

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

ЮРГИНСКИЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ
Федерального государственного автономного образовательного учреждения
высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Специальность 151001 «Технология машиностроения»
Кафедра «Технология машиностроения»

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА
на соискание квалификации «инженер»

Тема работы
РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ИЗГОТОВЛЕНИЯ КОРПУСА КПО-50.04.10.051

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
10300	Ткаченко Галина Владимировна		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	К.В.Зайцев	к.т.н.		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент	Д.Н. Нестерук	к.п.н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор	В.А. Портола	д.т.н.		

Нормоконтроль

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	А.А. Ласуков	к.т.н.		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	А.А. Моховиков	к.т.н.		

Юрга – 2016 г.

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

ЮРГИНСКИЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ
Федерального государственного автономного образовательного учреждения
высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Специальность 151001 «Технология машиностроения»
Кафедра «Технология машиностроения»

УТВЕРЖДАЮ:
Зав. кафедрой

А.А. Моховиков
(Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ

на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

Дипломного проекта

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

Студенту:

Группа	ФИО
10300	Ткаченко Галина Владимировна

Тема работы:

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ИЗГОТОВЛЕНИЯ КОРПУСА
КПЮ-50.04.10.051

Утверждена приказом директора (дата, номер)

№30/С от 29.01.2016

Срок сдачи студентом выполненной работы:

15.06.2016

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе

(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.).

Чертёж детали. годовая программа выпуска
1000 шт.

Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов

(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).

Разработка технологического процесса изготовления корпуса КПЮ-50.04.10.051 Конструирование станочных приспособлений: сверлильно-фрезерно-расточное, сверлильно-фрезерно-расточное. Проектирование расточного блока и калибра перпендикулярности. Расчёт себестоимости изготовления детали. Рассмотрение вопросов по обеспечению безопасности в процессе производства детали.

Перечень графического материала <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i>	ФЮРА.300094.001 Корпус ФЮРА.300094.002 Карты наладок ФЮРА.300094.003 Карта наладки ФЮРА.300094.004СБ Приспособление ФЮРА.300094.005СБ Приспособление ФЮРА.300094.006СБ Блок расточной ФЮРА.300094.007СБ Калибр ФЮРА.390242.008 Специальная часть
---	---

Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы
(с указанием разделов)

Раздел	Консультант
«Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»	Д.Н. Нестерук
«Социальная ответственность»	Д.т.н., В.А. Портола

Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:

Реферат

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	08.02.2016
---	------------

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	К.В. Зайцев	К.Т.Н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
10300	Ткаченко Галина Владимировна		

РЕФЕРАТ

Дипломная работа содержит 94 страниц, 12 рисунков, 25 таблиц, 4 приложения, 12 листов графического материала.

Ключевые слова: КОРПУС, ФРЕЗЕРНО-РАСТОЧНАЯ, СЛЕСАРНАЯ, БАЗИРОВАНИЕ, ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПРОЦЕСС, ПРИСПОСОБЛЕНИЕ, ФРЕЗА, СВЕРЛО, КАЛИБР.

Целью проектирования является разработка технологического процесса механической обработки изделия корпус.

Тема выпускной квалификационной работы "Разработка технологического процесса изготовления корпуса КПО-50.04.10.051".

ВКР содержит следующие главы: введение, технологическая, конструкторская, организационная, финансовый менеджмент ресурсоэффективность и ресурсосбережение, а также социальная ответственность.

В технологической части изложено описание последовательности технологического процесса, расчетов припусков, расчетов режимов резания и норм времени.

В конструкторской части приведены описания и расчет приспособлений, режущего и мерительного инструмента.

В организационной части приведены расчеты количества оборудования, числа рабочих.

В разделе финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение рассчитаны технико-экономические показатели, а также экономический годовой эффект.

В разделе социальная ответственность освещены вопросы безопасности работы на участке и меры предупреждения опасных производственных факторов.

В графической части изображены чертеж детали совместно с заготовкой, чертежи приспособлений, карты наладок, режущий и мерительный инструмент.

THE ABSTRACT

The graduate work contains 94 pages, 12 figures, 25 tables, 4 appendices, 12 sheets of graphic material.

Key words: THE CASE, DRILLING AND MILLING AND BORING, BASING, TECHNOLOGICAL PROTSCESS, IMPLEMENT, MILLING CUTTER, DRILL BIT, GAGE.

The designing purpose is working out the technological process of machining the case KPYu-50.04.10.051.

The subject of the graduate work is “Project of the technological process of machining the case KPYu-50.04.10.051”.

The graduate work contains the following parts: introduction, technological, design, organizational, financial management, efficient use of resources, resource saving and social responsibility.

In the technological part we describe the technological process, calculate allowances, cutting conditions and standards of time.

In the design part we describe and calculate appliances, cutting and measuring tools.

In the organizational part we calculate the amount of equipment and the number of workers.

In the financial management we design technical and economic indicators, as well as the annual economic effect.

In the social responsibility part we consider the problems of safety on the site and hazards prevention measures.

In the graphic part we show the drawing of the part together with the work-piece, drawings of the implements, setup sheets, cutting and measuring tools.

ОГЛАВЛЕНИЕ

		Введение	10
1		Расчеты и аналитика	11
	1.1	Аналитический обзор	12
	1.1.1	Анализ существующего производства	12
	1.1.2	Назначение цеха	12
	1.1.3	Характеристика производства, режим работы и фонд времени	12
	1.1.4	Схема управления цехом и краткая характеристика всех служб	13
	1.1.5	Вопросы безопасности жизнедеятельности	14
	1.2	Анализ исходных данных	15
	1.2.1	Служебное назначение изделия	15
	1.2.2	Анализ технологичности изделия	16
	1.2.3	Структура базового технологического процесса	17
	1.3	Технологическое проектирование	20
	1.3.1	Выбор заготовки	20
	1.3.2	Выбор баз	23
	1.3.3	Составление технологического маршрута механической обработки	27
	1.3.4	Выбор оборудования	30
	1.3.5	Выбор средств технологического оснащения	31
	1.4	Инженерные расчеты	33
	1.4.1	Расчет припусков	33
	1.4.2	Расчет режимов резания	35
	1.5	Специальная часть	47
	1.6	Конструкторская часть	48
	1.6.1	Обоснование и описание конструкции	48
	1.6.2	Обоснование и описание конструкции	52
	1.6.3	Проектирование инструмента	54
	1.7	Организационная часть	55
	1.7.1	Нормирование технологического процесса	55
	1.7.2	Расчет количества основного оборудования на участке	57
	1.7.3	Определение коэффициентов загрузки оборудования	58
	1.7.4	Определение суточной производительности	59
	1.7.5	Расчет длительности технологических циклов	61
	1.7.6	Принципы разработки планировки	61

					ФЮРА.300094.000 ПЗ			
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Разработка технологического процесса изготовления корпуса КПУ-50.04.10.051	Лит.	Лист	Листов
Разраб.		Ткаченко						
Провер.		Зайцев						
Реценз.								
Н. Контр.		Ласуков						
Утверд.		Моховиков			ЮТИ ТПУ Гр. 10300			

	1.7.7	Работа вспомогательных служб	62
	1.7.8	Расчет численности рабочих	66
2		Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	67
	2.1	Расчет объема капитальных вложений	69
	2.1.1	Расчет стоимости технологического оборудования	69
	2.1.2	Расчет стоимости вспомогательного оборудования	70
	2.1.3	Расчет стоимости инструментов, приспособлений	70
	2.1.4	Расчет стоимости эксплуатируемых помещений	70
	2.1.5	Расчет стоимости оборотных средств	71
	2.1.6	Оборотные средства в незавершенном производстве	71
	2.1.7	Оборотные средства в запасах готовой продукции	71
	2.1.8	Оборотные средства в дебиторской задолженности	72
	2.1.9	Денежные оборотные средства	72
	2.2	Определение сметы затрат на производство и реализацию продукции	72
	2.2.1	Основные материалы за вычетом реализуемых отходов	72
	2.2.2	Расчет заработной платы производственных рабочих	73
	2.2.3	Отчисления на социальные нужды	73
	2.2.4	Расчет амортизации основных фондов	73
	2.2.5	Отчисления в ремонтный фонд	74
	2.2.6	Затраты на вспомогательные материалы	75
	2.2.7	Затраты на силовую электроэнергию	76
	2.2.8	Затраты на инструменты, приспособления	76
	2.2.9	Заработная плата вспомогательных рабочих	76
	2.2.10	Заработная плата административно-управленческого персонала	77
	2.2.11	Прочие расходы	77
	2.3	Экономическое обоснование технического проекта	78
3		Социальная ответственность	79
	3.1	Характеристика объекта исследования	82
	3.2	Выявление и анализ вредных и опасных факторов	82
	3.3	Обеспечение требуемого освещения на рабочем месте	83
	3.4	Обеспечение оптимальных параметров микроклимата рабочего мест	85
	3.5	Разработка методов защиты от вредных и опасных факторов	86

3.6	Психологические особенности поведения человека при его участии в производстве работ на данном рабочем месте	89
3.7	Разработка мероприятий по предупреждению и ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций	90
3.8	Обеспечение экологической безопасности и охраны окружающей среды	91
	Заключение	93
	Список используемых источников	94
	Приложение А Технологический процесс	
	Приложение Б Спецификация на сборочный чертёж приспособления ФЮРА.300094.005СБ	
	Приложение В Спецификация на сборочный чертёж приспособления ФЮРА.300094.004СБ	
	Приложение Г Спецификация на сборочный чертёж блока расточного ФЮРА.300094.006СБ	
	Приложение Д Спецификация на сборочный чертёж калибра перпендикулярности ФЮРА.300094.007СБ	
	Диск CD-R	В конверте на обороте обложки
	ФЮРА.300094.001 Корпус Файл Чертёж Детали.cdw в формате компас 13.	
	ФЮРА.300094.002 Карта наладок Файл Наладка1.cdw.	
	ФЮРА.300094.003 Карта наладок Файл Наладка2.cdw.	
	ФЮРА.300094.004СБ Приспособление сверлильно-фрезерно-расточное Файл Приспособление1.cdw.	
	ФЮРА.300094.005СБ Приспособление сверлильно-фрезерно-расточное Файл Приспособление2.cdw.	
	ФЮРА.300094.006СБ Блок расточной Файл Режущий.cdw.	
	ФЮРА.300094.007СБ Калибр перпендикулярности Файл Калибр.cdw.	
	ФЮРА.300094.008 Спец часть Файл Спец.cdw.	
	Графический материал	На отдельных листах
	ФЮРА.300094.001 Корпус	
	ФЮРА.300094.002 Карта наладок	
	ФЮРА.300094.003 Карта наладок	
	ФЮРА.300094.004СБ Приспособление сверлильно-фрезерно-расточное	
	ФЮРА.300094.005СБ Приспособление сверлильно-фрезерно-расточное	
	ФЮРА.300094.006СБ Блок расточной	

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

ФЮРА.300094.007СБ Калибр перпендикулярности
ФЮРА.300094.008 Спец часть Файл Спец.cdw

					ФЮРА.300094.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

ВВЕДЕНИЕ

Тема представленной выпускной квалификационной работы «Разработка технологического процесса изготовления корпуса КПО-50.04.10.051».

