициентов.

Для нашего случая:

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

$$K_{пv} = 0,85;$$

$$K_{ив} = 2,7;$$

$$K_v = 1,2 \cdot 0,85 \cdot 2,7 = 2,754;$$

$$T = 45 \text{ мин};$$

$$C_v = 243;$$

$$x = 0,15;$$

$$y = 0,4;$$

$$m = 0,2;$$

$$v = \frac{243}{45^{0,2} \cdot 1^{0,15} \cdot 1,3^{0,4}} \cdot 2,754 = 281,6 \frac{\text{м}}{\text{мин}}.$$

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

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

Для P_z :

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

$$K_{\text{фр}} = 1;$$

$$K_{\text{гр}} = 1;$$

$$K_{\text{лр}} = 1;$$

$$K_{\text{гр}} = -;$$

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

$$C_p = 300;$$

$$x = 1;$$

$$y = 0,75;$$

$$n = -0,15;$$

$$P_z = 10 \cdot 300 \cdot 1^1 \cdot 1,3^{0,75} \cdot 281,6^{-0,15} \cdot 0,827 = 1295,8 \text{ Н}.$$

Для P_y :

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

$$K_{\text{фр}} = 1;$$

$$K_{\text{гр}} = 1;$$

$$K_{\text{лр}} = 1;$$

$$K_{\text{рр}} = -;$$

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

$$C_p = 243;$$

$$x = 0,9;$$

$$y = 0,6;$$

$$n = -0,3;$$

$$P_y = 10 \cdot 243 \cdot 1^{0,9} \cdot 1,3^{0,6} \cdot 281,6^{-0,3} \cdot 0,827 = 432,8 \text{ Н.}$$

Для P_x :

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

$$K_{\text{фр}} = 1;$$

$$K_{\text{гр}} = 1;$$

$$K_{\text{лр}} = 1;$$

$$K_{\text{рр}} = -;$$

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

$$C_p = 339;$$

$$x = 1;$$

$$y = 0,5;$$

$$n = -0,4;$$

$$P_x = 10 \cdot 339 \cdot 1^1 \cdot 1,3^{0,5} \cdot 281,6^{-0,4} \cdot 0,827 = 334,8 \text{ Н.}$$

б) Рассчитываем мощность резания N :

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

$$N = \frac{1295,8 \cdot 281,6}{1020 \cdot 60} = 5,96 \text{ кВт.}$$

3. Точение винтовой поверхности:

1) Назначаем тип резца и режущий материал по ГОСТ 18885-73:

Резец токарный резьбовой 2664-0007 с твердосплавной пластиной Т15К6.

2) Назначаем глубину резания t и подачу s :

$$s = P = 5 \frac{\text{мм}}{\text{об}};$$

$$t = 1,9 \text{ мм};$$

$i = 11$ – число рабочих ходов.

3) Рассчитываем скорость резания v :

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

где $K_v = K_{mv} K_{iv} K_{cv}$ – общий поправочный коэффициент на скорость резания;

K_{cv} – коэффициент, учитывающий способ нарезания резьбы.

Для нашего случая:

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

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

$$K_{cv} = 0,75;$$

$$K_v = 1,2 \cdot 0,85 \cdot 0,75 = 0,765;$$

$$C_v = 233;$$

$$x = 0,5;$$

$$m = 0,5;$$

$$y = 0,5;$$

$$T = 80 \text{ мин};$$

$$v = \frac{233 \cdot 11^{0,5}}{80^{0,5} \cdot 5^{0,5} \cdot 5^{0,5}} \cdot 0,765 = 13,2 \frac{\text{м}}{\text{мин}}.$$

4) Рассчитываем силовые зависимости:

$$P_z = \frac{10 C_p P^y}{i^u} K_p, [\text{Н}];$$

где $K_p = K_{mp}$.

Для нашего случая:

$$K_p = 0,827;$$

$$C_p = 148;$$

$$y = 1,7;$$

$$u = 0,71;$$

$$P_z = \frac{10 \cdot 148 \cdot 5^{1,7}}{11^{0,71}} \cdot 0,827 = 3440,6 \text{ Н.}$$

5) Рассчитываем мощность N:

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

$$N = \frac{3440,6 \cdot 13,2}{1020 \cdot 60} = 0,74 \text{ кВт.}$$

Операция 025. Фрезерная.

1. Фрезерование паза:

1) Назначаем тип фрезы и режущий материал по ГОСТ Р 53412-2009: Фреза 19x4,0-1-1-Н9 для обработки пазов сегментных шпонок, материал Р6М5.

2) Назначаем глубину фрезерования $t = 9,5$ мм и ширину фрезерования $B = 4$ мм.

3) Назначаем подачу на зуб фрезы s_z :

$$s_z = 0,2 \text{ мм.}$$

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:

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

$$K_{пv} = 0,85;$$

$$K_{ив} = 1;$$

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

$$C_v = 68,5;$$

$$m = 0,2;$$

$$x = 0,3;$$

$$y = 0,2;$$

$$u = 0,1;$$

$$p = 0,1;$$

$$D = 19 \text{ мм};$$

$$q = 0,25;$$

$$z = 10;$$

$$T = 120 \text{ мин.};$$

$$v = \frac{68,5 \cdot 19^{0,25}}{120^{0,2} \cdot 9,5^{0,3} \cdot 0,2^{0,2} \cdot 4^{0,1} \cdot 10^{0,1}} \cdot 1,02 = 27,25 \frac{\text{м}}{\text{мин}}.$$

5) Рассчитываем силу резания P_z :

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

где K_{mp} – поправочный коэффициент на качество обрабатываемого материала.

Для нашего случая:

$$C_p = 68,2;$$

$$x = 0,86;$$

$$y = 0,72;$$

$$q = 0,86;$$

$$w = 0;$$

$$n = 457 \text{ об/мин};$$

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

$$P_z = \frac{10 \cdot 68,2 \cdot 9,5^{0,86} \cdot 4^1 \cdot 0,2^{0,72} \cdot 10}{19^{0,86} \cdot 457^0} \cdot 0,827 = 4715,7 \text{ Н.}$$

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

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

$$M_{\text{кр}} = \frac{4715,7 \cdot 19}{2 \cdot 100} = 448 \text{ Н} \cdot \text{м.}$$

7) Рассчитываем мощность резания:

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

$$N = \frac{4715,7 \cdot 27,25}{1020 \cdot 60} = 2,1 \text{ кВт.}$$

Операция 050. Фрезерная чистовая.

1. Фрезерование паза:

1) Назначаем тип фрезы и режущий материал по ГОСТ Р 53412-2009: Фреза 22x5,0-1-1-Н9 для обработки пазов сегментных шпонок, материал Р6М5.

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

3) Назначаем подачу на зуб фрезы s_z :

$$s_z = 0,2 \text{ мм.}$$

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_T – коэффициент, характеризующий группу стали по обрабатываемости;

n_v – показатель степени;

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

$K_{ив}$ – коэффициент, учитывающий качество материала инструмента.

Для нашего случая:

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

$$K_{пв} = 0,85;$$

$$K_{ив} = 1;$$

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

$$C_v = 68,5;$$

$$m = 0,2;$$

$$x = 0,3;$$

$$y = 0,2;$$

$$u = 0,1;$$

$$p = 0,1;$$

$$D = 19 \text{ мм};$$

$$q = 0,25;$$

$$z = 10;$$

$$T = 120 \text{ мин.};$$

$$v = \frac{68,5 \cdot 22^{0,25}}{120^{0,2} \cdot 10^{0,3} \cdot 0,2^{0,2} \cdot 5^{0,1} \cdot 10^{0,1}} \cdot 1,02 = 27,22 \frac{\text{м}}{\text{мин}}.$$

5) Рассчитываем силу резания P_z :

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

где K_{mr} – поправочный коэффициент на качество обрабатываемого материала.

Для нашего случая:

$$C_p = 68,2;$$

$$x = 0,86;$$

$$y = 0,72;$$

$$q = 0,86;$$

$$w = 0;$$

$$n = 394 \text{ об/мин};$$

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

$$P_z = \frac{10 \cdot 68,2 \cdot 10^{0,86} \cdot 5^1 \cdot 0,2^{0,72} \cdot 10}{22^{0,86} \cdot 394^0} \cdot 0,827 = 5432,3 \text{ Н};$$

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

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

$$M_{\text{кр}} = \frac{5432,3 \cdot 22}{2 \cdot 100} = 597,6 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

7) Рассчитываем мощность резания:

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

$$N = \frac{5432,3 \cdot 27,22}{1020 \cdot 60} = 2,42 \text{ кВт}.$$

Операция 060. Круглошлифовальная.

1. Шлифование поверхности 1:

1) Назначаем материал по ГОСТ 2424-83:

Шлифовальный круг 1 600x80x305 25А 50 С1 7 50 А 1кл.

2) Рассчитываем эффективную мощность N :

$$N = C_N v_3^r b^z s_p^y d^q, [\text{кВт}];$$

где C_N – коэффициент шлифования.

Для нашего случая:

$$C_N = 0,14;$$

$$r = 0,8;$$

$$x = 0,8;$$

$$q = 0,2;$$

$$z = 1;$$

$$y = 0,7;$$

$$N = 0,14 \cdot 20^{0,8} \cdot 214^1 \cdot 0,05^{0,7} \cdot 28^{0,2} = 7,82 \text{ кВт.}$$

2. Шлифование поверхности 2:

1) Назначаем материал по ГОСТ 2424-83:

Шлифовальный круг 1 600x80x305 25А 50 С1 7 50 А 1кл.

2) Рассчитываем эффективную мощность N:

$$N = C_N v_3^r b^z s_p^y d^q, [\text{кВт}];$$

где C_N – коэффициент шлифования.

Для нашего случая:

$$C_N = 0,14;$$

$$r = 0,8;$$

$$x = 0,8;$$

$$q = 0,2;$$

$$z = 1;$$

$$y = 0,7;$$

$$N = 0,14 \cdot 20^{0,8} \cdot 71^1 \cdot 0,05^{0,7} \cdot 25^{0,2} = 2,54 \text{ кВт.}$$

3. Шлифование поверхности 3:

1) Назначаем материал по ГОСТ 2424-83:

Шлифовальный круг 1 600x80x305 25А 50 С1 7 50 А 1кл.

2) Рассчитываем эффективную мощность N:

$$N = C_N v_3^r b^z s_p^y d^q, [\text{кВт}];$$

где C_N – коэффициент шлифования.

Для нашего случая:

$$C_N = 0,14;$$

$$r = 0,8;$$

$$x = 0,8;$$

$$q = 0,2;$$

$$z = 1;$$

$$y = 0,7;$$

$$N = 0,14 \cdot 20^{0,8} \cdot 40^1 \cdot 0,05^{0,7} \cdot 22^{0,2} = 1,39 \text{ кВт.}$$

1.13. Подбор оборудования.

Последовательность обработки отдельных поверхностей заготовок в значительной степени определяется простановкой размеров, принятой в чертеже детали. При построении технологического процесса желательно, чтобы технологические базы и размеры совпадали с конструкторскими и сборочными базами и размерами. Обработку детали рекомендуется начинать с наименее точных поверхностей при снятии с них наибольших припусков. Обработку более точных следует производить в последнюю очередь [5].

Операция 005. Заготовительная.

Так как заготовка является поковкой в габаритных размерах $\varnothing 32 \cdot 414$ мм, была подобрана горизонтально-ковочная машина для горячей штамповки модели ВВ1136, технические характеристики приведены в таблице 5.

Таблица 5 – Технические характеристики ГKM ВВ1136

Главный параметр	Основные ТХ
Номинальное усилие, кН	4000
Ход подвижной матрицы, мм	125
Ход высадочного ползуна, мм:	
полный	290
после закрытия матриц	190
обратный при закрытых матрицах	80
Частота ходов ползуна мин ⁻¹	53
Наибольшие размеры матриц, мм:	
длина	450
ширина	160
высота	480
Наибольший размер зева для прохода заготовки, мм	90
Расстояние между высадочным ползуном в его крайнем переднем положении и матрицами, мм	100

Мощность электродвигателя главного привода, кВт	23,0
Габаритные размеры, мм:	
в плане	4945x4800
высота над уровнем пола	1860
Масса, кг	36300
Тип устройства управления	РКС, ПК

Операция 010. Фрезерно – центровая.

Выбираем станок по максимальной эффективной мощности – это 11,52 кВт при фрезеровании торцев 1 и 2. Для расчета мощности станка воспользуемся формулой:

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

$$N_{\text{ст}} = 17,28 \text{ кВт}$$

По данной мощности был подобран фрезерно-центровальный станок 2Г942, ТХ которого расположены в таблице 6.

Таблица 6 – 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

Операция 015. Токарная с ЧПУ.

Выбираем станок по максимальной эффективной мощности – это 24,65 кВт при точении двух канавок Ø21 мм. Для расчета мощности станка воспользуемся формулой:

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

$$N_{\text{ст}} = 36,975 \text{ кВт}$$

По данной мощности был подобран токарно – револьверный центр HAAS ST-55, ТХ которого расположены в таблице 7.

Таблица 7– Технические характеристика станка HAAS ST-28

Наибольший диаметр устанавливаемого изделия:	
над станиной, мм	876
над кареткой, мм	648
Макс. обрабатываемый диаметр, мм	648
Макс. длина обработки, мм	2032
Диаметр отверстия в шпинделе, мм	318
Макс. частота вращения шпинделя, об/мин	318
Макс. крутящий момент, Нм	1000
Максимальная мощность шпинделя, кВт	5762
Максимальный крутящий момент, Нм	41
Перемещение по оси x, мм	432
Перемещение по оси z, мм	2032
Макс. осевое усилие, кН	40
Макс. скорость холостых подач, м/мин	18
Исполнение посадочного гнезда револьвера	ВОТ
Кол-во инструментальных гнезд в револьвере, шт	12
Конус пиноли задней бабки, №	6
Точность позиционирования, мм	±0,0050
Повторяемость, мм	±0,0025
Объем бака СОЖ, л	360
Ориентировочная масса станка, кг	14100
Гарантия, мес.	12

Операция 020. Токарная с ЧПУ.

Выбираем станок по максимальной эффективной мощности – это 5,96 кВт при точении наружных поверхностей. Для расчета мощности станка воспользуемся формулой:

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

$$N_{\text{ст}} = 8,94 \text{ кВт}$$

По данной мощности был подобран токарный станок с ЧПУ HEADMAN HCL 400, ТХ которого расположены в таблице 8.

Таблица 8 – Технические характеристики станка HEADMAN HCL 400

Максимальный диаметр точения над станиной, мм	440
Максимальный диаметр обработки над суппортом	200
Максимальная длина обработки, мм	750
Максимальный диаметр обработки прутка, мм	52
Диаметр патрона, мм	200
Диаметр отверстия в шпинделе, мм	66
Конус шпинделя	A2-6
Максимальная частота вращения шпинделя, об/мин:	3000
Перемещения по оси x, мм	240
Перемещения по оси z, мм	800
Точность позиционирования, мм	$\pm 0,006$
Повторяемость, мм	$\pm 0,003$
Мощность электродвигателя главного привода, кВт	11
Длина, мм	2700
Ширина, мм	1420
Высота, мм	1730
Вес, кг	2150

Операция 025 и 050. Фрезерная и Фрезерная чистовая

Выбираем станок по максимальной эффективной мощности – это 2,42 кВт при фрезеровании паза на чистовую. Для расчета мощности станка воспользуемся формулой:

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

$$N_{\text{ст}} = 3,63 \text{ кВт}$$

По данной мощности был подобран универсальный фрезерный станок SPECTR FU-5.2, ТХ которого расположены в таблице 9.

Таблица 9 – 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

Операции 030 и 55. Слесарные.

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

Операции 040 и 070. Контрольные.

Для контрольной операции потребуется: Контрольный стол.

Операция 045. Термическая.

Для термической операции потребуется: Электродуховка 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	1000x660x800
Частота, Гц	50
Напряжение, В	380
Габаритные размеры печи (ДхШхВ), мм	1600x1400x1750
Масса печи, кг	2800

Операция 060. Круглошлифовальная.