Областью применения данной разработки может быть участок цеха завода грузоподъемной техники.

Основанием для разработки данной выпускной квалификационной работы послужило то обстоятельство, что в условиях рыночной экономики от внедрения технологических процессов требуется прогрессивность, повышенная производительность работы выпускаемого изделия, повышение качества выпускаемого изделия. Кроме того требуется разработка технологических процессов в кратчайшие сроки, что не может быть достигнуто при ручном счёте.

Внедрение новых технологий, покупка нового оборудования приводят к значительным материальным затратам. Но повышение качества выпускаемого изделия приводят к увеличению конкурентоспособности предприятия на рынке сбыта продукции, что приводит к повышению прибыли в дальнейшем.

Целью проектирования является разработка технологического процесса механической обработки корпуса КПО-50.04.10.051.

После отработки на технологичность детали присвоен следующий номер: – ФЮРА. 300094.001.

При разработке технологических процессов машиностроительного производства перед технологом возникает задача выбора из нескольких вариантов обработки один, обеспечивающий наиболее экономичное решение, тем более, что современные способы механической обработки, большое разнообразие станков, новые методы обработки и получения заготовок способствуют расширению числа вариантов.

Намечая технологический маршрут обработки деталей, следует придерживаться правил:

- с целью экономии труда и времени на технологическую подготовку производства использовать типовые процессы обработки деталей;
- стремиться применять наиболее современные формы организации труда, групповые технологические процессы;
- обрабатывать наибольшее количество поверхностей за одну установку детали.

Предлагаемый технологический процесс является оптимальным вариантом решения проектной задачи. Он даёт возможность применить высокопроизводительное оборудование и инструмент, обеспечивающие стабильность качества. Применение данного технологического процесса позволит повысить коэффициент загрузки оборудования без его переналадки, повысить производительность и снизить себестоимость изделий.

1 РАСЧЁТЫ И АНАЛИТИКА

Студент гр. 10300

(Подпись)

Г.В. Ткаченко

(Дата)

Консультант
Доцент кафедры ТМС

(Подпись)

К. В. Зайцев

(Дата)

Нормоконтроль,
к.т.н., доцент кафедры
ТМС

(Подпись)

А.А. Ласуков

(Дата)

1.1 Аналитический обзор

1.1.1 Анализ существующего производства

На базовом предприятии ООО «Юргинский машиностроительный завод» на деталь корпус КПО-50.04.10.051 разработан единичный технологический процесс. Деталь изготавливают в цехе 58. При изготовлении применяют различные станки, инструменты, приспособления, схемы базирования. Это значительно увеличивает сроки технологической подготовки производства, увеличивает трудоёмкость, снижает производительность труда. Эти недостатки можно ликвидировать применением современного высокопроизводительного оборудования с ЧПУ, современного режущего инструмента и оснастки.

1.1.2 Назначение цеха 58 и программа выпуска изделий

Цех 58 является основным сварочно–механосборочным цехом ООО «Юргинский машиностроительный завод». Цех производит механическую обработку основных деталей горно-шахтного оборудования, сварочные работы металлоконструкций горно-шахтного оборудования.

Годовая программа выпуска изделий представлена в таблице 1.1.

Таблица 1.1 – Годовая программы выпуска изделия

Наименование изделия	Характеристика, модель	Марка материала	Процент на запасные части	Число деталей			Масса, т	
				На основную программу	на запасные части	всего	детали	на программу с запасными частями
Корпус КПО-50.04.10.051	Корпус КПО-50.04.10.051	Сталь 12ДН2ФЛ ГОСТ 977-88	10	910	90	1000	0,162	162

1.1.3 Характеристика производства, режим работы и фонд времени

Технологический процесс механической обработки корпуса КПО-50.04.10.051, существующий на производстве характеризуется тем, что обработка ведется на существующем оборудовании, т.е. нет станков, предназначенных специально для обработки данной детали. Поэтому такие показатели, как габариты обрабатываемых поверхностей, мощности станков и максимально обрабатываемые размеры несколько завышены.

В цехе 58 организован двухсменный режим работы. Продолжительность рабочего времени каждой смены 8 часов.

Фонд рабочего времени на 2016 год при пятидневной рабочей неделе составляет 1974 часов (247 рабочих дней).

1.1.4 Схема управления цехом 58 и краткая характеристика основных служб

Во главе цеха стоит начальник, которому подчинены заместитель по производству и заместитель по технической части и оборудованию, начальник БТиЗ и секретарь. Основные обязанности начальника цеха – руководство подготовкой производства, организация труда, подбор и расстановка рабочих кадров, ИТР и служащих, организация выполнения плановых заданий.

В функции заместителя по технической части и оборудованию входят вопросы технической подготовки производства – разработка и внедрение технологических процессов и оснастки, обеспечение участков цеха всей необходимой документацией, технологической оснасткой. Наблюдение за состоянием оборудования осуществляет механик цеха.

В функции заместителя по производству входит оперативное руководство работой цеха.

Участок механика несет всю ответственность по бесперебойной работе оборудования, режущего и вспомогательного инструмента, цеховых приспособлений. Также занимается ремонтом и обслуживанием имеющегося в цехе оборудования.

Участок энергетика обеспечивает работоспособность энергетической части оборудования, освещения, вентиляции, а также ремонт и обслуживание электрооборудования станков, грузоподъемных механизмов (краны, кран балки, укосины).

ПДБ – планово – диспетчерское бюро производит внутрицеховое планирование, выдачу графиков на производственные участки, учет и хранение заготовок и готовых деталей.

Технологическое бюро цеха занимается разработкой, внедрением технологических процессов в цехе, проверкой технологической дисциплины.

Вопросами экономического планирования занимается экономист цеха, а планированием труда и заработной платы – БТиЗ. Бюро труда и зарплаты занимается расчетом и внедрением норм на изготовление продукции цеха, а непосредственно начислением заработной платы всех работающих цеха занимается бухгалтерия. БТиЗ, бухгалтерия и экономисты непосредственно начальнику цеха не подчиняются. Схема управления цехом представлена на рисунке 1.

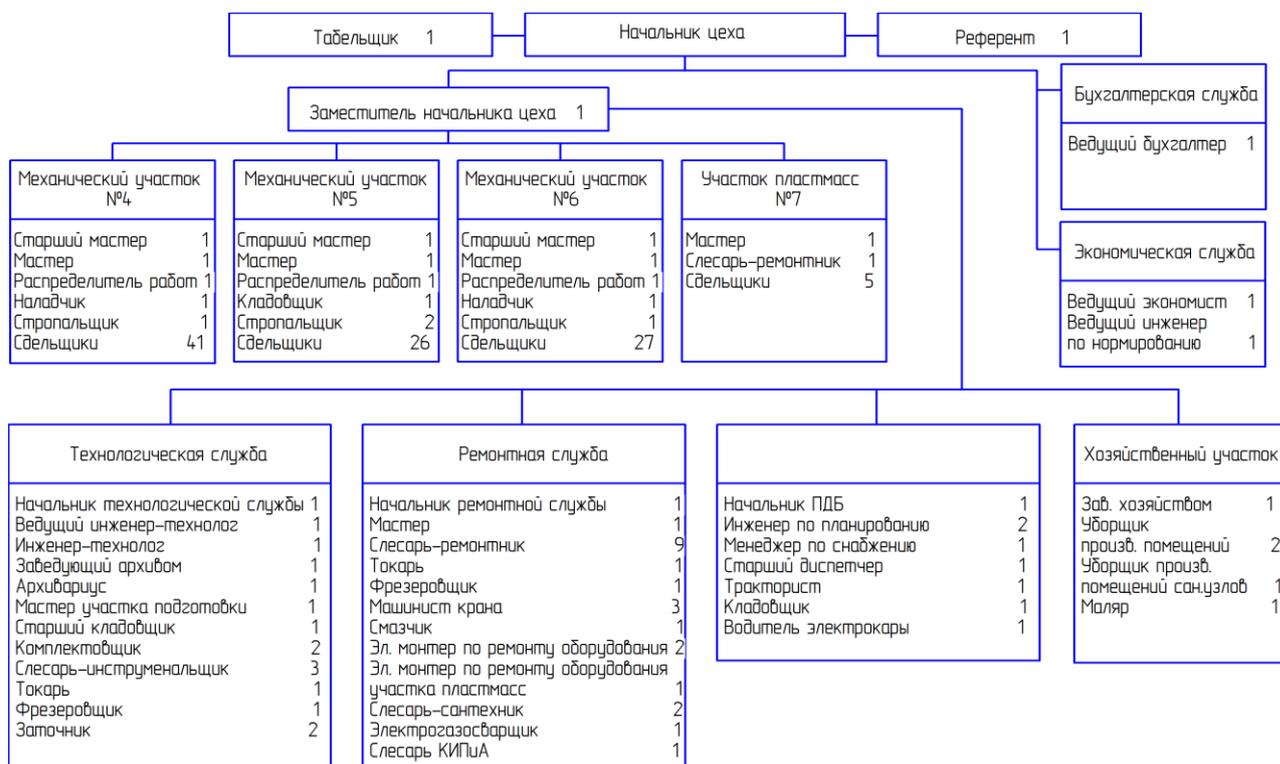


Рисунок 1 Организационная структура управления цеха №58

1.1.5 Вопросы безопасности жизнедеятельности

Начальник цеха обязан обеспечивать своевременное и качественное проведение инструктажа по охране труда и производственной санитарии для вновь поступающих и всех работающих независимо от стажа, опыта их работы и квалификации на основе правил и инструкций по охране труда с учётом конкретных условий производства.

Начальник цеха, начальник участка, мастер, механик, энергетик цеха и другие руководящие работники обязаны осуществлять постоянный контроль за выполнением инструкций по охране труда и указаний о безопасных методах и приёмах работы, а также за соблюдением правил поведения на производстве.

Мастер должен следить, чтобы станки и машины на его участке, если они не подходят под действие специальных правил, были снабжены ограждениями. Мастер отвечает за чистоту на участке. Он обеспечивает систематическую тщательную очистку участка от стружек, масляных тряпок и других отходов производства.

Невыполнение работающим правил и инструкций по охране труда рассматривается как нарушение производственной дисциплины, и виновные в этом привлекаются к ответственности согласно правилам внутреннего трудового распорядка.

Инструктаж по охране труда должен проводиться двух видов: вводный инструктаж и инструктаж на рабочем месте, который в свою очередь делится на первичный, повторный и внеочередной инструктаж.

1.2 Анализ исходных данных

1.2.1 Служебное назначение изделия

Проходческий комбайн является сложной горной машиной, входящий в состав проходческого механизированного комплекса и предназначен для механического разрушения забоя и погрузки горной массы при проведении горизонтальных и наклонных работ.

Проходческий комбайн КПО-50 имеет несколько исполнений. Главной его особенностью является блочная конструкция, для удобной доставки и спуска комбайна в шахту и проведения ремонтных мероприятий, имеется возможность разбора на транспортабельные узлы. Любой агрегат узлов комбайна в случае отказа может быть демонтирован и заменён новым в короткие сроки.

Редуктор привода конвейера предназначен для работы в составе скребкового перегружателя и служит для передачи крутящего момента на скребковую цепь, осуществляющую погрузку отбитой горной массы на шахтные транспортные средства.

Деталь корпус КПО-50.04.10.051 является основным элементом сборки редуктора привода конвейера КПО-50.04.10.000. В него устанавливаются детали редуктора: валы, зубчатые колёса, подшипники, крышки подшипников.

К основным поверхностям детали относятся: отверстия диаметром 150Н7 мм, диаметром 120Н7 мм, диаметром 130Н7 мм, диаметром 140Н7, диаметром 180Н7, в которые устанавливаются валы с подшипниками; отверстие диаметром 210Н9, в которое устанавливается крышка подшипника.

Корпус изготавливается из стали 12ДН2ФЛ ГОСТ 977-88. Химический состав стали приведен в таблице 1.2.

Таблица 1.2 – Химический состав стали 12ДН2ФЛ ГОСТ 977-88

Химический состав, %								
C	Si	Mn	Cr	S, не более	P, не более	Cu	Ni	Fe
0,08-0,16	0,2-0,4	0,4-0,9	0,3	0,035	0,035	1,2-1,5	1,8-2,2	96

Таблица 1.3 – Механические свойства отливок ГОСТ 977-88

Механические свойства отливок ГОСТ 1050-88							
Термообработка	Сечение, мм	$\sigma_{0,2}$	σ_6	δ_5	ψ	КСИ, Дж/см ²	НВ, не более
		МПа		%			
Нормализация, отпуск	200	500	600	15	25	40	196-206

Технологические свойства:

- свариваемость – без ограничений;

- коэффициент обрабатываемости резанием инструментом из быстрорежущей стали 1,3, твердосплавным инструментом 1,3;
- склонность к отпусковой хрупкости – не склонна.

1.2.2 Анализ технологичности изделия

Технологичность конструкции деталей обуславливается (по ГОСТ 14.201–83; 14.204–83; 14.205–83):

- рациональным выбором исходных заготовок и материалов;
- простой формы детали;
- рациональной простановкой размеров;
- назначением оптимальной точности размеров, формы и взаимного расположения поверхностей, параметров шероховатости и технических требований.

Технологичность детали оценивается с точки зрения возможности применения простых инструментов, методов обработки и измерения, удобства и надежности базирования детали для обработки. Технологичность – понятие комплексное. Она оценивается качественно и количественно.

Анализ чертежа детали.

Чертеж содержит все необходимые виды детали, а также разрезы и выносные элементы. Размеры на чертеже полностью определяют геометрическую форму и пространственное положение обрабатываемых поверхностей. Технические требования на чертеже полностью обоснованы. Обрабатываемые поверхности расположены под прямым углом друг другу. Все отверстия расположены также под прямым углом к плоскости входа инструмента. Точность размеров форм, шероховатость, взаимное расположение поверхностей достижимы в условиях реального производства и достигаются некоторым количеством последовательных операций с использованием стандартного и специального режущего инструмента и высокопроизводительного оборудования. Проведя качественный анализ детали можно сделать вывод, что деталь является технологичной.

1.2.2.1 Качественная оценка технологичности

Качественная оценка технологичности корпуса КПУ – 50.04.10.051 показывает, что:

- рассматриваемая деталь относится к классу корпусных деталей. В качестве заготовки принята отливка в песчано-глинистые формы. Материал детали позволяет применять высокопроизводительные методы обработки;
- отсутствуют явные удобные базы для обработки, а присутствующие базовые поверхности отличаются недостаточными размерами;
- конструкция детали позволяет вести обработку плоскостей на проход;
- имеется возможность обработки наружных поверхностей и отверстий в конструкции детали на станках с ЧПУ без переустановок;
- точность размеров и формы, шероховатости, взаимного расположения поверхностей (биение и соосность) соответствуют функциональному назначению детали;

- к обрабатываемым поверхностям имеется свободный доступ инструмента;
- деталь не имеют отверстий, расположенных не под прямым углом к плоскости входа инструмента;
- жесткость детали позволяет применить высокопроизводительные режимы резания.

1.2.3 Структура базового технологического процесса

Базовый технологический процесс изготовления корпуса КПЮ-50.04.10.051 – единичный, пооперационный разработан для мелкосерийного производства, способ получения заготовки – отливка.

Данный способ экономически оправдан в условиях мелкосерийного производства. Конструкция, назначение детали метод ее получения и точность позволяет исключить обработку наружных поверхностей, кроме базовых плоскостей.

Базовый технологический процесс имеет структуру, представленную в таблице 1.4.

Таблица 1.4 – Технологический процесс механической обработки корпуса

Операция	Наименование операции	Оборудование, приспособления, режущий и измерительный инструмент
1	2	3
005	Фрезерная ИОТ № 6-06, 90-06 Фрезеровать прибыли заподлицо с литой поверхностью	Станок 6620; Болты, планки, подкладки
010	Слесарная ИОТ № 410-06, 90-06 Снять заусенцы	
015	Фрезерная ИОТ № 6-06, 90-06 Фрезеровать прибыли заподлицо с литой поверхностью	Станок 6620; Болты, планки, подкладки
020	Слесарная ИОТ № 410-05, 90-05 Снять заусенцы	
025	Фрезерная ИОТ № 6-06, 90-06 Фрезеровать приливы заподлицо с поверхностью	Станок 6620; Болты, планки, подкладки
030	Слесарная ИОТ № 410-05, 90-05 Снять заусенцы	

Продолжение таблицы 1.4

1	2	3
035	Разметочная ИОТ № 337-06, 90-06 Разметить деталь согласно эскизу	
040	Фрезерная ИОТ № 6-06, 90-06 Фрезеровать плоскость в р-р 268±1 Переустановить деталь Фрезеровать плоскость в р-р 331±0,5	Станок 65А60; Болты, планки, подкладки
045	Слесарная ИОТ № 410-05, 90-05 Снять заусенцы	
050	Фрезерная ИОТ № 6-06, 90-06 Фрезеровать плоскость в р-р 170±0,5 Фрезеровать плоскость в р-р 215±0,5 Фрезеровать пл-ть в р-ры 23 _{-0,52} и 40 ^{+1,3} Сверлить отв. Ø22,43 под резьбу Зенковать фаску 1,6х45°	Станок 2Н637; Болты, планки, подкладки
055	Слесарная ИОТ № 410-05, 90-05 Снять заусенцы, нарезать резьбу М24х1,5-7Н	
060	Фрезерная ИОТ № 6-06, 90-06 Фрезеровать плоскость в р-р 320±1 Фрезеровать плоскость в р-р 408±1,25	Станок 2Н637; Болты, планки, подкладки
065	Слесарная ИОТ № 410-05, 90-05 Снять заусенцы	
070	Фрезерная ИОТ № 6-06, 90-06 Фрезеровать плоскость в р-р 800±1	Станок 2Н637; Болты, планки, подкладки
075	Слесарная ИОТ № 410-05, 90-05 Снять заусенцы	
080	Фрезерная ИОТ № 6-06, 90-06 Фрезеровать плоскость заподлицо с плоскостью Б ₁	Станок 2Н637; Болты, планки, подкладки
085	Слесарная ИОТ № 410-05, 90-05 Снять заусенцы	
090	Расточная ИОТ № 4-06, 90-06 Сверлить отв. Ø22, Ø40, Ø60 под расточку	Станок 2Н637; Болты, планки, подкладки

Продолжение таблицы 1.4

1	2	3
	<p>Расточить отверстия Ø206Н12 на глубину 55 Ø176Н12 на глубину 114 Ø160 на проход Ø136Н12 на проход Подрезать торец внутри в р-р 123 Фрезеровать торец в р-р 90±1,4 Расточить отв. Ø116Н12 на проход Расточить отв. Ø126Н12 и Ø116Н12 на проход Подрезать торец в р-р 261Н11 Расточить отв. Ø146Н12</p>	
095	<p>Слесарная ИОТ № 410-05, 90-05 Снять заусенцы</p>	
097	Термообработка	
100	<p>Фрезерная ИОТ № 6-06, 90-06 Фрезеровать плоскость в р-р 329±0,3</p>	<p>Станок 65А60; Болты, планки, подкладки</p>
105	<p>Слесарная ИОТ № 410-05, 90-05 Снять заусенцы</p>	
110	<p>Расточная ИОТ № 4-06, 90-06 Фрезеровать пл-ть в р-р 140±0,3 и 120±0,3 Подрезать торец в р-р 55 Расточить отв. предварительно Ø209,7 Точить фаску 2х30 Подрезать торец в р-р 114h11 Расточить отв. предварительно Ø179,7 Точить фаску 3х45 Подрезать торец в р-р 122±0,5 Расточить отв. предварительно Ø139,7 Точить фаску 2х30 Расточить отв. предварительно Ø119,7 Точить фаски 2х30 Расточить предварительно отв. Ø119,7 на проход Точить фаску 2х30 Расточить предварительно отв.</p>	<p>Станок UNION; Болты, планки, подкладки</p>