Выбираем станок по максимальной эффективной мощности – это 7,82 кВт при шлифовании наружного диаметра. Для расчета мощности станка воспользуемся формулой:

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

$$N_{ст} = 11,73 \text{ кВт}$$

По данной мощности был подобран круглошлифовальный станок ЗМ162, ТХ которого расположены в таблице 11.

Таблица 11 – Технические характеристики станка ЗМ162

Наибольший диаметр обрабатываемого изделия, мм	280
Наибольшая длина обрабатываемого изделия, мм	1000
Наибольший диаметр шлифования, мм	280
Наименьший диаметр шлифования, мм	10
Наибольшая длина перемещения стола, мм	980
Наибольшая высота устанавливаемого круга, мм	100

Частота вращения шпинделя шлифовальной бабки, об/мин	1260
Скорость резания шлифовального круга, м/с	50
Пределы скоростей врезных подач, мм/мин	0,1...4,5
Частота вращения изделия (бесступенчатое регулирование), об/мин	40...400
Электродвигатель шпинделя шлифовальной бабки, кВт/ об/мин	17, 1500
Габаритные размеры станка (длина x ширина x высота), мм	5310x2930x2070
Масса станка с электрооборудованием и охлаждением, кг	8100

1.14. Расчет норм времени

Под нормированием технологических процессов понимают назначение технически обоснованных норм времени на продолжительность выполнения операций [6].

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, $\frac{\text{мм}}{\text{об}}$;

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 – перебеж режущего инструмента, мм.

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

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

где $T_{\text{всп}}$ – 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 – $T_{шт}$ 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 $T_{всп}$ (применение станочных быстродействующих приспособлений, фасонного и комбинированного режущего инструмента, и т. п.).

Операция 010. Фрезерно – центральная.

1. Фрезерование торцев 1 и 2:

$$T_0 = \frac{L}{S \cdot n} \cdot i = \frac{6,5}{0,75 \cdot 1076} \cdot 1 = 0,008 \text{ мин,}$$

при $L = l_0 + l_1 + l_2 = 4,5 + 2 + 0 = 6,5 \text{ мм;}$

$S = 0,75 \text{ мм/об;}$

$n = 1076 \text{ об/мин;}$

$i = 1.$

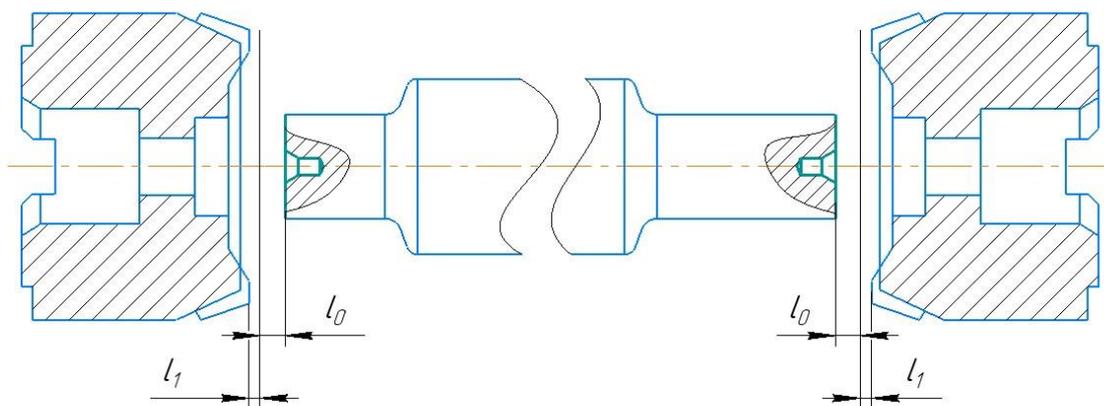


Рисунок 7 - Фрезерование торцев 1 и 2.

2. Сверление центровых отверстий:

$$T_0 = \frac{L}{S \cdot n} \cdot i = \frac{8,32}{0,05 \cdot 6354} \cdot 1 = 0,026 \text{ мин,}$$

при $L = l_0 + l_1 + l_2 = 6,32 + 2 + 0 = 8,32 \text{ мм;}$

$S = 0,05 \text{ мм/об;}$

$n = 6354 \text{ об/мин;}$

$i = 1.$

$$T_{0\text{общ}} = 0,008 + 0,026 = 0,034 \text{ мин};$$

$$T_{\text{ш.к.}} = \frac{T_0}{0,65} = \frac{0,034}{0,65} = 0,053 \text{ мин};$$

$$T_{\text{всп}} = 0,18 \cdot T_{\text{ш.к.}} = 0,18 \cdot 0,053 = 0,01 \text{ мин};$$

$$\frac{T_{\text{п.з.}}}{n} \approx 0,03 \cdot T_{\text{ш.к.}} = 0,03 \cdot 0,053 = 0,002 \text{ мин};$$

$$T_{\text{шт}} = T_{\text{ш.к.}} - \frac{T_{\text{п.з.}}}{n} = 0,053 - 0,002 = 0,051 \text{ мин.}$$

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

$$T_{\text{орм}} = T_{\text{шт}} - T_0 - T_{\text{всп}} = 0,051 - 0,034 - 0,01 = 0,007 \text{ мин.}$$

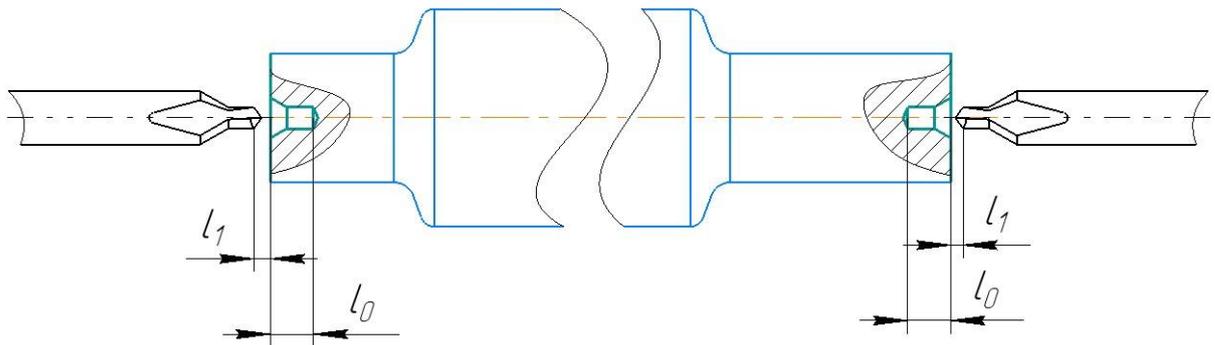


Рисунок 8 – Сверление центровых отверстий

Операция 015. Токарная с ЧПУ.

1. Точение поверхности 3:

$$T_0 = \frac{L}{S \cdot n} \cdot i = \frac{262}{1,3 \cdot 3201} \cdot 2 = 0,126 \text{ мин},$$

$$\text{при } L = l_0 + l_1 + l_2 = 153 + 2 + 107 = 262 \text{ мм};$$

$$S = 1,3 \text{ мм/об};$$

$$n = 3201 \text{ об/мин};$$

$$i = 2.$$

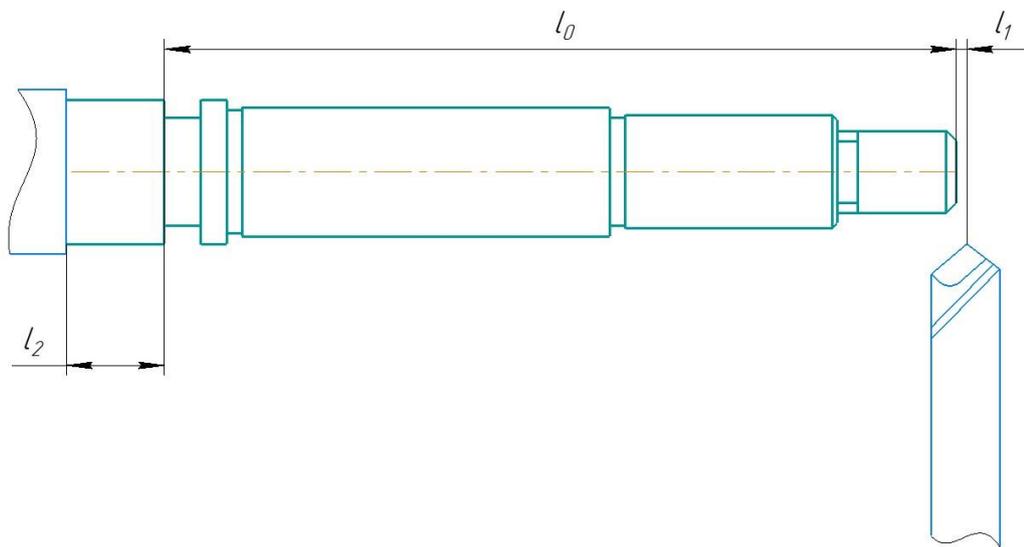


Рисунок 9 – Точение поверхности 3

2. Точение поверхности 4:

$$T_0 = \frac{L}{S \cdot n} \cdot i = \frac{143}{1,3 \cdot 3585} \cdot 2 = 0,006 \text{ мин,}$$

$$\text{при } L = l_0 + l_1 + l_2 = 141 + 2 + 0 = 143 \text{ мм;}$$

$$S = 1,3 \text{ мм/об;}$$

$$n = 3585 \text{ об/мин;}$$

$$i = 2.$$

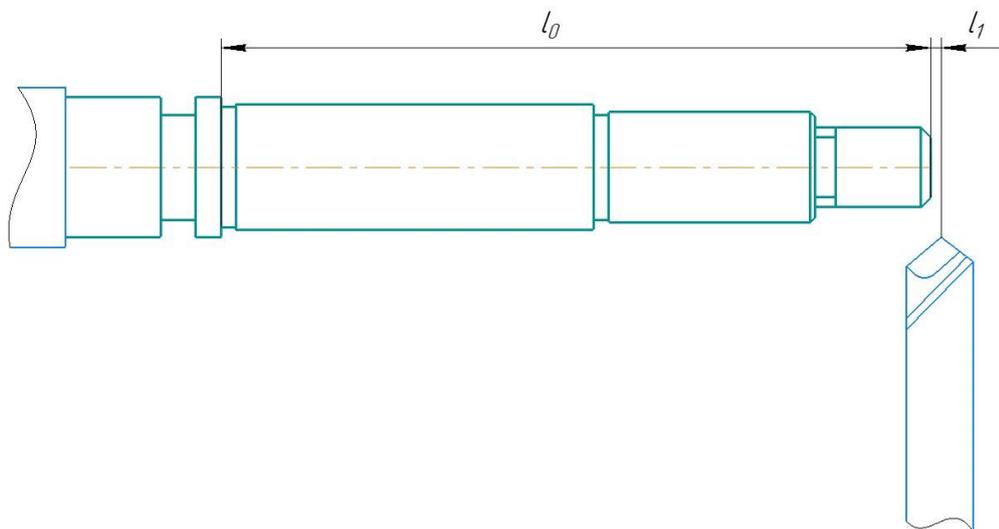


Рисунок 10 – Точение поверхности 4

3. Точение поверхности 5:

$$T_0 = \frac{L}{S \cdot n} \cdot i = \frac{69}{1,3 \cdot 4074} \cdot 2 = 0,026 \text{ мин,}$$

$$\text{при } L = l_0 + l_1 + l_2 = 67 + 2 + 0 = 69 \text{ мм;}$$

$$S = 1,3 \text{ мм/об};$$

$$n = 4074 \text{ об/мин};$$

$$i = 2.$$

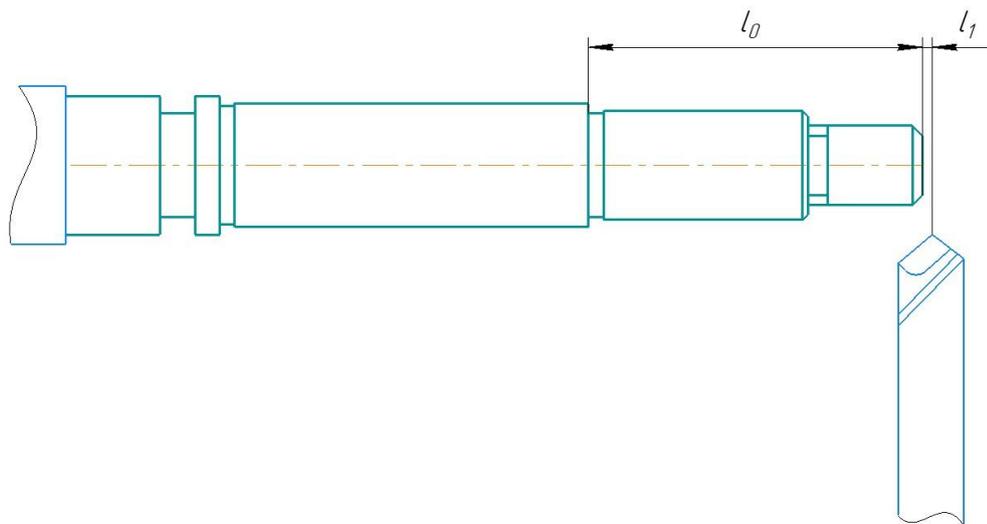


Рисунок 11 – Точение поверхности 5

4. Точение поверхности 6:

$$T_0 = \frac{L}{s \cdot n} \cdot i = \frac{25}{1,3 \cdot 5602} \cdot 3 = 0,01 \text{ мин},$$

$$\text{при } L = l_0 + l_1 + l_2 = 23 + 2 + 0 = 25 \text{ мм};$$

$$S = 1,3 \text{ мм/об};$$

$$n = 5602 \text{ об/мин};$$

$$i = 3.$$

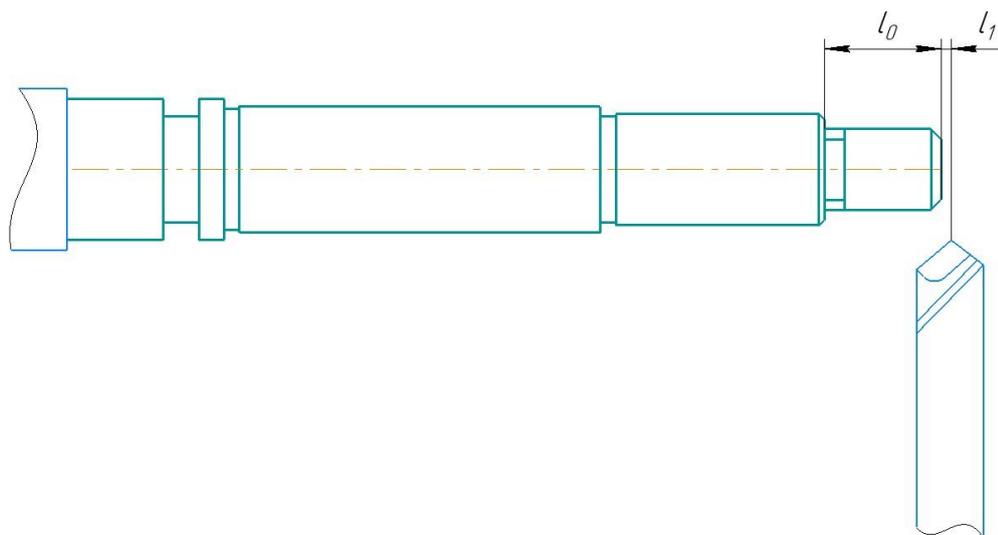


Рисунок 12 – Точение поверхности 6

5. Точение фаски $1 \times 45^\circ$:

$$T_0 = \frac{L}{S \cdot n} \cdot i = \frac{3}{1,3 \cdot 4074} \cdot 1 = 0,001 \text{ мин},$$