Продолжение таблицы 1.4

1	2	3
	<p>Ø129,7 Точить фаску 2x30 Подрезать торец в р-р 260h11 Расточить предварительно отв. Ø149,7 Точить фаску 2x30</p>	
115	<p>Расточная ИОТ № 4-06, 90-06 Расточить отв. Ø210H9 Расточить отв. Ø180H7 Расточить отв. Ø140H7 Расточить отв. Ø120H7 Расточить отв. Ø130H7 и Ø120H7 на проход Расточить отв. Ø150H7</p>	<p>Станок UNION; Болты, планки, подкладки</p>
120	Контрольная	Плита контрольная

В базовом технологическом процессе для обработки применяются как универсальные станки, так и станки с ЧПУ. При изготовлении применяются как универсальные так и специальные приспособления. Широко применяется стандартный режущий инструмент: фрезы, резцы, сверла, зенкера, а также и специальный режущий инструмент. В качестве мерительного инструмента используются стандартный и специальный инструмент.

По ходу технологического процесса механической обработки, деталь базируется на черновые базы – необработанные плоскости. Далее обрабатываются базовые плоскости. Способ базирования при обработке точных поверхностей – на плоскости.

На основании анализа базового технологического процесса можно сделать следующий вывод:

- не применяется принцип концентрации операций и переходов, корпус обрабатывается на большом количестве операций с большим количеством переустановок;

- имеет место большая длительность и трудоемкость изготовления, т.к. при обработке применяются универсальные станки, используется низкопроизводительный режущий инструмент, большое количество стандартного мерительного инструмента.

1.3 Технологическое проектирование

1.3.1 Выбор заготовки и метода ее получения

При выборе заготовки для заданной детали назначаем метод её получения, определяем конфигурацию, размеры, допуски, припуски на обработку. Правильный выбор способа получения заготовки оказывает непосредственное

влияние на возможность рационального построения технологического процесса обработки, способствует снижению удельной металлоёмкости изделий и снижению себестоимости.

Оптимальным вариантом для детали является метод получения заготовки – отливка, т. к. деталь крупногабаритная и сложной формы. Различают литьё в песчано-глинистые формы с ручной и машинной формовкой, литьё в кокиль, литьё по выплавляемым моделям, центробежное литьё и др.

При выборе вида заготовки и методов её изготовления рассмотрим два альтернативных варианта. В первом случае заготовка получается литьём в песчано-глинистые формы с машинной формовкой, во втором случае – в песчано-глинистые формы с ручной формовкой.

Используя рекомендации [1] и ГОСТ Р 53464-2009 проектируем заготовку.

Рассматриваем два варианта получения заготовки.

Литьё в песчано-глинистые формы с машинной формовкой.

Материал – Сталь 12ДН2ФЛ ГОСТ 977-88.

Класс размерной точности – 12.

Степень коробления элементов отливок – 9.

Степень точности поверхности – 16.

Шероховатость (R_a , мкм.) – 63.

Класс точности отливки по массе – 13 (не более 10% от номинальной массы).

Ряд припусков – 9.

Масса детали – 162 кг.

Результаты проектирования в таблице 1.5, причём, размеры заготовки округлены с учётом припуска в большую сторону, с точностью 0,5 мм.

Таблица 1.5 – Размеры заготовки

Размер детали, мм	Припуск на сторону, мм	Размер заготовки, мм	Допуск на размер заготовки, мм
260 _{-0,32}	13,5	273,5	±8,0
328 _{-0,57}	13,5	355	±8,0
Ø150 ^{+0,04}	11	128	±6,4
Ø120 ^{+0,035}	11	98	±6,4
Ø140 ^{+0,04}	11	118	±6,4
Ø160 ⁺¹	12	136	±9,0
Ø130 ^{+0,04}	11	108	±9,0
170±0,5	12	182	±7,0
150±0,8	11	161	±6,4
120±0,3	11	131	±6,4
140±0,3	11	151	±6,4
22 _{-0,52}	7,8	30	±4,0

Находим дополнительные припуски.

Точность необрабатываемых стенок и ребер 11, по ГОСТ Р 53464-2009.

Неуказанные литейные радиусы внутренних углов от 10 до 15мм, наружных не более 5мм.

Формовочный уклон по ГОСТ 3212-80 тип I.

Масса заготовки равна 184,3кг.

Определяем коэффициент использования металла:

$$K_{\text{им}} = \frac{G_{\text{д}}}{G_{\text{п}}}, \quad (1.1)$$

где $G_{\text{д}}$ – масса детали, кг;

$G_{\text{п}}$ – масса заготовки, кг.

$$K_{\text{им}} = \frac{162}{184,3} = 0,88.$$

Литье в песчано-глинистые формы с ручной формовкой.

Материал – Сталь 12ДН2ФЛ ГОСТ 977-88.

Класс размерной точности – 13.

Степень коробления элементов отливок – 9.

Степень точности поверхности – 18.

Шероховатость (R_a , мкм.) – 100.

Класс точности отливки по массе – 14 (не более 10% от номинальной массы)

Ряд припусков – 11.

Масса детали – 162 кг.

Результаты проектирования в таблице 1.6, причём, размеры заготовки округлены с учётом припуска в большую сторону, с точностью 0,5 мм.

Таблица 1.6 – Размеры заготовки

Размер детали, мм	Припуск на сторону, мм	Размер заготовки, мм	Допуск на размер заготовки, мм
260 _{-0,32}	14,5	274,5	±12,0
328 _{-0,57}	14,5	357	±12,0
Ø150 ^{+0,04}	12	126	±10,0
Ø120 ^{+0,035}	12	98	±10,0
Ø140 ^{+0,04}	12	96	±10,0
Ø160 ⁺¹	12,5	135	±11,0
Ø130 ^{+0,04}	12	106	±10,0
170±0,5	12,5	172,5	±11,0
150±0,8	12	162	±10,0
120±0,3	12	132	±10,0
140±0,3	12	152	±10,0
22 _{-0,52}	8,3	30,3	±6,4

Находим дополнительные припуски.

Точность необрабатываемых стенок и ребер 11, по ГОСТ Р 53464-2009.

Неуказанные литейные радиусы внутренних углов от 10 до 15мм, наружных не более 5 мм.

Формовочный уклон по ГОСТ 3212-80 тип I.

Масса заготовки равна 190,3кг.

Определяем коэффициент использования металла по формуле (1.1):

$$K_{им} = \frac{162}{190,3} = 0,85.$$

Выбор варианта производства заготовок

Выбор варианта производства заготовок производим по технологической себестоимости заготовок:

$$S_T = \frac{G_D}{K_{им}} \cdot [C_{заг} + C_c \cdot (1 - K_{им})], \quad (1.2)$$

где $K_{им}$ – коэффициент использования материала;

$C_{заг}$ – удельная стоимость материала заготовки, руб/кг;

C_c – средняя по машиностроению стоимость срезания одного килограмма стружки при механической обработке, руб/кг.

По данным бюро ценообразования удельная стоимость материала заготовки для отливки из стали Сталь 12ДН2ФЛ составляет:

$$C_{заг} = 31,84 \text{ руб/кг.}$$

В ценах 1991 г средняя по машиностроению стоимость срезания одного килограмма стружки при механической обработке составляет 0,495 руб/кг, принимая коэффициент инфляции равным 12, получаем:

$$C_c = 5,445 \text{ руб/кг.}$$

При литье в песчано-глинистые формы с машинной формовкой:

$$S_{T1} = \frac{162}{0,88} \cdot [31,84 + 5,445(1 - 0,88)] = 5981,74 \text{ руб.}$$

При литье в песчано-глинистые формы с ручной формовкой:

$$S_{T2} = \frac{162}{0,85} \cdot [31,84 + 5,445(1 - 0,85)] = 6223,99 \text{ руб.}$$

Себестоимость литья в песчано-глинистые формы с машинной формовкой ниже, коэффициент использования материала выше. Учитывая эти факторы, в качестве заготовки выбираем литьё в песчано-глинистые формы с машинной формовкой.

1.3.2 Выбор баз

Выбор технологических баз в значительной степени определяет точность линейных размеров поверхностей, полученных в процессе обработки,

выбор режущего и мерительного инструмента, станочных приспособлений, производительность обработки.

В качестве технологических баз при обработке корпуса используются следующие поверхности.

005 Фрезерно-расточная

Базирование заготовки осуществляется по необработанным плоскостям, заготовка устанавливается на 3 опоры и доводится до трёх опор. Эта схема базирования лишает заготовку шести степеней свободы. Закрепление заготовки осуществляется прихватами.

Погрешность базирования на все размеры равна 0, т.к. измерительная и технологическая базы совпадают, выполняются осевым инструментом и за один установ.

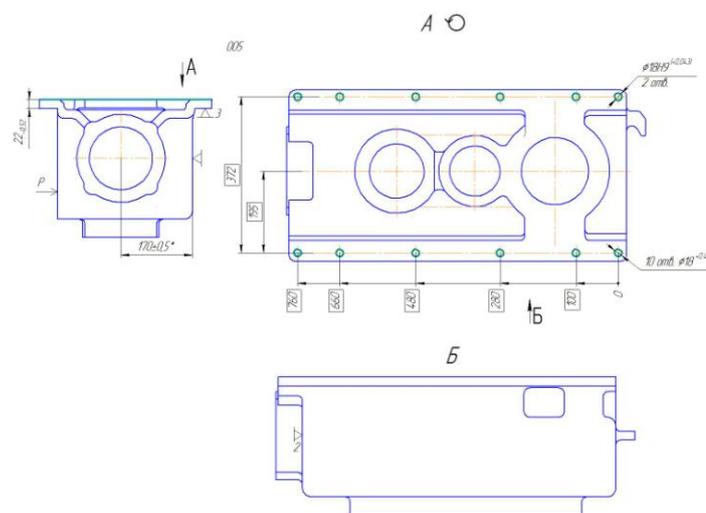


Рисунок 2 Схема базирования для 005 операции

015 Сверильно-фрезерно-расточная

Базирование заготовки осуществляется по плоскости и двум отверстиям, заготовка устанавливается на пластины и два пальца. Это схема базирования лишает заготовку шести степеней свободы. Закрепление заготовки осуществляется прихватами.