при $L = l_0 + l_1 + l_2 = 1 + 2 + 0 = 3 \text{ мм};$

$S = 1,3 \text{ мм/об};$

$n = 4074 \text{ об/мин};$

$i = 1.$

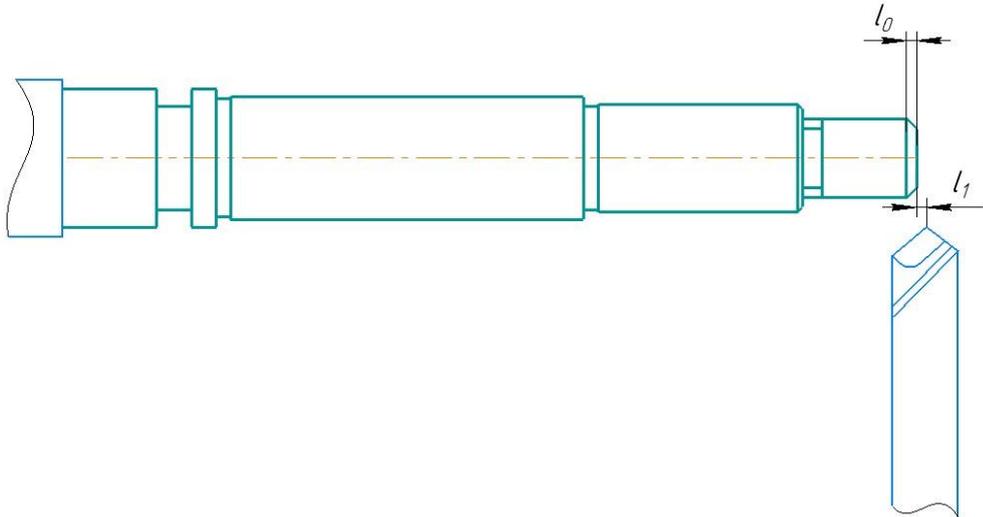


Рисунок 13 – Точение фаски $1 \times 45^\circ$

6. Точение двух канавок $\varnothing 21 \text{ мм};$

$$T_0 = \frac{L}{S \cdot n} \cdot i = \frac{12}{1,1 \cdot 3535} \cdot 2 = 0,006 \text{ мин},$$

при $L = l_0 + l_1 + l_2 = 10 + 2 + 0 = 12 \text{ мм};$

$S = 1,1 \text{ мм/об};$

$n = 3535 \text{ об/мин};$

$i = 2.$

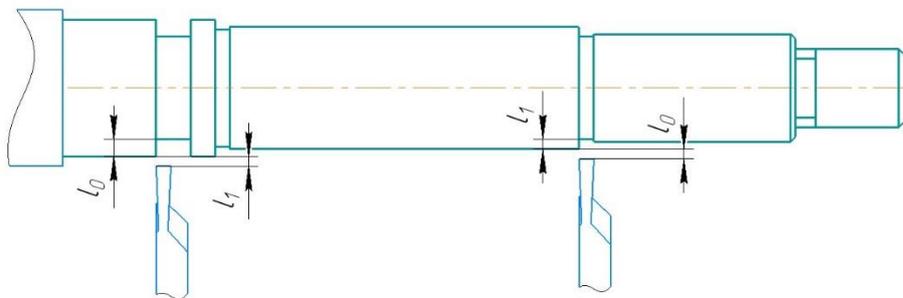


Рисунок 14 – Точение двух канавок $\varnothing 21 \text{ мм}$

7. Точение канавки $\varnothing 24 \text{ мм};$

$$T_0 = \frac{L}{S \cdot n} \cdot i = \frac{5}{1,3 \cdot 3035} \cdot 1 = 0,001 \text{ мин},$$

при $L = l_0 + l_1 + l_2 = 3 + 2 + 0 = 5 \text{ мм};$

$S = 1,3 \text{ мм/об};$

$n = 3035 \text{ об/мин};$

$i = 1.$

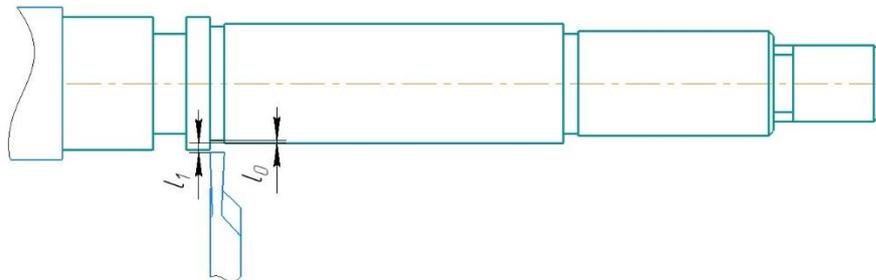


Рисунок 15 – Точение канавки $\varnothing 24 \text{ мм}$

8. Резьбонарезание:

$$T_0 = \frac{L}{S \cdot n} \cdot i = \frac{25}{1,5 \cdot 1810} \cdot 1 = 0,009 \text{ мин},$$

при $L = l_0 + l_1 + l_2 = 23 + 2 + 0 = 25 \text{ мм};$

$S = 1,5 \text{ мм/об};$

$n = 1810 \text{ об/мин};$

$i = 1.$

$$T_{0\text{общ}} = 0,126 + 0,006 + 0,026 + 0,01 + 0,001 + 0,006 + 0,001 + 0,009 = 0,185 \text{ мин};$$

$$T_{\text{ш.к.}} = \frac{T_0}{0,65} = \frac{0,185}{0,65} = 0,285 \text{ мин};$$

$$T_{\text{всп}} = 0,18 \cdot T_{\text{ш.к.}} = 0,18 \cdot 0,285 = 0,051 \text{ мин};$$

$$\frac{T_{\text{п.з.}}}{n} \approx 0,03 \cdot T_{\text{ш.к.}} = 0,03 \cdot 0,285 = 0,009 \text{ мин};$$

$$T_{\text{шт}} = T_{\text{ш.к.}} - \frac{T_{\text{п.з.}}}{n} = 0,285 - 0,009 = 0,276 \text{ мин}.$$

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

$$T_{\text{орм}} = T_{\text{шт}} - T_0 - T_{\text{всп}} = 0,276 - 0,185 - 0,051 = 0,04 \text{ мин}.$$

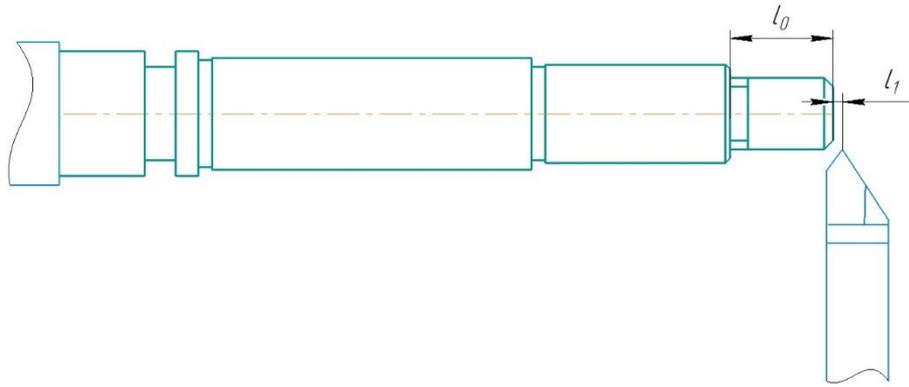


Рисунок 16 – Резьбонарезание

Операция 020. Токарная с ЧПУ.

1. Точение поверхности 12:

$$T_0 = \frac{L}{S \cdot n} \cdot i = \frac{150}{1,3 \cdot 3201} \cdot 2 = 0,072 \text{ мин},$$

$$\text{при } L = l_0 + l_1 + l_2 = 38 + 2 + 110 = 262 \text{ мм};$$

$$S = 1,3 \text{ мм/об};$$

$$n = 3201 \text{ об/мин};$$

$$i = 2.$$

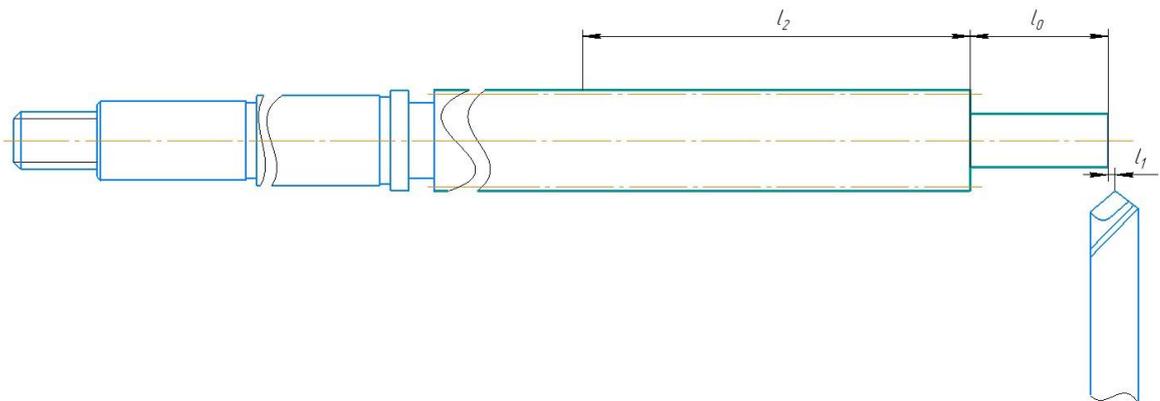


Рисунок 17 – Точение поверхности 12

2. Точение поверхности 13:

$$T_0 = \frac{L}{S \cdot n} \cdot i = \frac{40}{1,3 \cdot 5976} \cdot 6 = 0,03 \text{ мин},$$

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

$$S = 1,3 \text{ мм/об};$$

$$n = 5976 \text{ об/мин};$$

$$i = 6.$$

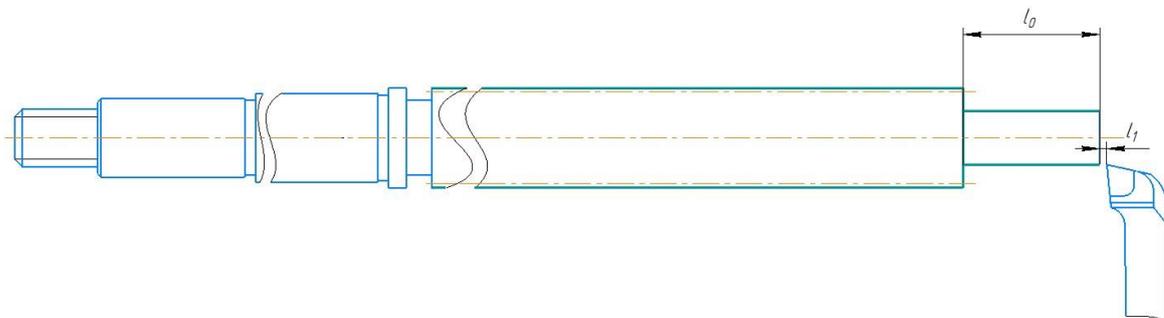


Рисунок 18 – Точение поверхности 13

3. Точение винтовой поверхности:

$$T_0 = \frac{L}{S \cdot n} \cdot i = \frac{218}{5 \cdot 150} \cdot 1 = 0,291 \text{ мин,}$$

$$\text{при } L = l_0 + l_1 + l_2 = 214 + 2 + 2 = 218 \text{ мм;}$$

$$S = 5 \text{ мм/об;}$$

$$n = 150 \text{ об/мин;}$$

$$i = 1.$$

$$T_{0\text{общ}} = 0,072 + 0,03 + 0,291 = 0,393 \text{ мин;}$$

$$T_{\text{ш.к.}} = \frac{T_0}{0,65} = \frac{0,393}{0,65} = 0,605 \text{ мин;}$$

$$T_{\text{всп}} = 0,18 \cdot T_{\text{ш.к.}} = 0,18 \cdot 0,605 = 0,109 \text{ мин;}$$

$$\frac{T_{\text{п.з.}}}{n} \approx 0,03 \cdot T_{\text{ш.к.}} = 0,03 \cdot 0,605 = 0,018 \text{ мин;}$$

$$T_{\text{шт}} = T_{\text{ш.к.}} - \frac{T_{\text{п.з.}}}{n} = 0,605 - 0,018 = 0,587 \text{ мин.}$$

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

$$T_{\text{орм}} = T_{\text{шт}} - T_0 - T_{\text{всп}} = 0,587 - 0,393 - 0,109 = 0,085 \text{ мин.}$$

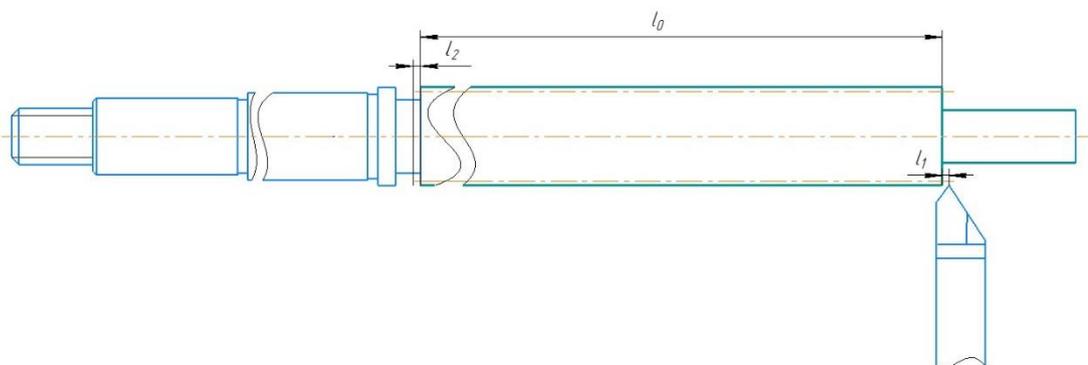


Рисунок 19 – Точение винтовой поверхности

Операция 025. Фрезерная.

1. Фрезерование паза:

$$T_0 = \frac{L}{S \cdot n} \cdot i = \frac{17}{2 \cdot 457} \cdot 1 = 0,019 \text{ мин,}$$

при $L = l_0 + l_1 + l_2 = 15 + 2 = 17 \text{ мм;}$

$$S = 2 \text{ мм/об;}$$

$$n = 457 \text{ об/мин;}$$

$$i = 1.$$

$$T_{\text{ш.к.}} = \frac{T_0}{0,65} = \frac{0,019}{0,65} = 0,029 \text{ мин;}$$

$$T_{\text{всп}} = 0,18 \cdot T_{\text{ш.к.}} = 0,18 \cdot 0,029 = 0,005 \text{ мин;}$$

$$\frac{T_{\text{п.з.}}}{n} \approx 0,03 \cdot T_{\text{ш.к.}} = 0,03 \cdot 0,029 = 0,001 \text{ мин;}$$

$$T_{\text{шт}} = T_{\text{ш.к.}} - \frac{T_{\text{п.з.}}}{n} = 0,029 - 0,001 = 0,028 \text{ мин.}$$

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

$$T_{\text{орм}} = T_{\text{шт}} - T_0 - T_{\text{всп}} = 0,028 - 0,019 - 0,001 = 0,008 \text{ мин.}$$

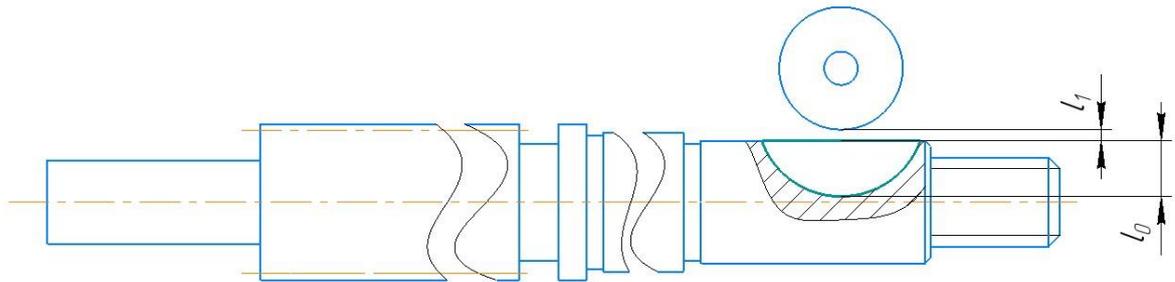


Рисунок 20 – Фрезерование паза

Операция 050. Фрезерная чистовая.

1. Фрезерование паза:

$$T_0 = \frac{L}{S \cdot n} \cdot i = \frac{17}{2 \cdot 456} \cdot 1 = 0,019 \text{ мин,}$$

при $L = l_0 + l_1 + l_2 = 15 + 2 = 17 \text{ мм;}$

$$S = 2 \text{ мм/об;}$$

$$n = 456 \text{ об/мин;}$$

$$i = 1.$$

$$T_{\text{ш.к.}} = \frac{T_0}{0,65} = \frac{0,019}{0,65} = 0,029 \text{ мин;}$$

$$T_{\text{всп}} = 0,18 \cdot T_{\text{ш.к.}} = 0,18 \cdot 0,029 = 0,005 \text{ мин;}$$

$$\frac{T_{\text{п.з.}}}{n} \approx 0,03 \cdot T_{\text{ш.к.}} = 0,03 \cdot 0,029 = 0,001 \text{ мин;}$$

$$T_{шт} = T_{ш.к.} - \frac{T_{п.з.}}{n} = 0,029 - 0,001 = 0,028 \text{ мин.}$$

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

$$T_{орм} = T_{шт} - T_0 - T_{всп} = 0,028 - 0,019 - 0,001 = 0,008 \text{ мин.}$$

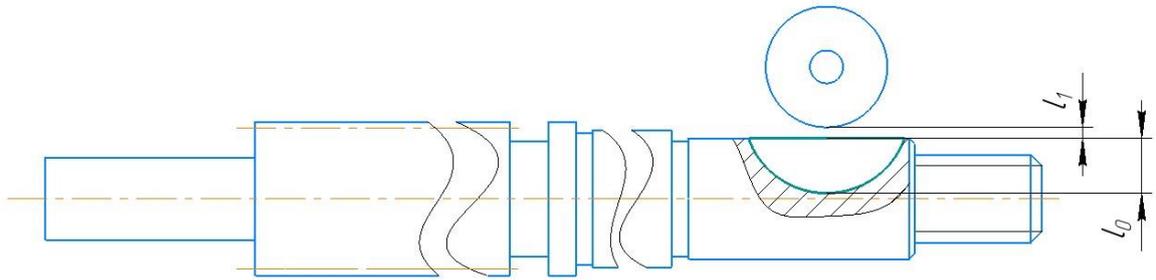


Рисунок 21 – Фрезерование паза чистовое

Операция 060. Круглошлифовальная.

1. Шлифование поверхности 14:

$$T_0 = \frac{L}{S \cdot n} \cdot i = \frac{218}{0,05 \cdot 1592} \cdot 1 = 2,739 \text{ мин,}$$

при $L = l_0 + l_1 + l_2 = 214 + 2 + 2 = 218 \text{ мм;}$

$S = 0,05 \text{ мм/об;}$

$n = 1592 \text{ об/мин;}$

$i = 1.$

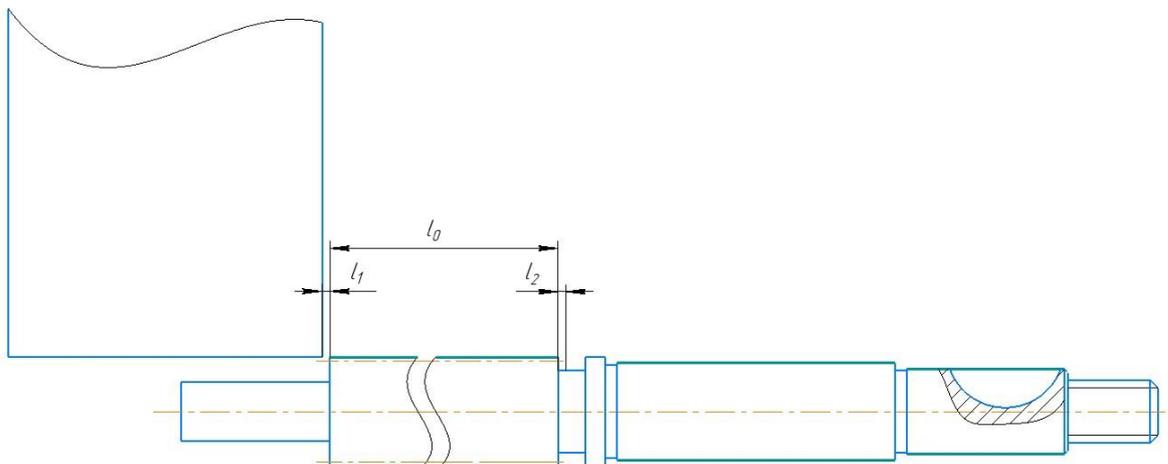


Рисунок 22 – Шлифование поверхности 14

2. Шлифование поверхности 15:

$$T_0 = \frac{L}{S \cdot n} \cdot i = \frac{75}{0,05 \cdot 1592} \cdot 1 = 0,942 \text{ мин,}$$

при $L = l_0 + l_1 + l_2 = 71 + 2 + 2 = 75 \text{ мм;}$

$S = 0,05 \text{ мм/об;}$

$n = 1592 \text{ об/мин;}$

$$i = 1.$$

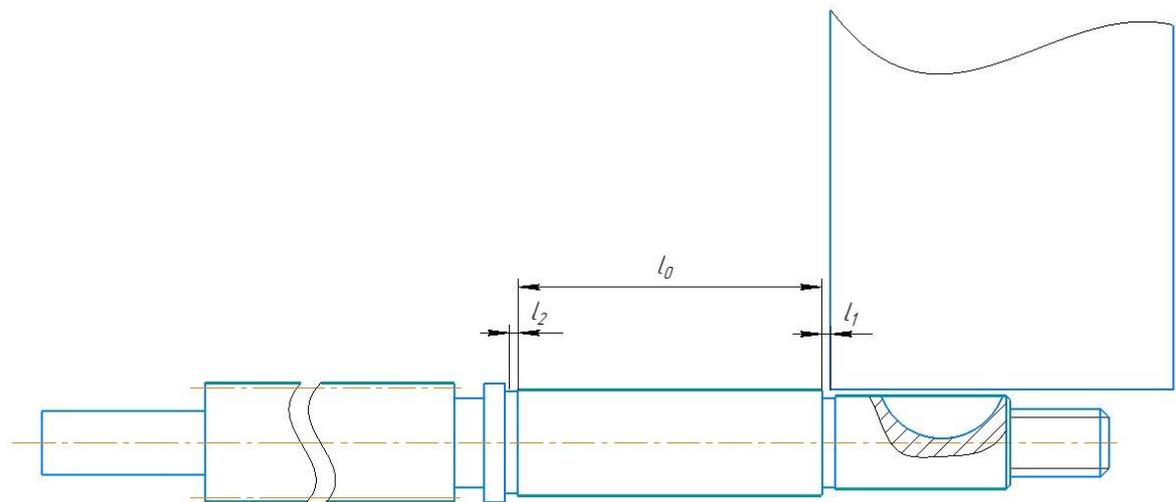


Рисунок 23 – Шлифование поверхности 15

3. Шлифование поверхности 16:

$$T_0 = \frac{L}{S \cdot n} \cdot i = \frac{45}{0,05 \cdot 1592} \cdot 1 = 0,565 \text{ мин},$$

$$\text{при } L = l_0 + l_1 + l_2 = 41 + 2 + 2 = 45 \text{ мм};$$

$$S = 0,05 \text{ мм/об};$$

$$n = 1592 \text{ об/мин};$$

$$i = 1.$$

$$T_{0\text{общ}} = 2,739 + 0,942 + 0,565 = 4,246 \text{ мин};$$

$$T_{\text{ш.к.}} = \frac{T_0}{0,65} = \frac{4,246}{0,65} = 6,532 \text{ мин};$$

$$T_{\text{всп}} = 0,18 \cdot T_{\text{ш.к.}} = 0,18 \cdot 6,532 = 1,176 \text{ мин};$$

$$\frac{T_{\text{п.з.}}}{n} \approx 0,03 \cdot T_{\text{ш.к.}} = 0,03 \cdot 6,532 = 0,196 \text{ мин};$$

$$T_{\text{шт}} = T_{\text{ш.к.}} - \frac{T_{\text{п.з.}}}{n} = 6,532 - 0,196 = 6,336 \text{ мин.}$$

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

$$T_{\text{орм}} = T_{\text{шт}} - T_0 - T_{\text{всп}} = 6,336 - 4,246 - 1,176 = 0,914 \text{ мин.}$$

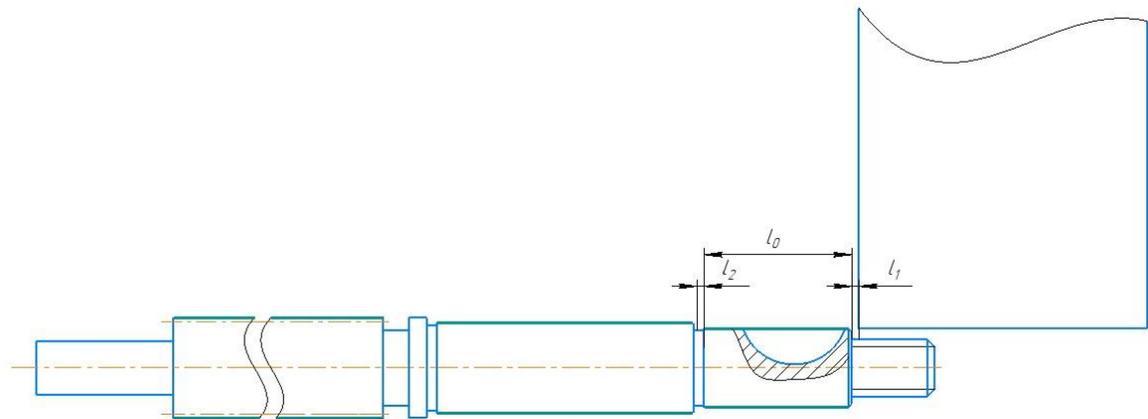


Рисунок 24 – Шлифование поверхности 16

В таблице 12 приведены результаты расчета времени на изготовление детали.

Таблица 12 - Нормирование технологического процесса

№ оп.	Содержание операции	Время, мин
010	Фрезерно - центральная	
	1. Основное время	0,034
	2. Вспомогательное время	0,01
	3. Время на организацию рабочего места	0,007
	4. Время на отдых	0
	5. Штучное время	0,051
	6. Штучно-калькуляционное время	0,053
015	Токарная с ЧПУ	
	1. Основное время	0,185
	2. Вспомогательное время	0,051
	3. Время на организацию рабочего места	0,04
	4. Время на отдых	0
	5. Штучное время	0,276
	6. Штучно-калькуляционное время	0,285
020	Токарная с ЧПУ	
	1. Основное время	0,393
	2. Вспомогательное время	0,109
	3. Время на организацию рабочего места	0,085
	4. Время на отдых	0
	5. Штучное время	0,587
	6. Штучно-калькуляционное время	0,605
025	Фрезерная	

	1. Основное время	0,019
	2. Вспомогательное время	0,001
	3. Время на организацию рабочего места	0,008
	4. Время на отдых	0
	5. Штучное время	0,028
	6. Штучно-калькуляционное время	0,029
050	Фрезерная чистовая	
	1. Основное время	0,019
	2. Вспомогательное время	0,001
	3. Время на организацию рабочего места	0,008
	4. Время на отдых	0
	5. Штучное время	0,028
	6. Штучно-калькуляционное время	0,029
060	Круглошлифовальная	
	1. Основное время	4,246
	2. Вспомогательное время	1,176
	3. Время на организацию рабочего места	0,914
	4. Время на отдых	0
	5. Штучное время	6,336
	6. Штучно-калькуляционное время	6,532

2. Проектирование специального станочного приспособления

Технологическая оснастка является важнейшим фактором успешного осуществления технического прогресса в машиностроении. В промышленности эксплуатируется более 25 миллионов специальных станочных приспособлений. Затраты на изготовление технологической оснастки приблизились к затратам на производство металлорежущих станков. Задача повышения эффективности и качества технологической оснастки стала одной из важнейших народнохозяйственных проблем.

Значительные трудовые и материальные затраты определяются тем, что технологическая оснастка оказывает влияние на производительность труда, качество и сокращение сроков освоения производства новых изделий. Технологическая оснастка способствует повышению производительности труда в машиностроении и ориентирует производство на интенсивные методы его ведения. На предприятиях машиностроения до 90% организационно технологических мероприятий, направленных на обеспечение роста производительности труда рабочих-станочников, связано либо с изменением конструкций, либо с изготовлением новых видов инструментов и приспособлений [7].

Применение технологической оснастки, особенно переналаживаемого типа не только обеспечивает, но и расширяет технологические возможности как универсальных, так и станков с ЧПУ, гибких производственных модулей и робототехнических систем. Повышение производительности труда при применении технологической оснастки обеспечивается следующим:

- сокращением вспомогательного времени на установку и закрепление заготовки в приспособлении;
- интенсификацией режимов резания за счет увеличения прочности, жесткости и виброустойчивости приспособлений;
- сокращением объема пригоночно-слесарных работ при сборке изделий за счет применения технологической оснастки повышенной точности;
- расширением многостаночного обслуживания станков с ЧПУ путем обработки группы деталей, установленной в многоместном приспособлении.

Для снижения вспомогательного времени необходимо:

- применять механизированные приводы закрепления заготовки;
- создавать удобные условия работы станочнику путем уменьшения различных отвлекающих факторов;
- обеспечивать оптимальное время срабатывания механизированных прижимов;
- применять "маятниковый" метод обработки, при котором время установки заготовки и съема готовой детали совмещается с основным технологическим временем;
- сокращать время на установку режущего инструмента путем закрепления на приспособлении специальных деталей-установов.

Последние широко применяют в крупносерийном и массовом производстве. Повышение режимов работы современных станков и механизмов, их качества, надежности и долговечности связано с ужесточением требований к точности деталей машин и механизмов. Точность механической обработки в значительной степени зависит от станочной оснастки.

Применение автоматического метода получения размеров и механизированного закрепления заготовок в приспособлении практически полностью устраняет влияние уровня квалификации рабочего на точность обработки. Качество деталей, в этом случае, в значительной степени зависит от станочного приспособления, его точности, способности сохранять ее в процессе обработки, места приложения и направления усилия зажима и т.д.

2.1. Анализ исходных данных и разработка технического задания

Рассмотрим последовательность проектирования приспособления и содержание его отдельных этапов.

Выбор группы приспособления в зависимости от типа производства осуществляется перед началом его конструирования. В условиях массового и крупносерийного производств используются специальные приспособления, в средне- и мелкосерийном, а также в единичном – переналаживаемые. Выбор

наиболее экономически целесообразной группы должен производиться на основе соответствующих экономических расчетов.

Выбор способа установки приспособления на станке также должен предшествовать началу его конструирования, так как от этого в некоторой степени зависят схема закрепления заготовки и конструкция зажимных устройств, а также общая компоновка приспособления.

Выбор баз и способа базирования заготовки. Базы могут быть указаны технологом, например, на операционном эскизе или выбираются конструктором. Для выбранных баз конструктор разрабатывает способ базирования заготовки, руководствуясь правилом ориентирования заготовок группой баз.

Выбор точки приложения и направления зажимного усилия производится обычно одновременно с выбором способа базирования. Необходимость согласования схемы закрепления и способа базирования заготовки обусловлена стремлением учесть многие факторы, влияющие на точность обработки, надежность закрепления, компактность приспособления, удобство установки и снятия заготовки и т.д.

Выбор конструкции опорных элементов осуществляется с учетом выбранного способа базирования по рекомендациям, приведенным в справочниках по приспособлениям, ГОСТах и отраслевых нормалях. Как правило, следует использовать стандартные и нормализованные опорные элементы.

Выбор контактного элемента, силового механизма и привода производится с учетом конкретных условий выполнения данной операции.

При этом исходными данными для выбора служат:

- величина зажимного усилия Q ;
- тип производства;
- размеры и конфигурация заготовки
- характер выполняемой операции.