Допуски и посадки при установке заготовки двумя цилиндрическими отверстиями с параллельными осями на цилиндрический и ромбический палец. Максимальное боковое смещения вдоль линии центров пальцев равно половине максимального зазора $S_{\max/\text{ц}}$ между цилиндрическим пальцем и соответствующим отверстием в заготовке.

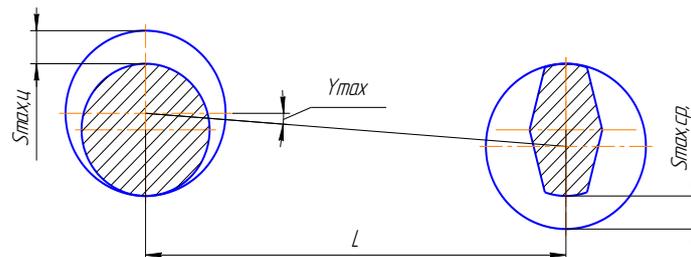


Рисунок 3 Схема установки на два пальца

Технологическое отверстие в заготовке выполняем диаметр 18Н9, верхнее отклонение плюс 0,043.

Цилиндрический и ромбический палец выполняют в размер диаметра 18f7; верхнее отклонение минус 0,016, нижнее отклонение минус 0,034.

Максимальное боковое смещение заготовки по нормали к линии центров пальцев равно большему из двух значений $0,5S_{\max.ц}$ или $0,5S_{\max.ср}$.

В данном случае максимальное боковое смещение заготовки к линии центров пальцев будет равно максимальному боковому смещению вдоль линии центров пальцев и равно 0,0385 мм.

Максимальное угловое смещение находим по формуле:

$$Y_{\max} = \arctan \left(0,5 \cdot \frac{S_{\max.ц} + S_{\max.ц}}{L} \right), \quad (1.3)$$

$$Y_{\max} = \arctan \left(0,5 \cdot \frac{0,0385 + 0,0385}{1170} \right) = 0,002^\circ.$$

На размеры 150 мм и 170 мм погрешность базирования равна 0,7385 мм, что не превышает допуск на размер. На размеры 23 мм, 43 мм, 23 мм, 140 мм погрешность базирования равна 0, т.к. технологическая и измерительная базы совпадают. На размер 350 мм погрешность базирования равна 1,7385 мм, что не превышает допуск на размер.

На остальные размеры равна 0, т.к. выполняются осевым инструментом и за один установ.

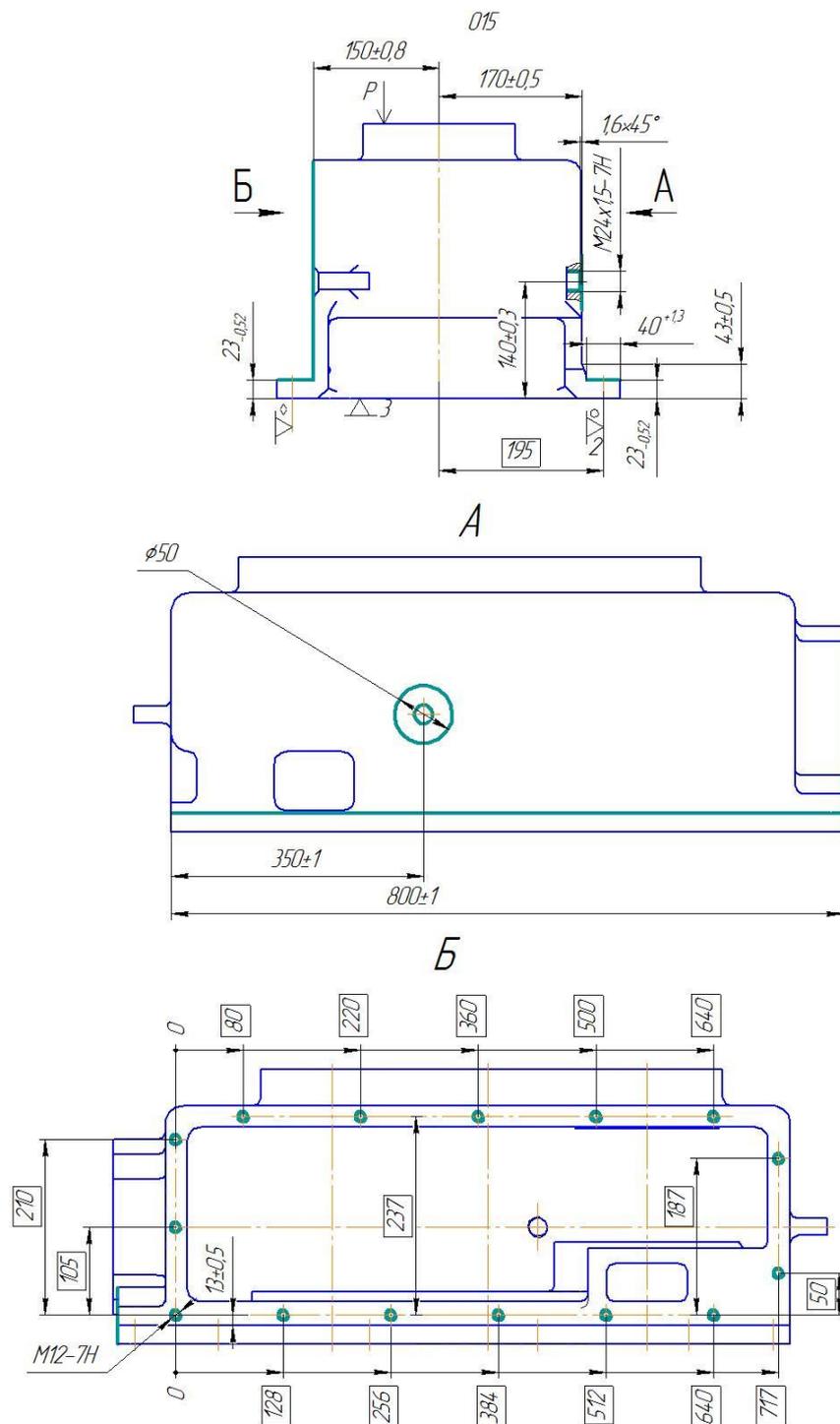


Рисунок 4 Схема базирования для 015 операции

025 Сверлильно-фрезерно-расточная

Базирование заготовки осуществляется по плоскости и двум отверстиям, заготовка устанавливается на пластины и два пальца. Это схема базирования лишает заготовку шести степеней свободы. Закрепление заготовки осуществляется прихватами.

На размер 328 мм погрешность базирования равна 0, т.к. измерительная и технологическая базы совпадают. На размер 150 мм погрешность базирования равна $0,7385$ мм, что не превышает допуск на размер. На размер

170 мм погрешность базирования равна 1,7385 мм, что не превышает допуск на размер.

На остальные размеры равна 0, т.к. выполняются осевым инструментом и за один установ.

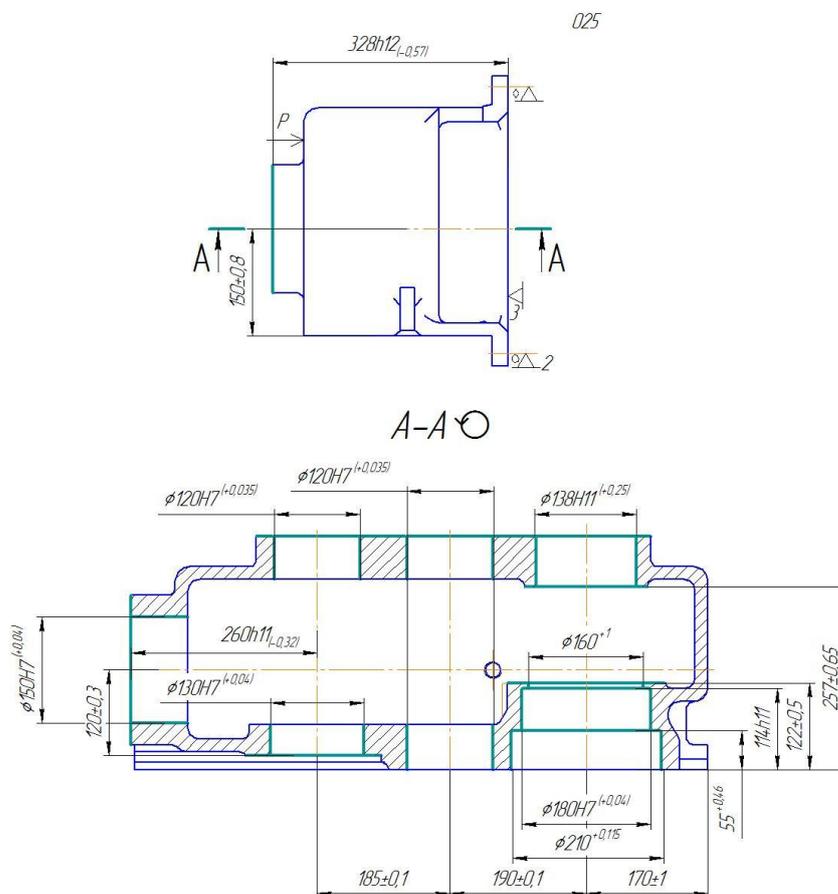


Рисунок 5 Схема базирования для 025 операции

1.3.3 Составление технологического маршрута механической обработки

Структура процесса механической обработки корпуса представлена в таблице 1.7.