Ручные зажимные устройства, требующие больших затрат вспомогательного времени на закрепление заготовки, используют в

единичном и мелкосерийном производствах. Ручные устройства с эксцентриковыми механизмами не следует применять в приспособлениях, предназначенных для станков, где приспособление с заготовкой вращается, так как под действием инерционных сил, приложенных к рукоятке эксцентрика, зажимное устройство может раскрепиться.

Для крупносерийного и массового производств предназначены зажимные устройства с быстродействующими приводами (пневматическими, гидравлическими и т.п.).

Кроме того, необходимо учитывать и правила техники безопасности. В частности, суммарные расчетные усилия зажимных элементов приспособлений должны превышать максимальные силы резания не менее чем в 2,5 раза; самотормозящиеся эксцентриковые быстродвижущиеся устройства допускается применять при развиваемом расчетном усилии зажима, не превышающем 220 Н (22 кгс), а гайки-барашки и гайки-звездочки – при усилии зажима не более 100 Н (10 кгс).

Данное приспособление предназначено для базирования валов по наружной цилиндрической поверхности и их закрепления при фрезеровании шпоночных пазов.

2.2. Разработка принципиальной схемы и компоновки приспособления

В приспособлении заготовка устанавливается на призму 8 и упирается торцом в торцовую поверхность призмы. Под действием давления сжатого воздуха, подаваемого в пневмоцилиндр, поршень 5 вместе со штоком перемещается вправо. Перемещаясь поршень двигает клин 17. При движении клина 17 вправо ползуны расходятся, поворачивая рычаги и осуществляется зажим заготовки. При движении поршня и штока влево происходит открепление заготовки. Приспособление устанавливается на стол 4 вертикально-фрезерного станка и крепится при помощи четырёх болтов.

2.3. Проектирование специального приспособления

Базирующими элементами приспособлений называются детали и механизмы, обеспечивающие правильное и однообразное расположение заготовок относительно инструмента. Длительное сохранение точности размеров этих элементов и их взаимного расположения является важнейшим требованием при конструировании и изготовлении приспособлений. Соблюдение этих требований предохраняет от брака при обработке и сокращает время и средства, затрачиваемые на ремонт приспособления. Поэтому для установки заготовок не допускается непосредственное использование корпуса приспособления.

Базирующие или установочные элементы приспособления должны обладать высокой износоустойчивостью рабочих поверхностей и поэтому изготавливаются из стали и подвергаются термической обработке для достижения необходимой поверхностной твердости. При установке заготовка опирается на установочные элементы приспособлений, поэтому эти элементы называют опорами. Опоры можно разделить на две группы: группу основных и группу вспомогательных опор.

Основными опорами называются установочные или базирующие элементы, лишаящие заготовку при обработке всех или нескольких степеней свободы в соответствии с требованиями к обработке. В качестве основных опор для установки заготовок плоскими поверхностями в приспособлениях часто используются штыри и пластины.

Зажимными устройствами или механизмами называют механизмы, устраняющие возможность вибрации или смещения заготовки относительно установочных элементов приспособления под действием собственного веса и сил, возникающих в процессе обработки (сборки). Необходимость применения зажимных устройств исчезает в двух случаях:

Когда обрабатывают (собирают) тяжелую, устойчивую заготовку (сборочную единицу), по сравнению с весом которой силы механической обработки (сборки) малы;

Когда силы, возникающие при обработке (сборке) приложены так, что они не могут нарушить положение заготовки, достигнутое базированием.

К зажимным устройствам предъявляются следующие требования:

- при зажиме не должно нарушаться положение заготовки, достигнутое базированием. Это удовлетворяется рациональным выбором направления и точки приложения силы зажима;

- зажим не должен вызывать деформации закрепляемых в приспособлении заготовок или порчи (смятия) их поверхностей;

- сила зажима должна быть минимальной необходимой, но достаточной для обеспечения надежного положения заготовки относительно установочных элементов приспособлений в процессе обработки;

- зажим и открепление заготовки необходимо производить с минимальной затратой сил и времени рабочего. При использовании ручных зажимов усилие руки не должно превышать 147 Н (15 кгс);

- силы резания не должны, по возможности, воспринимать зажимные устройства;

- зажимной механизм должен быть простым по конструкции, максимально удобным и безопасным в работе.

Выполнение большинства этих требований связано с правильным определением величины, направления и места положения сил зажима. Широкое распространение винтовых устройств объясняется их сравнительной простотой, универсальностью и безотказностью в работе. Однако простейший зажим в виде индивидуального винта, действующего на деталь непосредственно, применять не рекомендуется, так как в месте его действия деталь деформируется и, кроме того, под влиянием момента трения, возникающего на торце винта, может быть нарушено положение обрабатываемой детали в приспособлении относительно инструмента.

Корпуса приспособлений являются основной частью приспособлений, на которой крепят все остальные элементы. Он воспринимают все усилия, действующие на деталь при ее закреплении и обработке и обеспечивают

заданное относительное расположение всех элементов и устройств приспособлений, объединяя их в единое целое.

Корпуса приспособлений снабжают установочными элементами, которые обеспечивают базирование приспособления, т. е. требуемое его положение на станке без выверки. Корпуса приспособлений делают литыми из чугуна, сварными из стали или сборными из отдельных элементов, скрепляемых болтами. Поскольку корпус воспринимает силы, возникающие при закреплении и обработке заготовки, он должен быть прочным, жестким, износостойким, удобным для отвода СОЖ и очистки от стружки. Обеспечивая установку приспособления на станок без выверки, корпус должен сохранять устойчивость при различных положениях. Корпуса могут быть литыми, сварными, коваными, сборными на винтах или с гарантированным натягом. Литой корпус имеет достаточную жесткость, но отличается сложностью изготовления. Корпуса из чугуна СЧ 12 и СЧ 18 применяют в приспособлениях для обработки заготовок мелких и средних размеров [8].

Чугунные корпуса имеют преимущества перед стальными: они дешевле, им легче придать более сложную форму, их легче изготовить. Недостаток чугунных корпусов - возможность коробления, поэтому после предварительной механической обработки их подвергают термической обработке (естественному или искусственному старению). Сварной стальной корпус менее сложный в изготовлении, но и менее жесткий, чем литой чугунный. Детали для таких корпусов вырезают из стали толщиной 8... 10 мм. Сварные стальные корпуса по сравнению с литыми чугунными имеют меньшую массу [9].

Составляющей частью выпускной квалификационной работы является проектирование специального станочного приспособления. В данном технологическом процессе, специальное приспособление (рисунок 25) потребуется на операцию фрезерную чистовую, для обеспечения центрирования вала по шпоночному пазу, чтобы точно произвести обработку перпендикулярно горизонту.

На рисунке 26 изображено приспособление 2, на которое устанавливается заготовка, представляет собой деталь с призматическими поверхностями для наружных диаметров 15 мм и 25 мм. Деталь смазывается для того чтобы не испортить цилиндрические поверхности трением, и прижимается прижимной пластиной 1 и шпоночным соединением 3, при помощи болтов 4, а затем шпоночное соединение откручивается и затягивается обратной стороной, для того чтобы был доступ к шпоночному пазу в заготовке. После чего производится чистовая обработка паза.

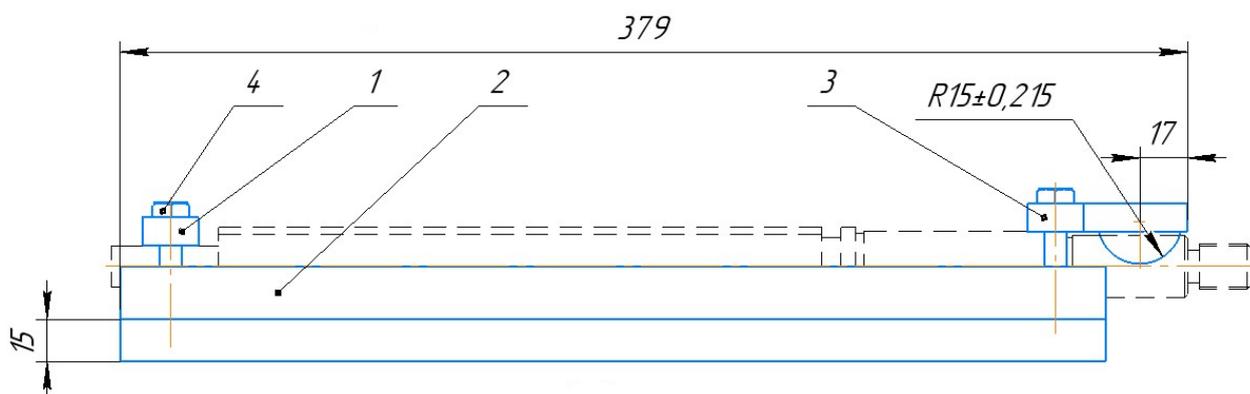


Рисунок 25 – Схема приспособления для фрезерной чистовой операции

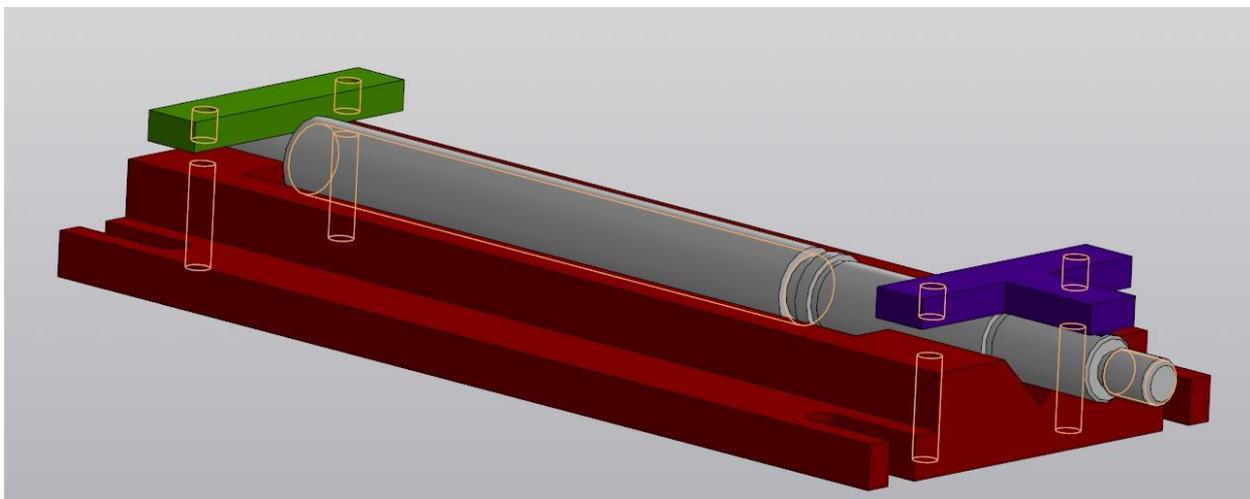


Рисунок 26 – 3D – модель приспособления для фрезерной чистовой операции

Заключение.

В результате выполнения данного курсового проекта был проведен полный анализ и разработка технологического процесса получения детали «Винт» в условиях среднесерийного производства. Важнейшим этапом проектирования технологии является назначение маршрутного техпроцесса обработки, выбор оборудования, режущего инструмента и станочных приспособлений.

В ходе курсового проектирования была проведена проверка соответствия выбранной заготовки размерам получаемой детали путем расчетов припусков.

В курсовом проекте были рассчитаны режимы резания. Расчет режимов резания позволил не только установить оптимальные параметры процесса резания, но и определить основное время на каждую операцию, сократив тем самым время обработки.

Кроме того, было спроектировано станочное приспособление для выполнения одной из операций технологического процесса. Как показывает практика, применение подобных станочных приспособлений способствует уменьшению времени на выполнение данной операции, что в свою очередь положительным образом влияет на конечную цену готового изделия.

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»**

Студенту:

Группа		ФИО	
3-4А7Б		Свиридов Дмитрий Леонидович	
Школа	ИШНПТ	Отделение (НОЦ)	Отделение машиностроения
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	15.03.01 Машиностроение

Тема ВКР:

<i>Проектирование технологического процесса изготовления детали «Винт»</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>технологический процесс</u> детали «Винт»</i></p> <p><i>Область применения <u>машиностроительное предприятие.</u></i></p> <p><i>Рабочая зона: <u>лаборатория 16 корпуса ТПУ.</u></i></p> <p><i>Размеры помещения <u>6x5x4 м</u></i></p> <p><i>Количество и наименование оборудования рабочей зоны <u>ПЭВМ – 6 шт.</u></i></p> <p><i>Рабочие процессы, связанные с объектом исследования, осуществляющиеся в рабочей зоне проектирование тех. Процесса детали «Винт».</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 Рабочее место при выполнении работ сидя - СП 2.4.3648-20 «Санитарно-эпидемиологические требования к организациям воспитания и обучения, отдыха и оздоровления детей и молодежи». - 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"> - Отклонение показателей микроклимата - Превышение уровня шума - Повышенный уровень электромагнитного излучения - Недостаточная освещенность рабочей зоны - Психофизиологические факторы <p>Опасные факторы:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека
<p>3. Экологическая безопасность при разработке проектного решения:</p>	<p><i>Воздействие на литосферу: <u>бытовые отходы. Отходы, образующиеся при поломке ПЭВМ.</u></i></p>

	<i>Воздействие на гидросферу: <u>отсутствует</u></i> <i>Воздействие на атмосферу: <u>отсутствует</u></i>
4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях при эксплуатации	Возможные ЧС: <u>разрушение зданий и сооружений учебного корпуса, аварии в системах жизнеобеспечения</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 ООД ШБИП	Антоневич Ольга Алексеевна	к.б.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-4А7Б	Свиридов Дмитрий Леонидович		

3. Социальная ответственность

Введение

Одним из направлений государственной политики в области охраны труда является сохранение жизни и здоровья работника. Безопасность работника в условиях любого современного производства обеспечивается правовой, социально-экономической, организационно-технической, санитарно-гигиенической, лечебно-профилактической защитой.

Целью выпускной квалификационной работы является разработка эффективного технологического процесса изготовления детали типа «Винт».

В данной работе представленная деталь «Винт» представляет собой тело вращения, изготавливаемое из стали. Данная деталь применяется в вертикально-сверлильных станках. В зависимости от марки станка, винт может использоваться как вертикальная направляющая, по которой перемещается стол, либо для перемещения сверлильной головки.

Рабочей зоной является лаборатория 16 корпус ТПУ где располагается несколько рабочих компьютеров в количестве 6 шт. со специализированными программами для проектирования технологического процесса детали. Размеры помещения 6х5х4 м.

3.1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

Согласно «ГОСТ 12.2.032-78. Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования», место для работы за ПК и взаиморасположение всех его элементов должно соответствовать антропометрическим, физическим и психологическим требованиям. При обустройстве рабочего места инженера, необходимо соблюсти основные условия: выбрать наилучшее местоположение оборудования и обеспечить свободное рабочее пространство.

Эргономическими аспектами проектирования рабочих мест, в частности, являются: высота рабочей поверхности, размеры пространства для ног, требования к расположению документов на рабочем месте, характеристики рабочего кресла, требования к поверхности рабочего стола, регулируемость элементов рабочего места.

Сидячее положение вызывает минимальное утомление рабочего. Рациональная планировка рабочего места предусматривает четкий порядок и постоянство размещения предметов, средств труда и документации. То, что требуется для выполнения работ чаще, расположено в зоне легкой досягаемости рабочего пространства (рис. 27).