Таблица 1.7 – Технологический процесс механической обработки корпуса

№ операции	Наименование и содержание операции	Наименование оборудования
1	2	3
005	<p>Фрезерно-расточная с ЧПУ</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Фрезеровать поверхность на проход в размер 22,052 мм. 2. Центровать 12 отверстий. 3. Сверлить 10 отверстий в размер $\text{Ø}18^{+0,43}$ мм. 4. Сверлить 2 отверстия $\text{Ø}16\text{H}12$ мм. 	Фрезерно-расточной

Продолжение таблицы 1.7

1	2	3
	5. Зенкеровать 2 отверстия Ø17,8H10 мм 6. Развернуть 2 отверстия Ø18H9 мм.	станок 600V
010	Слесарная Удалить заусенцы, притупить острые кромки	Участок слесарный
015	Сверлильно-фрезерно-расточная с ЧПУ Позиция I 1. Фрезеровать поверхности в размеры 170±0,5 мм, диаметром 50 мм, 23 _{-0,52} мм, 40 ^{+1,3} мм. 2. Сверлить отверстие диаметром 22,43 ^{+0,3} мм. 3. Зенковать фаску 1,6x45°. 4. Нарезать резьбу M24x1,5-7H. Позиция II 5. Фрезеровать поверхность в размер 800±1 мм. Позиция III 6. Фрезеровать поверхность в размер 150±0,8 мм 7. Фрезеровать поверхность в размер 23 _{-0,52} мм. 8. Центровать 15 отверстий. 9. Сверлить 15 отверстий в размер Ø10,2 ^{+0,3} мм. 10. Нарезать резьбу в 15 отверстиях M12-7H.	Сверлильно-фрезерно-расточной станок UNION T 130
020	Слесарная Удалить заусенцы, притупить острые кромки	Участок слесарный
025	Сверлильно-фрезерно-расточная с ЧПУ Позиция I 1. Фрезеровать поверхность на проход в размер 328h12 мм. 2. Центровать 12 отверстий. 3. Сверлить 12 отверстий в размер Ø10,2 ^{+0,3} мм. 4. Нарезать резьбу M12-7H. Позиция II 5. Фрезеровать поверхность в размер 120±0,3 мм. 6. Расточить отверстие в размер Ø160 ⁺¹ мм на проход. 7. Расточить отверстие в размер Ø178H11 мм глубиной 114h11 мм. 8. Расточить отверстие в размер Ø208H11 мм глубиной 55 ^{+0,46} мм. 9. Расточить отверстие в размер Ø138H11 мм на проход. 10. Расточить отверстие в размер Ø210H9 мм. 11. Фрезеровать фаску 2x30°. 12. Расточить отверстие в размер Ø179H9 мм. 13. Расточить отверстие в размер Ø180H7 мм.	Сверлильно-фрезерно-расточной станок UNION T 130

Продолжение таблицы 1.7

1	2	3
	14. Фрезеровать фаску 3x45°. 15. Расточить отверстие в размер Ø139H9 мм на проход. 16. Расточить 2 отверстия в размер Ø118H11 мм на проход. 17. Расточить отверстие в размер Ø128H11 мм на проход. 18. Расточить 2 отверстия в размер Ø119H9 мм на проход. 19. Фрезеровать фаску 2x30°. 20. Расточить отверстие в размер Ø129H9 мм. 21. Расточить отверстие в размер Ø130H7 мм. 22. Фрезеровать фаску 2x30°. 23. Центровать 12 отверстий мм. 24. Сверлить 8 отверстий в размер Ø10,2 ^{+0,3} мм. 25. Сверлить 4 отверстия в размер Ø14 ^{+0,3} мм. 26. Нарезать резьбу M12-7H. 27. Нарезать резьбу M16-7H. Позиция III 28. Фрезеровать торец в размер 260h11 мм. 29. Расточить отверстие в размер Ø148H11 мм на проход. 30. Расточить отверстие в размер Ø149H9 мм на проход. 31. Расточить отверстие в размер Ø150H7 мм на проход. 32. Фрезеровать фаску 2x30°. 33. Центровать 4 отверстия мм. 34. Сверлить 4 отверстия в размер Ø17,5 ^{+0,3} мм. 35. Нарезать резьбу M20-7H. Позиция IV 36. Расточить отверстие в размер Ø140H7 мм на проход. 37. Расточить 2 отверстия в размер Ø120H7 мм на проход. 38. Фрезеровать 3 фаски 2x30°.	
030	Слесарная Удалить заусенцы, притупить острые кромки	Участок слесарный
035	Термообработка	
040	Контрольная	

1.3.4 Выбор оборудования

Таблица 1.8 – Технические характеристики станка 600V

Параметр	Значение
Размер рабочей поверхности стола, мм	600x1250
Наибольшее перемещение стола, мм продольное X, поперечное Y, вертикальное Z,	1000 570 600
Расстояние от торца шпинделя до рабочей поверхности стола, мм	730
Наибольшая масса обрабатываемой детали и приспособления устанавливаемых на столе станка, кг	600
Пределы частот вращения шпинделя, об/мин	0-8000
Ёмкость инструментального магазина, шт	20
Наибольший диаметр инструмента, устанавливаемого в магазине, шт	125(80)
Наибольшие программируемые перемещения стола, мм/мин продольное поперечное вертикальное	1000 570 600
Мощность электродвигателя главного движения, кВт	11
Масса, кг	8400

Таблица 1.9 – Технические характеристики станка UNION T 130

Параметр	Значение
Размер рабочей поверхности стола, мм	1250x1600
Диаметр шпинделя, мм	130
Наибольшие программируемые перемещения по осям, мм (X) (Y) (Z) (W)	2000 200 1500 750
Максимальная частота вращения шпинделя, об/мин	4000
Время смены инструмента, с	12
Максимальная нагрузка на стол, кг	10000
Мощность двигателя главного привода, кВт	60

1.3.5 Выбор средств технологического оснащения

Приспособления и инструменты представлены в таблице 1.10

Таблица 1.10 – Средства технологического оснащения

Номер операции	Оснастка
1	2
005 Фрезерно-расточная	<p>Фреза 490-250Q60-14М фирмы Sandvik Coromant Сверло центровочное Сверло 860.1-0180-019А1-РМ фирмы Sandvik Coromant Сверло 860.1-0160-019А1-РМ фирмы Sandvik Coromant Зенкер 2323-0521 ГОСТ 12489-71 Развёртка 2363-3389 ГОСТ 1672-80 Штангенциркуль ШЦ-I-400-0,1 ГОСТ 166-80 Калибр-пробка 8133-0933 ГОСТ 14810-69 Калибр-пробка 8133-0931 ГОСТ 14810-69</p>
015 Сверлильно-фрезерно-расточная	<p>Фреза 490-250Q60-14М фирмы Sandvik Coromant Сверло центровочное Сверло 880-D2240L25-02 фирмы Sandvik Coromant Сверло 860.1-0102-019А1-РМ фирмы Sandvik Coromant Сверло 860.1-0900-019А1-РМ фирмы Sandvik Coromant Зенкер 2323-0515 ГОСТ 12489-71 Развёртка 2363-3341 ГОСТ 1672-80 Метчик Е447М12 фирмы Sandvik Coromant Метчик Е461М24 фирмы Sandvik Coromant Калибр-скоба 8102-0215 ГОСТ 18360-93 Штангенциркуль ШЦ-I-400-0,1 ГОСТ 166-80 Пробка М 12 ПР ГОСТ 24997-81 Пробка М 12 НЕ ГОСТ 24997-81 Пробка М 24 ПР ГОСТ 24997-81 Пробка М 24 НЕ ГОСТ 24997-81</p>
025 Сверлильно-фрезерно-расточная	<p>Фреза 490-250Q60-14М фирмы Sandvik Coromant Фреза угловая односторонняя 63х20 ГОСТ Р 50181-91 Сверло центровочное Сверло 860.1-0102-019А1-РМ фирмы Sandvik Coromant Метчик Е447М12 фирмы Sandvik Coromant Сверлильно-фрезерно-расточной станок UNION T 130 Сверло 860.1-0140-019А1-РМ фирмы Sandvik Coromant Метчик Е447М16 фирмы Sandvik Coromant Сверло 860.1-0175-019А1-РМ фирмы Sandvik Coromant Метчик Е447М20 фирмы Sandvik Coromant Расточной инструмент R820H-BR26SCFC12A, C8R820H-AA3089А фирмы Sandvik Coromant Расточной инструмент R820H-AR36DCFN16A, C8R820H-</p>

Продолжение таблицы 1.10

1	2
	AA3089A фирмы Sandvik Coromant Расточной инструмент R820G-BR24DCFN12A, C8R820H- AA3089A фирмы Sandvik Coromant Расточной инструмент R820H-BR26SCFC12A, C8R820H- AA3089A фирмы Sandvik Coromant Расточной инструмент R820H-AR36DCFN16A, C8R820H- AA3089A фирмы Sandvik Coromant Расточной инструмент R820G-BR24DCFN12A, C8R820H- AA3089A фирмы Sandvik Coromant Штангенциркуль ШЦ-I-400-0,1 ГОСТ 166-80 Калибр-пробка 8140-0109 ГОСТ 14822-69; Калибр-пробка 8140-0119 ГОСТ 14822-69; Калибр-пробка 8140-0116 ГОСТ 14822-69; Калибр-пробка 8140-0127 ГОСТ 14822-69; Калибр-пробка 8140-0132 ГОСТ 14822-69; Калибр-пробка 8140-0136 ГОСТ 14822-69; Калибр-пробка 8140-0142 ГОСТ 14822-69; Калибр-пробка 8140-0145 ГОСТ 14822-69; Калибр-пробка 8140-0131 ГОСТ 14822-69; Калибр-пробка 8140-0128 ГОСТ 14822-69; Пробка М 12 ПР ГОСТ 24997-81 Пробка М 12 НЕ ГОСТ 24997-81 Пробка М 16 ПР ГОСТ 24997-81 Пробка М 16 ПР ГОСТ 24997-81 Пробка М 20 ПР ГОСТ 24997-81 Пробка М 20 ПР ГОСТ 24997-81 Калибр соосности специальный Калибр перпендикулярности специальный

1.4 Инженерные расчеты

1.4.1 Расчёт припусков

Расчёт припусков на механическую обработку производится после выбора оптимальных для данных условий технологического маршрута и выбора метода получения заготовки.

Расчёт для двух размеров проводится расчётно-аналитическим методом. Расчётной величиной является минимальный припуск на обработку, достаточный для устранения на выполняемом переходе погрешностей обработки и дефектов поверхностного слоя, полученных на предшествующем переходе.

Минимальный припуск при обработке наружных и внутренних поверхностей (двусторонний припуск):

$$2Z_{i \min} = 2 \cdot \left[(R_z + h)_{i-1} + \sqrt{\Delta_{\Sigma i-1}^2 + \varepsilon_i^2} \right], \quad (1.4)$$

где R_z – высота неровностей профиля на предшествующем переходе;

h – глубина дефектного поверхностного слоя;

$\Delta_{\Sigma i-1}^2$ – суммарные отклонения от расположения поверхностей на пред-

шествующем переходе;

ε_i – погрешность установки заготовки.

В таблице 1.11 приведен расчёт припусков на обработку отверстия 150Н7 мм.

Таблица 1.11 – Расчёт припусков на обработку отверстия диаметром 150Н7 мм

Технологический переход обработки поверхности	Элементы припуска, мкм.				Мин. припуск Z_{\min} , мкм.	Расчётный максимальный размер, мм.	Допуск T_d , мкм.	Предельные размеры, мм.		Предельные значения припусков, мкм.	
	R_z	h	Δ_{Σ}	ε				min	max	Z_{\max}	Z_{\min}
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Заготовка ± 5	250	250	1500	—	—	145,52	10	136	146	—	—
Растачивание предварительное IT11	50	50	90	0	2x2000	149,523	0,25	149,27	149,52	13270	3520

Продолжение таблицы 1.11

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Растачивание предварительное IT9	32	32	4,5	0	2×190	149,903	0,1	149,8	149,9	530	380
Растачивание окончательное IT7	10	20	0	0	2×68,5	150,04	0,04	150	150,04	200	140

Общие припуски $Z_{Omin} = 4040$ мкм, $Z_{Omax} = 14000$ мкм.

Проверка расчёта припусков:

$$Z_{omax} - Z_{omin} = Td_{заг} - Td_{дет}, \quad (1.5)$$

где Z_{omin}, Z_{omax} – минимальный и максимальный общие припуски;

$Td_{заг}, Td_{дет}$ – допуски заготовки и детали.

$$Z_{omax} - Z_{omin} = 14000 - 4040 = 9960 \text{ мкм};$$

$$Td_{заг} - Td_{дет} = 10 - 0,04 = 9960 \text{ мкм}.$$

Расчёт припусков выполнен верно.

В таблице 1.12 приведен расчёт припусков на обработку поверхности 328h12 мм.

Таблица 1.12 – Расчёт припусков на обработку поверхности 328h12 мм

Технологический переход обработки поверхности	Элементы припуска, мкм.				Мин. припуск Z_{min} , мкм.	Расчётный максимальный размер, мм.	Допуск Td , мкм.	Предельные размеры, мм.		Предельные значения припусков, мкм.	
	Rz	h	Δ_{Σ}	ϵ				min	max	Z_{max}	Z_{min}
Заготовка ±6,4	250	250	1500	—	—	331,43	12,8	331,4	344,2	—	—
Фрезерование окончательное IT12	50	50	0	0	2×2000	327,43	0,57	327,43	328	16200	3970

Общие припуски $Z_{Omin} = 3970$ мкм, $Z_{Omax} = 16200$ мкм.

Проверка расчёта припусков рассчитывается по формуле (1.4):

$$Z_{\text{omax}} - Z_{\text{omin}} = 16200 - 3970 = 12230 \text{ мкм};$$

$$T_{d_{\text{заг}}} - T_{d_{\text{дет}}} = 12,8 - 0,57 = 12230 \text{ мкм}.$$

Расчёт припусков выполнен верно.

1.4.2 Расчёт режимов резания

Расчет режимов резания ведется при помощи онлайн программ фирмы Sandvik Coromant [17].

Рисунок 6 Расчёт режимов резания

Зенкеровать 2 отверстия диаметром 17,8Н10 мм.

Глубина резания равна 0,9 мм.

Подача равна 0,6 мм/об.

Скорость резания:

$$V = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot t^x \cdot S^y} \cdot K_v, \quad (1.6)$$

где T – период стойкости материала пластины;

C_v, x, y, m, u, q – коэффициент и показатели степени;

K_v – общий поправочный коэффициент.

$$K_v = K_{MV} \cdot K_{IV} \cdot K_{IV}, \quad (1.7)$$

где K_{MV} – коэффициент, учитывающий качество обрабатываемого материала;

K_{IV} – коэффициент, учитывающий глубину обработки;

K_{IV} – коэффициент, учитывающий материал инструмента.

$$K_{MV} = K_{\Gamma} \cdot \left(\frac{750}{\sigma_B} \right)^{n_V}, \quad (1.8)$$

где K_{Γ} – коэффициент, характеризующий, группу стали по обрабатываемости.

$$K_{MV} = 1 \cdot \left(\frac{750}{600} \right)^{0.9} = 1,22.$$

$$K_V = 1,22 \cdot 1 \cdot 1 = 1,22.$$

$$V = \frac{16,3 \cdot 17,8^{0,3}}{30^{0,3} \cdot 0,9^{0,2} \cdot 0,6^{0,5}} \cdot 1,22 = 22,4 \text{ м/мин.}$$

Число оборотов шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D}, \quad (1.9)$$

$$n = \frac{1000 \cdot 22,4}{3,14 \cdot 17,8} = 401 \text{ об/мин.}$$

Сила резания:

$$P_o = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot K_p, \quad (1.10)$$

Крутящий момент:

$$M_{кр} = 10 \cdot C_m \cdot D^q \cdot t^x \cdot S^y \cdot K_p, \quad (1.11)$$

где C_m, q, x, y – коэффициент и показатели степени;

$$K_p = K_{mp}.$$

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

$$K_{mp} = \left(\frac{\sigma_B}{750} \right)^n, \quad (1.12)$$

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

$$P_o = 10 \cdot 67 \cdot 0,9^{1,2} \cdot 0,6^{0,65} \cdot 0,85 = 358,33 \text{ Н.}$$

$$M_{кр} = 10 \cdot 0,09 \cdot 17,8^1 \cdot 0,9^{0,9} \cdot 0,6^{0,8} \cdot 0,85 = 8,19 \text{ Н} \cdot \text{м.}$$

Мощность резания определяем по формуле:

$$N_{рез} = \frac{M_{кр} \cdot n}{9750}, \quad (1.13)$$

$$N_{рез} = \frac{8,19 \cdot 401}{9750} = 0,34 \text{ кВт.}$$

Основное время:

$$T_o = \frac{L \cdot i}{n \cdot S}, \quad (1.14)$$

где $L = l + l_1 + l_2$, (1.15)

$$T_o = \frac{25 \cdot 2}{401 \cdot 0,6} = 0,21 \text{ мин.}$$

Расчёт режимов резания на остальные переходы представлены в таблице 1.13.

Таблица 1.13 – Расчёт режимов резания обработки корпуса

№ операции	Наименование и содержание операции
1	2
005	<p>Фрезеровать поверхность на проход в размер $22_{-0,52}$ мм. Глубина резания $t=1,3$ мм Подача $S_z=142,4$ мм/мин Скорость резания $V=170$ м/мин Число оборотов шпинделя $n=216$ об/мин Сила резания $P_z=1308,65$ Н Крутящий момент $M_{кр}=59$ Н·м Мощность резания $N=1,3$ кВт Основное время $T_o=5,11$ мин</p> <p>Центровать 12 отверстий Глубина резания $t=1,5$ мм Подача $S=0,1$ мм/об Скорость резания $V=23$ м/мин Число оборотов шпинделя $n=2452$ об/мин Сила резания $P_z=249$ Н Крутящий момент $M_{кр}=0,44$ Н·м Мощность резания $N=0,09$ кВт Основное время $T_o=0,36$ мин</p> <p>Сверлить 10 отверстий в размер $\varnothing 18^{+0,43}$ мм. Глубина резания $t=9$ мм Подача $S=0,22$ мм/об Скорость резания $V=70$ м/мин Число оборотов шпинделя $n=1238$ об/мин Сила резания $P=2882$ Н Крутящий момент $M_{кр}=30$ Н·м Мощность резания $N=3,9$ кВт Основное время $T_o=0,8$ мин</p> <p>Сверлить 2 отверстия $\varnothing 16H12$ мм. Глубина резания $t=8$ мм</p>

Продолжение таблицы 1.13

1	2
	<p> Подача $S=0,22$ мм/об Скорость резания $V=70$ м/мин Число оборотов шпинделя $n=1393$ об/мин Сила резания $P=2561$ Н Крутящий момент $M_{кр}=25$ Н·м Мощность резания $N=3,7$ кВт Основное время $T_o=0,14$ мин </p> <p> Развернуть 2 отверстия $\varnothing 18H9$ мм. Глубина резания $t=0,1$ мм Подача $S=0,7$ мм/об Скорость резания $V=7,5$ м/мин Число оборотов шпинделя $n=119$ об/мин Крутящий момент $M_{кр}=1,98$ Н·м Мощность резания $N=0,03$ кВт Основное время $T_o=0,46$ мин </p> <p> Фрезеровать поверхность в размер $170\pm 0,5$ мм, диаметром 50 мм. </p>
015	<p> Глубина резания $t=2$ мм Подача $S=184$ мм/мин Скорость резания $V=190$ м/мин Число оборотов шпинделя $n=241$ об/мин Сила резания $P_z=1969,69$ Н Крутящий момент $M_{кр}=22$ Н·м Мощность резания $N=0,6$ кВт Основное время $T_o=0,1$ мин </p> <p> Фрезеровать поверхность в размеры $23_{-0,57}$ мм и $40^{+1,3}$ мм. Глубина резания $t=2,5$ мм Подача $S=412$ мм/мин Скорость резания $V=175$ м/мин Число оборотов шпинделя $n=1075$ об/мин Сила резания $P_z=2392,08$ Н Крутящий момент $M_{кр}=21$ Н·м Мощность резания $N=2,3$ кВт Основное время $T_o=1,95$ мин </p> <p> Сверлить отверстие диаметром $22,43^{+0,3}$ мм. Глубина резания $t=11,2$ мм Подача $S=0,06$ мм/об Скорость резания $V=120$ м/мин Число оборотов шпинделя $n=1704$ об/мин Сила резания $P=1303$ Н </p>