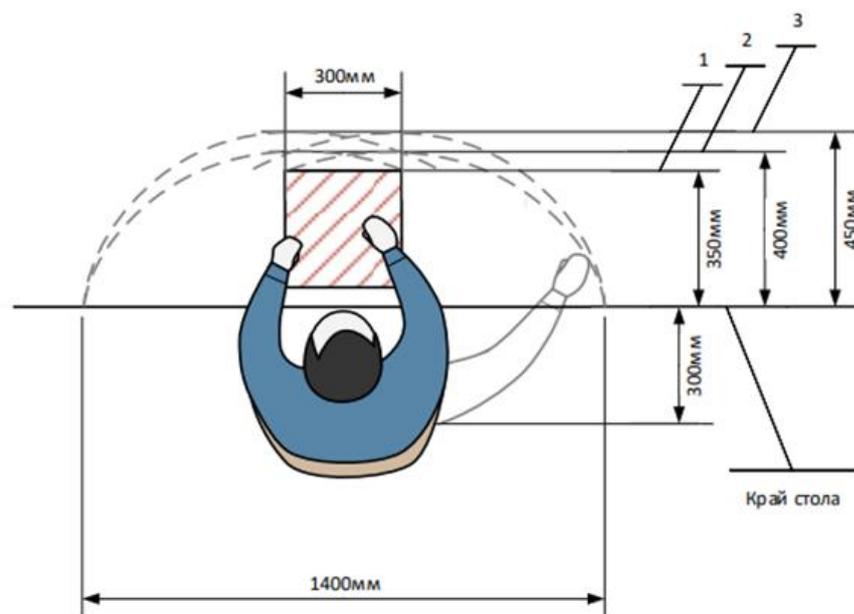


Рисунок 27 – Зоны досягаемости рук: 1 – оптимальная, 2 – нормальная, 3 – максимальная

Оптимальное размещение предметов труда и документации в зонах досягаемости, рисунок 28:

- 1) персональный компьютер размещается в центре;
- 2) «мышь» – в оптимальной зоне справа;
- 3) документация в зоне справа;
- 4) испытательный стенд в зоне слева;
- 5) рабочая зона.

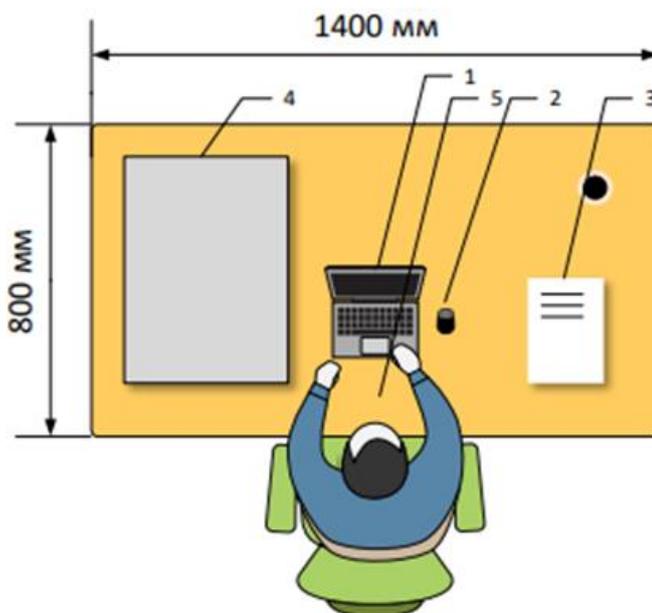


Рисунок 28 – Размещение основных и периферийных составляющих рабочего места

Для комфортной работы стол должен удовлетворять следующим условиям:

- высота стола должна быть выбрана с учетом возможности сидеть свободно, в удобной позе, при необходимости опираясь на подлокотники;
- нижняя часть стола должна быть сконструирована так, чтобы человек мог удобно сидеть, не был вынужден поджимать ноги;
- поверхность стола должна обладать свойствами, исключающими появление бликов в поле зрения работника;
- высота рабочей поверхности рекомендуется в пределах 680 – 760мм.

Большое значение придается характеристикам рабочего кресла. Так, рекомендуемая высота сиденья над уровнем пола находится в пределах 420-

550мм. Поверхность сиденья мягкая, передний край закругленный, а угол наклона спинки – регулируемый.

Положение экрана определяется:

- расстоянием считывания (0,6...0,7м);
- углом считывания, направлением взгляда на 20 градусов ниже горизонтали к центру экрана, причем экран перпендикулярен этому направлению. Должна также предусматриваться возможность регулирования экрана:

- по высоте +3 см;
- по наклону от -10° до +20° относительно вертикали;
- в левом и правом направлениях.

Большое значение также придается правильной рабочей позе пользователя. При неудобной рабочей позе могут появиться боли в мышцах, суставах и сухожилиях.

Требования к рабочей позе пользователя следующие:

- голова не должна быть наклонена более чем на 20 градусов;
- плечи должны быть расслаблены;
- локти - под углом 80° ...100°.

Во время пользования компьютером медики советуют устанавливать монитор на расстоянии 50-60 см от глаз. Специалисты также считают, что верхняя часть видеодисплея должна быть на уровне глаз или чуть ниже. Когда человек смотрит прямо перед собой, его глаза открываются шире, чем, когда он смотрит вниз. За счет этого площадь обзора значительно увеличивается, вызывая обезвоживание глаз. К тому же если экран установлен высоко, а глаза широко открыты, нарушается функция моргания. Это значит, что глаза не закрываются полностью, не омываются слезной жидкостью, не получают достаточного увлажнения, что приводит к их быстрой утомляемости. Пример правильного расположения работника за ПК представлен на рисунке 29.

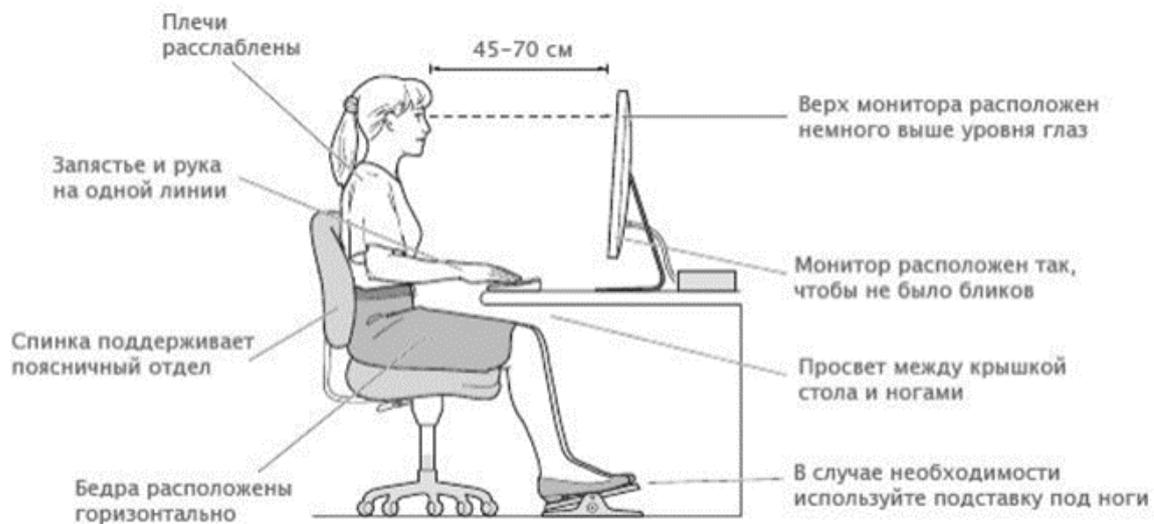


Рисунок 29 – Пример правильного расположения работника за персональным компьютером

3.2. Производственная безопасность

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

Для идентификации опасных и вредных факторов необходимо использовать ГОСТ 12.0.003-2015 «Опасные и вредные производственные факторы. Классификация». Перечень опасных и вредных факторов, характерных для данной производственной среды представлена в таблице 13.

Таблица 13 – Возможные опасные и вредные факторы

Факторы	Нормативные документы
Повышенный уровень электромагнитного излучения	<ul style="list-style-type: none">- СП 2.4.3648-20 «Санитарно-эпидемиологические требования к организациям воспитания и обучения, отдыха и оздоровления детей и молодежи».- СанПиН 1.2.3685-21 "Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания".- СН 2.2.4/2.1.8.562–96. Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории застройки.- СанПиН 2.2.4.548–96. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений.- ГОСТ 12.1.038-82 ССБТ. Электробезопасность Предельно допустимые уровни напряжений прикосновения и токов.- СП 52.13330.2016. Естественное и искусственное освещение.
Недостаточная освещенность рабочей зоны	
Превышение уровня шума	
Отклонение показателей микроклимата	
Повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека	
Психофизиологические факторы	

3.2.2. Отклонение показателей микроклимата

Значимым физическим фактором является микроклимат рабочей зоны (температура, влажность и скорость движения воздуха).

Для создания и поддержания в лаборатории, 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. Оптимальные и допустимые нормы микроклимата представлены в таблице 14.

Таблица 14 – Оптимальные величины показателей микроклимата на рабочих местах производственных помещений

Период года	Категория работ по уровню энергозатрат, Вт	Температура воздуха, °С	Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с
Холодный	Ia (до 139)	20-23	60-40	0,2
Теплый	Ia (до 139)	22-25	60-40	0,2

Научно-исследовательская лаборатория восьмого корпуса ТПУ является помещением I а категории (таблица 3), согласно СанПиН 2.4.2.2821-10. Допустимые величины интенсивности теплового облучения работающих на рабочих местах от производственных источников, нагретых до темного свечения (материалов, изделий и др.) представлены в таблице 16. Для оценки воздействия параметров микроклимата в целях осуществления мероприятий по защите, работающих от возможного перегревания, используется ТНС-индекс, нормативные величины которого приведены в таблице 15.

Таблица 15 – Допустимые величины ТНС-индекса

Категория работ по уровню энергозатрат, Вт.	Величины интегрального показателя, °С
Ia (до 139)	22,2-26,4

В лаборатории проводится ежедневная влажная уборка и систематическое проветривание после каждого часа работы.

3.2.3. Недостаточная освещенность рабочей зоны

Неудовлетворительное освещение может исказить информацию, кроме того, оно вызывает утомление всего организма в целом. Освещение должно обеспечивать выполнение работы без напряжения зрения. Применяют два

вида освещения: естественное и искусственное. Для искусственного освещения применяют электрические люминесцентные лампы. Оценка освещенности рабочей зоны необходима для обеспечения нормативных условий работы в помещениях и проводится в соответствии с СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03.

По нормативу СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278 – 03 освещенность на поверхности стола в зоне размещения рабочего оборудования должна быть 300 лк. Освещение не должно создавать бликов на поверхности экрана. Освещенность поверхности экрана не должна быть более 300 лк.

Яркость светильников общего освещения в зоне углов излучения от 50 до 90° с вертикалью в продольной и поперечной плоскостях должна составлять не более 200 кд/м, защитный угол светильников должен быть не менее 40°. Коэффициент запаса (Кз) для осветительных установок общего освещения должен приниматься равным 1,4. Коэффициент пульсации не должен превышать 5%.

3.2.4. Повышенный уровень шума

Шум с уровнем звукового давления до 30...35 дБ привычен для человека и не беспокоит его. Повышение этого уровня до 40...70 дБ в условиях среды обитания приводит к неблагоприятным для организма последствиям. Шум создает значительные нагрузки на нервную систему человека, оказывает на него психологическое воздействие.

Основным источником шума в комнате являются вентиляторы охлаждения от ЭВМ. Уровень шума колеблется от 20 до 30 дБА. Согласно СН 2.2.4/2.1.8.562-96, при выполнении основной работы на ПЭВМ уровень звука на рабочем месте не должен превышать 50 дБА. Следовательно, можно считать, что рабочее место соответствует указанным нормам.

Шум, являясь общебиологическим раздражителем, оказывает влияние не только на слуховой анализатор, но действует на структуры головного мозга, вызывая сдвиги в различных функциональных системах организма. Среди многочисленных проявлений неблагоприятного воздействия шума

на организм человека выделяются: снижение разборчивости речи, неприятные ощущения, развитие утомления и снижение производительности труда, появление шумовой патологии. Предельно допустимые уровни шума для объектов типа аудитории для теоретических разработок нормируются ГОСТ 12.1.003-2014, СанПиН 2.2.4/2.4.1340-03. Значения представлены в табл. 16 (для постоянных шумов).

Таблица 16 – Значения ПДУ шума

Рабочее место	Уровни звукового давления (дБ) в октавных полосах со среднегеометрическими частотами, Гц									Уровни звука дБА
	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
Конструкторские бюро, лаборатории	86	71	61	54	49	45	42	40	38	50

Меры снижения шума на рабочем месте. Один из способов снизить шум на рабочем месте, можно с помощью уменьшение шума в источнике. Рекомендуется такое мероприятие, как использование наименее шумного оборудования. В частности, установку вентиляторов меньшей мощности, удовлетворяющих условиям работы оборудования.

В данной работе уровень шума на рабочем месте соответствует указанным нормам.

3.2.5. Повышенный уровень электромагнитного излучения.

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

Плотность магнитного потока не должна превышать в диапазоне от 5 Гц до 2 кГц 250 нТл, и 25 нТл в диапазоне от 2 до 400 кГц. Поверхностный электростатический потенциал не должен превышать 500 В [6]. В ходе работы использовалась ПЭВМ со следующими характеристиками: напряженность электромагнитного поля 2,5 В/м; поверхностный потенциал составляет 450 В.

Согласно ГОСТ 12.1.007-76., конструкция ПЭВМ должна обеспечивать мощность экспозиционной дозы рентгеновского излучения в любой точке на расстоянии 0,05 м от корпуса не более 0,1 мбэр/ч (100мкР/ч). Предел дозы облучения для работников ВЦ (операторы, программисты) составляет 0,5 бэр/год.

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

Нормы электромагнитных полей, создаваемых ПЭВМ приведены в табл. 17, в соответствии с СП 2.4.3648-20.

Таблица 17 – Допустимые уровни ЭМП, создаваемые ПЭВМ на рабочих местах

Наименование параметров		ВДУ ЭМП
Напряжённость электрического поля	В диапазоне частот 5 Гц – 2 кГц	25 В/м
	В диапазоне частот 2 кГц – 400 кГц	2,5 В/м
Плотность магнитного потока	В диапазоне частот 5 Гц – 2 кГц	250 нТл
	В диапазоне частот 2 кГц – 400 кГц	25 нТл
Электростатический потенциал экрана видеомонитора		500 В

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

ГОСТ 12.1.038-82 устанавливает предельно допустимые уровни напряжений прикосновения и токов, протекающих через тело человека.

Во время нормального режима работы оборудования опасность

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

Поражение человека током может произойти в следующих случаях: при прикосновении к токоведущим частям во время ремонта ПЭВМ; при прикосновении к нетоковедущим частям, находящимся под напряжением, то есть в случае нарушения изоляции; при соприкосновении с полом и стенами, оказавшимися под напряжением; при возникновении короткого замыкания в электроприборе.

Основными мероприятиями по обеспечению электробезопасности являются:

изоляция токоведущих частей, исключающее возможное соприкосновение с ними; установки защитного заземления; наличие общего рубильника; своевременный осмотр технического оборудования, изоляции.

Значения напряжения прикосновения и силы тока, протекающего через тело человека при нормальном (неаварийном) режиме работы электроустановки, не должны превышать значений, приведенных в табл. 18.

Таблица 18 – Предельно допустимые значения напряжения соприкосновения и силы тока

Род и частота тока	Наибольшие допустимые значение	
	$U_{пр}$, В	I_h , мА
Переменный, 50 Гц	2	0,3
Переменный, 400 Гц	3	0,4

3.3. Экологическая безопасность

Работа в лаборатории сопряжена с образованием и выделением газообразных, жидких и твердых отходов.

Газообразные отходы, загрязняющие воздух помещения: естественные выделения - углекислый газ, пары воды, летучие органические соединения и др. Перед выбросом воздух помещений подвергается обязательной очистке в фильтровентиляционных системах, что предотвращает атмосферу от

загрязнения.

Отработанные люминесцентные лампы; офисная техника, комплектующие и запчасти, утратившие в результате износа потребительские свойства – надлежит руководствоваться Постановлением Администрации г. Томска от 11.11.2009 г. №1110 (с изменениями от 24.12.2014): бытовой мусор после предварительной сортировки складировать в специальные контейнеры для бытового мусора (затем специализированные службы вывозят мусор на городскую свалку); утратившее потребительские свойства офисное оборудование передают специальным службам (предприятиям) для сортировки, вторичного использования или складирования на городских мусорных полигонах.

Отработанные люминесцентные лампы утилизируются в соответствии с Постановлением Правительства РФ от 03.09.2010 №681. Люминесцентные лампы, применяемые для искусственного освещения, являются ртутьсодержащими и относятся к 1 классу опасности. Ртуть люминесцентных ламп способна к активной воздушной и водной миграции. Интоксикация возможна только в случае разгерметизации колбы, поэтому основным требованием экологической безопасности является сохранность целостности отработанных ртутьсодержащих ламп. Отработанные газоразрядные лампы помещают в защитную упаковку, предотвращающую повреждение стеклянной колбы, и передают специализированной организации для обезвреживания и переработки. В случае боя ртутьсодержащих ламп осколки собирают щеткой или скребком в герметичный металлический контейнер с плотно закрывающейся крышкой, заполненный раствором марганцево-кислого калия. Поверхности, загрязненные боем лампы, необходимо обработать раствором марганцево-кислого калия и смыть водой. Контейнер и его внутренняя поверхность должны быть изготовлены из не адсорбирующего ртуть материала (винипласта).

Несмотря на кажущуюся малость вклада в энергосбережение и в защиту атмосферного воздуха от загрязнения массовое движение в этом направлении, в том числе, в быту, принесет значимый эффект.

3.4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях

Наиболее вероятные чрезвычайные ситуации при разработке и исследовании испытательного оборудования: возникновение пожара (загорания).

Основными причинами пожара могут быть: перегрузка проводов, короткое замыкание, большие переходные сопротивления в электрических цепях, электрическая дуга, искрение и неисправности оборудования.

Организационно-технические мероприятия: наглядная агитация и инструктаж работающих по пожарной безопасности, разработка схемы действий администрации и работающих в случае пожара и организация эвакуации людей, организация внештатной пожарной дружины.

В соответствии с ТР «О требованиях пожарной безопасности» для административного жилого здания требуется устройство внутреннего противопожарного водопровода.

Согласно ФЗ-123, НПБ 104-03 «Проектирование систем оповещения людей о пожаре в зданиях и сооружениях» для оповещения о возникновении пожара в каждом помещении должны быть установлены дымовые оптико-электронные автономные пожарные извещатели, а оповещение о пожаре должно осуществляться подачей звуковых и световых сигналов во все помещения с постоянным или временным пребыванием людей.

Лаборатория восьмого корпуса ТПУ оснащена первичными средствами пожаротушения: огнетушителем ОУ-3, 1шт. (предназначен для тушения любых материалов, предметов и веществ, применяется для тушения ПК и оргтехники, класс пожаров А, Е.). В корпусе № 8 ФГАОУ ВО НИ ТПУ имеется пожарная автоматика, сигнализация. В случае возникновения загорания необходимо обесточить электрооборудование, отключить систему вентиляции, принять меры тушения (на начальной стадии) и обеспечить срочную эвакуацию в соответствии с планом эвакуации.

Заключение

В результате выполнения раздела «Социальная ответственность» были проанализированы вредные и опасные факторы, воздействующие на исследователя, в момент выполнения его работы, согласно действующей нормативно – технической документации. Рассмотрены правовые и организационные моменты по обеспечению безопасности труда. Так же предложены основные меры по профилактике и ликвидации воздействий пагубных факторов на организм человека, таких как шум, вибрация, микроклимат, освещение и т.д. В данном разделе были проанализированы такие вопросы как экологическая безопасность, безопасность в чрезвычайных ситуациях. Для этого рассмотрены возможные случаи их возникновения и проработаны методы по их предотвращению.

Отталкиваясь от всего вышесказанного, можно прийти к выводу, что, с точки зрения эффективности трудовой деятельности работника, правильная организация рабочего места играет колоссальную роль. Правильные условия труда способствуют повышению эффективности и производительности работ научного сотрудника. При соблюдении всех вышеперечисленных мер безопасности, научный сотрудник будет полностью защищен от влияния опасных и вредных факторов, чрезвычайных ситуаций, несчастных случаев. Так же будут соблюдаться экологические нормы безопасности.

Данный раздел имеет большую значимость в практическом применении, так как предоставленный материал соответствует нормативным документам, которые регламентируют влияние на человека, каждого выявленного опасного или вредного фактора.

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

Студенту

Группа	ФИО
3-4А7Б	Свиридову Дмитрию Леонидовичу

Школа	ИШНПТ	Отделение (НОЦ)	Отделение 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>	Отчисления 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 и оценка конкурентоспособности НИ; SWOT-анализ.
<i>2. Планирование и формирование бюджета научных исследований</i>	Формирование плана и графика разработки: -определение трудоемкости работ; -определение структуры работ; -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):	
<ol style="list-style-type: none"> 1. Оценка конкурентоспособности НИ 2. Матрица SWOT 3. Диаграмма Ганта 	

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

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата

Доцент ОСГН ШБИП	Клемашева Елена Игоревна	к.э.н.		
---------------------	-----------------------------	--------	--	--

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-4А7Б	Свиридов Дмитрий Леонидович		

4. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

Введение

Целью финансового менеджмента является оценка проектируемого технологического процесса изготовления детали «Винт» с точки зрения финансового менеджмента и ресурсоэффективности. Для решения цели были поставлены следующие задачи:

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

- проанализировать конкурентные технические решения проекта;
- выполнить планирование и организацию научного исследования;
- создать диаграмму Гантта;
- определить бюджет научного проекта;
- определить ресурсоэффективность проекта.

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

4.1.1. Анализ конкурентных технических решений

В настоящее время возможность реализации любого проекта в основном зависит не от его технической сущности, а от экономической эффективности и привлекательности, коммерческого потенциала и ресурсоэффективности. Именно такой вектор развития имеет сегодняшняя промышленность, что и задает суть научно-технических исследований, направляя их в сферу повышения эффективности работы, увеличения сроков эксплуатации, повышения ремонтпригодности и упрощения обслуживания.

Выбор оптимальной технологии, в рассмотрении его позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения, осуществляется на основе анализа конкурентных технических решений.

Такой анализ помогает вносить коррективы в проект, что позволяет развивать выбранное решение, дорабатывая определенные его части в ходеработ. Важно реалистично оценить сильные и слабые стороны разработок конкурентов.

Критерии для анализа подбираются исходя из выбранных объектов сравнения с учетом их технических и экономических особенностей разработки, создания и эксплуатации.

С этой целью может быть использована вся имеющаяся информация о конкурентных разработках:

- технические характеристики разработки;
- конкурентоспособность разработки;
- бюджет разработки;
- уровень проникновения на рынок;
- финансовое положение конкурентов, тенденции его изменения и т.д.

Целесообразно проводить данный анализ с помощью оценочной карты. Для сравнения выбран производитель – компания «Томфрезер», г. Томск.

Таблица 19 – Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы		Конкурентоспособность	
		Б _ф	Б _к	К _ф	К _к
1	2	3	4	5	6
Технические критерии оценки ресурсоэффективности					
1. Производительность	0,12	4	3	0,57	0,47
2. Удобство в эксплуатации	0,15	5	4	0,50	0,40
3. Срок службы	0,10	4	5	0,65	0,59
4. Безопасность	0,15	5	4	0,52	0,49
Экономические критерии оценки эффективности					
1. Конкурентоспособность продукта	0,10	4	3	0,21	0,17
2. Уровень проникновения на рынок	0,05	3	3	0,19	0,22
3. Цена	0,13	2	3	0,41	0,32
4. Предполагаемый срок эксплуатации	0,09	5	4	0,37	0,21
5. Финансирование научной разработки	0,08	3	3	0,24	0,16
6. Срок выхода на рынок	0,03	3	4	0,17	0,14
Итого	1	38	36	3,83	3,17

Анализ конкурентных технических решений определяется по формуле:

$$K = \sum V_i \cdot B_i$$

где K – конкурентоспособность научной разработки или конкурента;

V_i – вес показателя (в долях единицы);

B_i – балл i -го показателя.

Данный анализ конкурентных технических решений помог выяснить, что исследование является перспективным и актуальным, так же имеет конкурентоспособность.

4.2. SWOT-анализ

Для исследования внешней и внутренней среды проекта, в этой работе проведен SWOT-анализ с помощью которого можно оценить сильные и слабые стороны, а так же все возможности и угрозы. Для этого, составляется

SWOT матрица, в которую описаны слабые и сильные стороны проекта и выявленные возможности и угрозы, приведены в таблице 20.

В таблице представлены основные факторы, которые целесообразно учитывать в SWOT-анализе данного исследования:

Таблица 20 – SWOT-анализа

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

Таблица 22 – Связь слабых сторон с возможностями

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

Таблица 23 – Связь сильных сторон с угрозами

Сильные стороны проекта						
Угрозы		С1	С2	С3	С4	С5
	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

	<p>Сильные стороны проекта: С1. Высокое качество; С2. Большинство конструкторских размеров выдерживается непосредственно; С3. Безопасность; С4. Функциональные возможности разработки; С5. Невысокие требования</p>	<p>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</p>
--	---	--

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 наряду 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 нашем случае могут помочь невысокие требования точности, а также непосредственное выдерживание конструкторских размеров.

На основании выводов мы видим, 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 данном разделе составлен перечень этапов и работ в рамках проведения научного исследования, проведено распределение исполнителей по видам работ. Порядок составления этапов и работ, распределение исполнителей по данным видам работ приведен в таблице 27.

Таблица 27 - Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ раб	Содержание работ	Должность исполнителя
Разработка технического задания	1	Составление и утверждение технического задания	Руководитель
Выбор направления исследований	2	Ознакомление с литературой	Исполнитель
	3	Консультирование по возникшим вопросам	Руководитель
Технологическая часть	4	Анализ технологичности конструкции	Исполнитель
	5	Предварительное определение типа производства	Исполнитель
	6	Выбор заготовки	Руководитель, Исполнитель
	7	Разработка технологического маршрута изготовления детали	Исполнитель
	8	Размерный анализ и составления графика	Исполнитель
	9	Назначение допусков	Исполнитель
	10	Расчет припусков	Исполнитель
	11	Размерный анализ	Исполнитель
	12	Уточнение оборудования, оснастки, инструмента	Руководитель, Исполнитель
	13	Выбор режимов резания	Исполнитель
	14	Расчет норм времени	Исполнитель
Конструкторская часть	15	Ознакомление с необходимой литературой	Исполнитель
	16	Проектирование приспособления	Исполнитель
	17	Расчёты	Исполнитель

Обобщение и оценка результатов	18	Оформление документации в виде операционных карт, пояснительной записки и приложений	Исполнитель
	19	Оценка эффективности полученных результатов	Руководитель, Исполнитель

4.3.2. Определение трудоемкости выполнения работ и разработка графика проведения проекта

В данном разделе определим трудоемкость работы инженера и руководителя и построим диаграмму Ганта, которая характеризует даты начала и окончания выполнения работ.

В приведённой ниже таблице приведены расшифровки величин, которые используются в таблице 28.

Таблица 28 – Обозначение величин

Обозначение	Расшифровка	Единицы измерения
$t_{ож}$	Ожидаемая трудоемкость выполнения i -ой работы	чел.-дни
t_{mini}	Минимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы	чел.-дни
t_{maxi}	Максимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы	чел.-дни
T_{ki}	Продолжительность выполнения i -й работы в календарных днях	дни
T_{pi}	Продолжительность выполнения i -й работы в рабочих днях	дни

Таблица 29 – Временные показатели проекта

№ работы	Трудоёмкость работ						Длительность работ в рабочих днях T_{pi}	Длительность работ в календарных днях T_{ki}		
	t_{mini} человеко-дни		t_{maxi} человеко-дни		$t_{ож}$ человеко-дни					
	Руководитель	Исполнитель	Руководитель	Исполнитель	Руководитель	Исполнитель				
1	1		7		3,4		3,4		5	
2		3		7		4,6		4,6		7

3	1		2		1,4		1,4		2	
4		2		7		4		4		6
5		1		2		1,4		1,4		2
6	1	1	2	2	1,4	1,4	0,7	0,7	1	1
7		1		3		1,8		1,8		3
8		1		2		1,4		1,4		2
9		1		2		1,4		1,4		2
10		2		5		3,2		3,2		5
11		4		7		5,2		5,2		7
12	3	3	6	6	4,2	4,2	2,1	2,1	3	3
13		3		6		4,2		4,2		6
14		2		4		2,8		2,8		4
15		2		6		3,6		3,6		5
16		1		2		1,4		1,4		2
17		5		10		7		7		9
18		1		2		1,4		1,4		2
19	2	2	3	3	2,4	2,4	1,2	1,2	2	2
Итого дней (руководитель)									25	
Итого дней (исполнитель)									64	
Итого дней (проект)									89	

На основе таблицы 29 составим календарный план-график выполнения проекта, представленный в виде рисунка 30.

№ работы	Содержание работы	Должность исполнителя	Т _к , кал.-дн.	Месяц								
				Февраль			Март			Апрель		
				1	2	3	1	2	3	1	2	
1	Составление и утверждение ТЗ	Руководитель	5	■								
2	Ознакомление с литературой	Исполнитель	7	■	■							
3	Консультирование по возникшим вопросам	Руководитель Исполнитель	2	■	■	■	■	■	■	■	■	■
4	Анализ технологичности конструкции	Исполнитель	6		■	■						
5	Предварительное определение типа производства	Исполнитель	2		■							
6	Выбор заготовки	Руководитель, Исполнитель	1			■						
7	Разработка технологического маршрута изготовления детали	Исполнитель	3			■	■					
8	Размерный анализ и составления графа	Исполнитель	2			■	■					
9	Назначение допусков	Исполнитель	2				■	■				
10	Расчёт припусков	Исполнитель	5					■	■			
11	Размерный анализ	Исполнитель	7						■	■		
12	Уточнение оборудования, оснастки, инструмента	Руководитель, Исполнитель	3						■	■		
13	Выбор режимов резания	Исполнитель	6							■	■	
14	Расчёт норм времени	Исполнитель	4								■	■
15	Ознакомление с необходимой литературой	Исполнитель	5									■
16	Проектирование приспособления	Исполнитель	2									■
17	Расчёты	Исполнитель	9									■
18	Оформление документации в виде операционных карт, пояснительной записки и приложений	Руководитель, Исполнитель	2									■
19	Оценка эффективности полученных результатов		2									■

Примечание: ■ – Руководитель; ■ – Исполнитель

Рисунок 30 – Диаграмма Ганта

В ходе данного этапа работы были определены длительности и обозначены сроки выполнения всех запланированных видов работ. Был построен график Ганта, наглядно иллюстрирующий этапы выполнения

проекта участниками. По диаграмме итоговая длительность выполнения проекта в рабочих днях составила 89 дней.

4.4. Бюджет научно-технического исследования (НТИ)

4.4.1. Расчет материальных затрат

К материальным затратам или расходным материалам относятся: бумага, картриджи для принтера, плоттера, канцелярские принадлежности, носители информации и др.

В таблице 30 представлены статьи материальных затрат, связанных с выполнением проекта.

Таблица 30 – Материальные затраты

Материал	Единица измерения	Кол-во	Цена за ед.,руб.	Затраты на материалы, (Зм), руб.
Материал 45X	Кг	2	150	300
СОЖ	Руб/л	20	350	7000
Итого:				7300

По таблице 30 материальные затраты на выполнение данного научно-технического исследования составляют 7300 рублей.

4.4.2. Расчет затрат на специальное оборудование

Посчитаем общие затраты, связанные с приобретением специального оборудования, для выполнения работ

Таблица 31- Расчет бюджета затрат на приобретение спецоборудования для научных работ

Наименование	Количество	Цена за ед. руб.	Затраты на оборудование, руб.
Токарный станок ЧПУ – GA 2000	1	245 000	245 000
5-и осевой фрезерный станок марки –DMU 50	1	3500000	3 500000
Итого:			3 745 000

Таблица 32- Расчет амортизационных отчислений

Объект	Стоимость (руб.)	Норма амортизации (%)	Норма амортизации в год (руб.)	Норма амортизации в месяц (руб.)	Кол-во, шт.	Сумма амортизации, руб.
Токарный станок ЧПУ – GA 2000	245 000	20	49000	4083,3	1	4083,3
5-и осевой фрезерный станок марки – DMU 50	3 500 000	50	175000	14583,3	1	14583,3
Итого, руб.	18 666,6					

4.4.3. Основная заработная плата исполнителей темы

В данный раздел включается основная заработная плата научных работников и инженерно-технических работников, непосредственно участвующих в выполнении работ по данной теме.

Статья включает основную заработную плату работников, непосредственно занятых выполнением НТИ, (включая премии, доплаты) и дополнительную заработную плату:

$$Z_{зп} = Z_{осн} + Z_{доп},$$

где $Z_{осн}$ – основная заработная плата;

$Z_{доп}$ – дополнительная заработная плата (12-20 % от $Z_{осн}$).

Основная заработная плата ($Z_{осн}$):

$$Z_{осн} = Z_{дн} \cdot T_p,$$

где $Z_{осн}$ – основная заработная плата;

T_p – продолжительность работ, выполняемых научно-техническим работником, раб. дн. (табл. 20);

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

Месячный должностной оклад работника:

$$З_m = З_{ТС} \cdot (1 + k_{пр} + k_d) \cdot k_p.$$

где $З_{ТС}$ – заработная плата по тарифной ставке, руб.;

$k_{пр}$ – премиальный коэффициент, равный 0,3 (т.е. 30% от $З_{ТС}$);

k_d – коэффициент доплат и надбавок составляет примерно 0,2 – 0,5;

k_p – районный коэффициент, равный 1,3 (для Томска).

$$З_{дн} = \frac{З_m \cdot M}{F_d},$$

где $З_m$ – месячный должностной оклад работника, руб.;

M – количество месяцев работы без отпуска в течение года:

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

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

Расчет дополнительной заработной платы ведется по следующей формуле:

$$З_{доп} = k_{доп} \cdot З_{осн}$$

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

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется исходя из следующей формулы:

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

где $k_{внеб}$ – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды (пенсионный фонд, фонд обязательного медицинского страхования и пр.).

В 2022 году равен 30,2%.

Таблица 33 – Расчёт оплаты труда

	Руководитель	Исполнитель
Заработная плата по тарифной ставке, ($З_{ТС}$), руб.	26 300	17 000
Премиальный коэффициент ($k_{пр}$)	0,3	

Коэффициент доплат и надбавок (k_d)	0,3	
Районный коэффициент (k_p)	1,3	
Месячная заработная плата (Z_m), руб.	51 285	33 150
Среднедневная заработная плата работника ($Z_{дн}$), руб.	2 280	1 743
Продолжительность выполнения данного Проекта (T_p), раб. дни	25	64
Основная заработная плата, начисленная за выполнения данного проекта ($Z_{осн}$), руб.	57 000	111 552
Коэффициент дополнительной заработной платы ($k_{доп}$)	0,15	
Дополнительная заработная плата исполнителей, ($Z_{доп}$), руб.	8 550	16 733
Коэффициент отчислений во внебюджетные фонды	0,302	
Отчисления во внебюджетные фонды, руб.	19 796	38 742
Итого, руб.	65 550	128 258
Сумма с учетом отчислений, руб	252 346	

Таким образом, итоговая сумма оплаты труда получилась 252 346руб.

4.4.4. Накладные расходы

Накладные расходы учитывают прочие затраты организации, не попавшие в предыдущие статьи расходов.

$$Z_{накл} = (\text{сумма статей } 1 \div 5) \cdot k_{нр} = (Z_{осн} + Z_{доп} + Z_{внеб} + Z_m + A) \cdot 0,16 = \\ = (168 552 + 25 283 + 58 150,5 + 7 300 + 18 666,3) \cdot 0,16 = 76 284,08 \text{ руб.}$$

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

Величину коэффициента накладных расходов можно взять в размере 16%.

Таким образом, накладные расходы составили 76 284,08руб.

4.4.5. Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта

Подведём итог затрат на научно-исследовательский проект по разработке технологического процесса изготовления детали «Винт».

Таблица 34 – Бюджет затрат НИИ

№	Наименование статьи	Сумма, руб.	В % к итогу
1	Материальные затраты НИИ	7 300	2,1
2	Затраты на амортизационные отчисления	18 666,3	5,3
3	Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	168 552	47,6
4	Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы	25 283	7,1
5	Отчисления во внебюджетные фонды	58 150,5	16,4
6	Накладные расходы	76 284,08	21,5
7	Бюджет затрат НИИ	354 235	100

Таким образом, было рассчитано минимальное количество денежных средств, необходимых для проектирования технологического процесса изготовления детали «Винт». Полученная сумма составляет 553 059,58 рублей. Данная цифра является вполне удовлетворительна и оптимальна. Большая часть затрат приходится на основную заработную плату (47,6 %).

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

4.5.1. Определение сравнительной эффективности проекта

Ресурсоэффективность научного исследования определяется при помощи интегрального критерия ресурсоэффективности, который имеет следующий вид:

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

где I_{pi} – интегральный показатель ресурсоэффективности;

a_i – весовой коэффициент проекта;

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

Таблица 35 - Сравнительная оценка характеристик варианта исполнения проекта

Критерии	Весовой коэффициент	Исп.1	Исп.2 (другой способ)
1. Соответствие требованиям потребителей	0,1	4	3
2. Материалоёмкость	0,15	3	2
3. Удобство в эксплуатации	0,15	3	3
4. Энергосбережение	0,20	3	3
5. Надёжность	0,25	4	4
6. Длительность разработки	0,15	4	4
Итого:	1	3,5	3,15

Интегральный показатель ресурсоэффективности:

$$I_{p-исп1} = 0,1 \cdot 4 + 0,15 \cdot 3 + 0,15 \cdot 3 + 0,20 \cdot 3 + 0,25 \cdot 4 + 0,15 \cdot 4 = 3,5$$

$$I_{p-исп2} = 0,1 \cdot 3 + 0,15 \cdot 2 + 0,15 \cdot 3 + 0,20 \cdot 3 + 0,25 \cdot 4 + 0,15 \cdot 4 = 3,15$$

Проведенная оценка ресурсоэффективности научного исследования дает достаточно хороший результат (3,5 из 5), что свидетельствует об эффективности его реализации.

Заключение

Вывод по разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение:

1. Оценочная карта сравнения технических решений конкурентов показала, что произведенный анализ конкурентных технических решений помог выяснить, что исследование является перспективным и актуальным, а также конкурентоспособно.

2. SWOT-анализ проекта, в ходе которого были выявлены потенциальные внутренние и внешние сильные и слабые стороны, возможности и угрозы. Из анализа выяснили, что потенциальных сильных сторон у проекта больше, чем слабостей. Сильные стороны проекта: функциональные возможности разработки.

3. В ходе планирования научно-исследовательских работ определён перечень работ, выполняемый рабочей группой. В данном случае рабочая группа состоит из двух человек: руководитель и инженер. Согласно составленному плану работ длительность трудовой занятости сотрудников исследовательского проекта составила 89 дней (64 дня – занятость исполнителя, 25 дней – длительность работы руководителя). На основе временных показателей по каждой из произведенных работ был построен календарный план-график, построенный на основе диаграммы Ганта, по которому можно увидеть, что самая продолжительная по времени работа – это назначение допусков и расчет припусков.

4. Бюджет научно-технического исследования составил 354 235руб. Бюджет НТИ состоит из материальных затрат (7300 руб.), амортизационных отчислений (18 666,3руб.), затрат на оплаты труда (193 835руб.), отчислений во внебюджетные фонды (58 150,5руб.) и накладных расходов (76 284,08рубля).

5. Сравнив значения интегральных показателей ресурсоэффективности можно сделать вывод, что реализация технологии в первом исполнении ничуть не уступает остальным вариантам с позиции ресурсосбережения.

6. В ходе выполнения раздела «Финансовый менеджмент» был выполнен анализ конкурентоспособности, в котором было установлено, что данная технология является более эффективной по сравнению с аналогами. Длительность работ исполнителей проекта составляет 25 дней для руководителя и 64 дня для исполнителя. После формирования бюджета затрат на проектирование суммарные капиталовложения составили 354 235руб. Проект экономически целесообразен, что определено при помощи показателя ресурсоэффективности проекта.

7. Капиталовложения в размере 354 235рублей позволят реализовать разработанный проект по расчету технологического процесса изготовления детали «Винт».

Список литературы

1. Повышение эффективности машиностроительного производства [Электронный ресурс] // URL: https://www.nmt-nsk.ru/images/study_docs/OsnSoderVKR.docx (дата обращения 3.03.22)
2. Исходные данные для проектирования [Электронный ресурс] // URL: https://studbooks.net/1389917/tovarovedenie/ishodnye_dannye_proektirovaniya? (дата обращения 07.03.22)
3. Определение типа производства [Электронный ресурс] // URL: https://studbooks.net/2524436/tovarovedenie/opredelenie_tipa_proizvodstva? (дата обращения 25.03.22)
4. Справочник технолого-машиностроителя, том 1,2 под редакцией Косилова А.Г. Москва «Машиностроение» 1986г
5. Установление последовательности и выбор методов обработки поверхностей заготовок [Электронный ресурс] // URL: https://studopedia.ru/3_110720_ustanovlenie-posledovatelnosti-i-vibor-metodov-obrabotki-poverhnostey-zagotovok.html? (дата обращения 31.03.22)
6. Нормирование технологических процессов [Электронный ресурс] // URL: osntm.ru/normir_tpr.html? (дата обращения 5.04.22)
7. Анализ существующих конструкций в производственных условиях [Электронный ресурс] // URL: https://studwood.net/2092529/tovarovedenie/analiz_suschestvuyuschih_konstruktsiy_proizvodstvennyh_usloviyah? (дата обращения 09.05.22)
8. Основные элементы приспособлений [Электронный ресурс] // URL: https://studbooks.net/2539666/tovarovedenie/osnovnye_elementy_prisposobleniy? (дата обращения 16.04.22)
9. Корпуса [Электронный ресурс] // URL: <https://refdb.ru/look/1842814.html> (дата обращения 21.04.22)

Приложение А
Чертеж детали “Винт”

Приложение Б

Сборочный чертеж специального приспособления

ИШНПТ-3-4А7Б/13.00.00.00.000 СБ

Перв. примен.

Справ. №

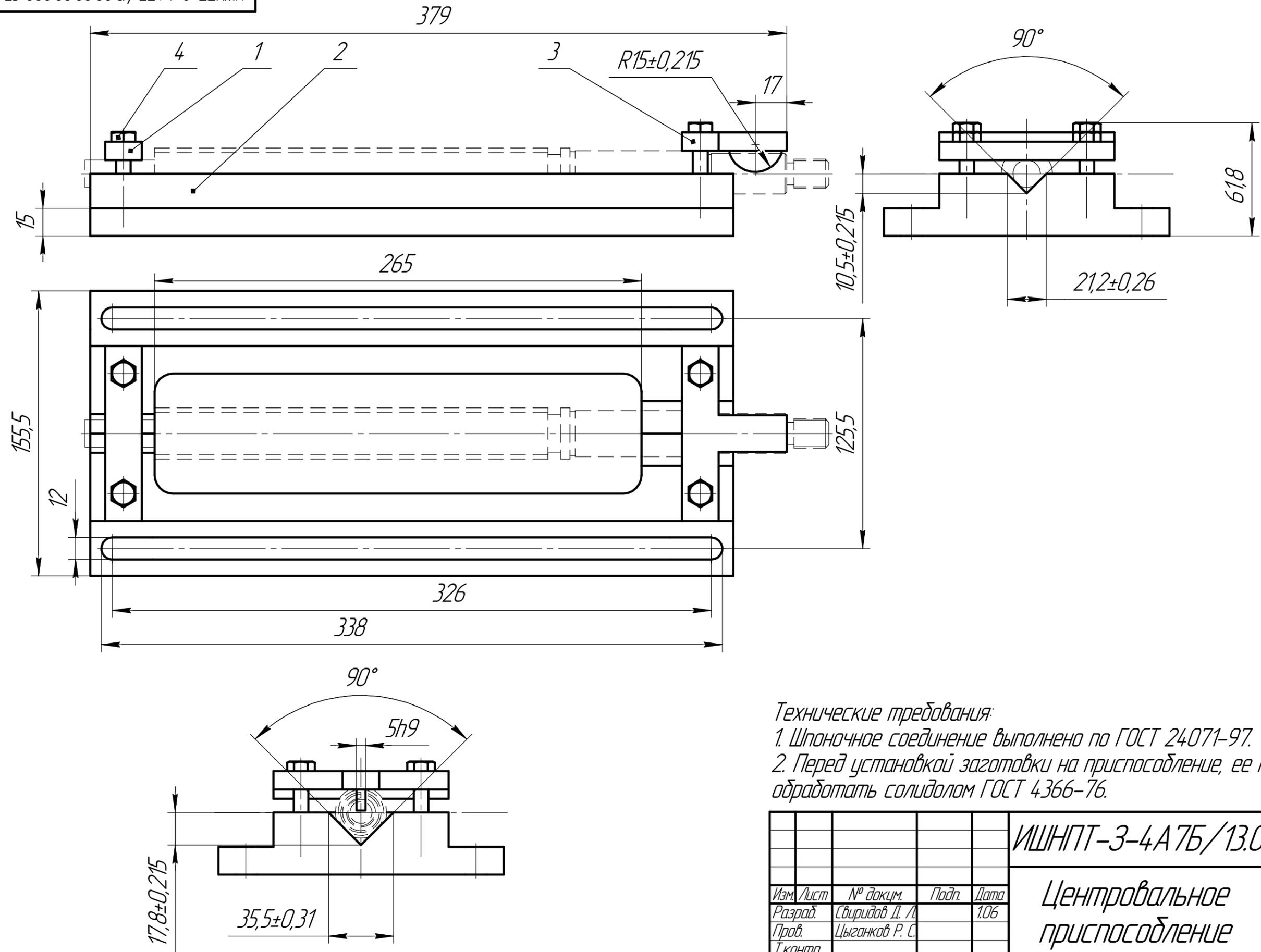
Подп. и дата

Инд. № дюрл.

Взам. инв. №

Подп. и дата

Инд. № подл.



Технические требования:
 1. Шпоночное соединение выполнено по ГОСТ 24071-97.
 2. Перед установкой заготовки на приспособление, ее необходимо обработать солидолом ГОСТ 4366-76.

				ИШНПТ-3-4А7Б/13.00.00.00.000 СБ				
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Центровальное приспособление	Лит.	Масса	Масштаб
						у	6,8	1:2
Разраб.		Свиридов Д. Л.		106		Лист	Листов 1	
Пров.		Цыганков Р. С.				ТПУ ИШНПТ		
Т.контр.					Группа 3-4А7Б			
Н.контр.					Формат А3			
Утв.					Копировал			

Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
<i>Документация</i>						
A3			ИШНПТ-3-4А7Б/13.00.00.00.000 СБ	Сборочный чертеж		
A4			ИШНПТ-3-4А7Б/13.00.00.00.000 ПЗ	Пояснительная записка		
<i>Детали</i>						
		1	ИШНПТ-3-4А7Б/13.00.00.00.001	Прижимная пластина	1	
		2	ИШНПТ-3-4А7Б/13.00.00.00.002	Приспособление	1	
		3	ИШНПТ-3-4А7Б/13.00.00.00.003	Шпоночное соединение	1	
<i>Стандартные изделия</i>						
		4		Болт М8х50 ГОСТ 15589-70	4	
<i>ИШНПТ-3-4А7Б/13.00.00.00.000 СБ</i>						
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		
Разраб.		Свиридов Д. М.		01.06		
Пров.		Цыганков Р. С.				
Н.контр.						
Утв.						
<i>Центровальное приспособление</i>				Лит.	Лист	Листов
				У		1
				ТПУ		ИШНПТ
				Группа		3-4А7Б
<i>Копировал</i>				<i>Формат А4</i>		

Перв. примен.

Справ. №

Подп. и дата

Инв. № дубл.

Взам. инв. №

Подп. и дата

Инв. № подл.