Продолжение таблицы 1.13

1	2
	<p>Крутящий момент $M_{кр}=16 \text{ Н}\cdot\text{м}$ Мощность резания $N=4,2 \text{ кВт}$ Основное время $T_o=0,12 \text{ мин}$</p> <p>Зенковать фаску $1,6 \times 45^\circ$. Глубина резания $t=1 \text{ мм}$ Подача $S=1 \text{ мм/об}$ Скорость резания $V=11 \text{ м/мин}$ Число оборотов шпинделя $n=70 \text{ об/мин}$ Сила резания $P=1438 \text{ Н}$ Мощность резания $N=0,23 \text{ кВт}$ Основное время $T_o=0,04 \text{ мин}$</p> <p>Нарезать резьбу $M24 \times 1,5-7H$. Скорость резания $V=6 \text{ м/мин}$ Число оборотов шпинделя $n=80 \text{ об/мин}$ Крутящий момент $M_{кр}=7 \text{ Н}\cdot\text{м}$ Мощность резания $N=1,9 \text{ кВт}$ Основное время $T_o=0,08 \text{ мин}$</p> <p>Фрезеровать поверхность в размер $800 \pm 1 \text{ мм}$. Глубина резания $t=2,5 \text{ мм}$ Подача $S_z=140,8 \text{ мм/мин}$ Скорость резания $V=185 \text{ м/мин}$ Число оборотов шпинделя $n=1155,4 \text{ об/мин}$ Сила резания $P_z=130 \text{ Н}$ Крутящий момент $M_{кр}=55 \text{ Н}\cdot\text{м}$ Мощность резания $N=1,3 \text{ кВт}$ Основное время $T_o=1,46 \text{ мин}$</p> <p>Фрезеровать поверхность в размер $150 \pm 0,8 \text{ мм}$. Глубина резания $t=3,5 \text{ мм}$ Подача $S=159 \text{ мм/мин}$ Скорость резания $V=165 \text{ м/мин}$ Число оборотов шпинделя $n=208 \text{ об/мин}$ Сила резания $P_z=4537,6 \text{ Н}$ Крутящий момент $M_{кр}=195 \text{ Н}\cdot\text{м}$ Мощность резания $N=4,2 \text{ кВт}$ Основное время $T_o=5,68 \text{ мин}$</p> <p>Фрезеровать поверхность в размер $23_{-0,52} \text{ мм}$. Глубина резания $t=2,5 \text{ мм}$ Подача $S=412 \text{ мм/мин}$</p>

Продолжение таблицы 1.13

1	2
	<p>Скорость резания $V=175$ м/мин Число оборотов шпинделя $n=1075$ об/мин Сила резания $P_z=2392,08$ Н Крутящий момент $M_{кр}=21$ Н·м Мощность резания $N=2,3$ кВт Основное время $T_o=1,95$ мин</p> <p>Центровать 15 отверстий. Глубина резания $t=1,5$ мм Подача $S=0,1$ мм/об Скорость резания $V=23$ м/мин Число оборотов шпинделя $n=2452$ об/мин Сила резания $P_z=249$ Н Крутящий момент $M_{кр}=0,44$ Н·м Мощность резания $N=0,09$ кВт Основное время $T_o=0,45$ мин</p> <p>Сверлить 15 отверстий в размер $\varnothing 10,2^{+0,3}$ мм. Глубина резания $t=5,1$ мм Подача $S=0,2$ мм/об Скорость резания $V=70$ м/мин Число оборотов шпинделя $n=2184$ об/мин Сила резания $P=1516$ Н Крутящий момент $M_{кр}=8.2$ Н·м Мощность резания $N=1,9$ кВт Основное время $T_o=0,86$ мин</p> <p>Нарезать резьбу в 15 отверстиях М12-7Н. Скорость резания $V=6$ м/мин Число оборотов шпинделя $n=159$ об/мин Крутящий момент $M_{кр}=7$ Н·м Мощность резания $N=1,9$ кВт Основное время $T_o=0,65$ мин</p>
025	<p>Фрезеровать поверхность на проход в размер $328h12$ мм. Глубина резания $t=1$ мм Подача $S=142,4$ мм/мин Скорость резания $V=160$ м/мин Число оборотов шпинделя $n=203$ об/мин Сила резания $P_z=1495,08$ Н Крутящий момент $M_{кр}=64$ Н·м Мощность резания $N=1,4$ кВт Основное время $T_o=3,6$ мин</p>

Продолжение таблицы 1.13

1	2
	<p>Центровать 12 отверстий. Глубина резания $t=1,5$ мм Подача $S=0,1$ мм/об Скорость резания $V=23$ м/мин Число оборотов шпинделя $n=2452$ об/мин Сила резания $P_z=249$ Н Крутящий момент $M_{кр}=0,44$ Н·м Мощность резания $N=0,09$ кВт Основное время $T_o=0,36$ мин</p> <p>Сверлить 12 отверстий в размер $\varnothing 10,2^{+0,3}$ мм. Глубина резания $t=5,1$ мм Подача $S=0,2$ мм/об Скорость резания $V=70$ м/мин Число оборотов шпинделя $n=2184$ об/мин Сила резания $P=1516$ Н Крутящий момент $M_{кр}=8,2$ Н·м Мощность резания $N=1,9$ кВт Основное время $T_o=0,71$ мин</p> <p>Нарезать резьбу М12-7Н. Скорость резания $V=6$ м/мин Число оборотов шпинделя $n=159$ об/мин Крутящий момент $M_{кр}=7$ Н·м Мощность резания $N=1,9$ кВт Основное время $T_o=0,59$ мин</p> <p>Фрезеровать поверхность в размер $120\pm 0,3$ мм. Глубина резания $t=1$ мм Подача $S_z=96$ мм/мин Скорость резания $V=82$ м/мин Число оборотов шпинделя $n=190$ об/мин Сила резания $P_z=1184,3$ Н Крутящий момент $M_{кр}=19$ Н·м Мощность резания $N=0,5$ кВт Основное время $T_o=2,53$ мин</p> <p>Расточить отверстие в размер $\varnothing 160^{+1}$ мм на проход. Глубина резания $t=3,5$ мм Подача $S=0,8$ мм/об Скорость резания $V=80$ м/мин Число оборотов шпинделя $n=159$ об/мин Сила резания $P_z=2196$ Н</p>

Продолжение таблицы 1.13

1	2
	<p>Мощность резания $N=9,2$ кВт Основное время $T_o=0,65$ мин</p> <p>Расточить отверстие в размер $\text{Ø}178\text{H}11$ мм глубиной $114\pm 0,3$ мм. Глубина резания $t=4,5$ мм Подача $S=0,8$ мм/об Скорость резания $V=80$ м/мин Число оборотов шпинделя $n=159$ об/мин Сила резания $P_z=2824$ Н Мощность резания $N=9$ кВт Основное время $T_o=1,28$ мин</p> <p>Расточить отверстие в размер $\text{Ø}208\text{H}11$ мм глубиной $55^{+0,46}$ мм. Глубина резания $t=3,5$ мм Подача $S=0,8$ мм/об Скорость резания $V=80$ м/мин Число оборотов шпинделя $n=122$ об/мин Сила резания $P_z=2196$ Н Мощность резания $N=8,7$ кВт Основное время $T_o=1,35$ мин</p> <p>Расточить отверстие в размер $\text{Ø}138\text{H}11$ мм на проход. Глубина резания $t=2,5$ мм Подача $S=0,8$ мм/об Скорость резания $V=80$ м/мин Число оборотов шпинделя $n=185$ об/мин Сила резания $P_z=1569$ Н Мощность резания $N=6,6$ кВт Основное время $T_o=0,31$ мин</p> <p>Расточить отверстие в размер $\text{Ø}210\text{H}9$ мм. Глубина резания $t=1$ мм Подача $S=0,15$ мм/об Скорость резания $V=120$ м/мин Число оборотов шпинделя $n=182$ об/мин Сила резания $P_z=691$ Н Мощность резания $N=1,2$ кВт Основное время $T_o=1,47$ мин</p> <p>Расточить отверстие в размер $\text{Ø}179\text{H}9$. Глубина резания $t=0,5$ мм Подача $S=0,15$ мм/об Скорость резания $V=120$ м/мин</p>

Продолжение таблицы 1.13

1	2
	<p>Число оборотов шпинделя $n=213$ об/мин Сила резания $P_z=691$ Н Мощность резания $N=1,2$ кВт Основное время $T_o=1,37$ мин</p> <p>Расточить отверстие в размер $\varnothing 180H7$. Глубина резания $t=0,5$ мм Подача $S=0,15$ мм/об Скорость резания $V=120$ м/мин Число оборотов шпинделя $n=212$ об/мин Сила резания $P_z=691$ Н Мощность резания $N=1,2$ кВт Основное время $T_o=1,37$ мин</p> <p>Расточить отверстие в размер $\varnothing 139H9$ мм на проход. Глубина резания $t=0,5$ мм Подача $S=0,15$ мм/об Скорость резания $V=120$ м/мин Число оборотов шпинделя $n=275$ об/мин Сила резания $P_z=691$ Н Мощность резания $N=1,2$ кВт Основное время $T_o=1,24$ мин</p> <p>Расточить отверстие в размер $\varnothing 140H7$ мм на проход. Глубина резания $t=0,5$ мм Подача $S=0,15$ мм/об Скорость резания $V=120$ м/мин Число оборотов шпинделя $n=273$ об/мин Сила резания $P_z=691$ Н Мощность резания $N=1,2$ кВт Основное время $T_o=1,24$ мин</p> <p>Расточить 2 отверстия в размер $\varnothing 118H11$ мм на проход. Глубина резания $t=2,5$ мм Подача $S=0,8$ мм/об Скорость резания $V=80$ м/мин Число оборотов шпинделя $n=196$ об/мин Сила резания $P_z=1569$ Н Мощность резания $N=6,6$ кВт Основное время $T_o=0,71$ мин</p> <p>Расточить отверстие в размер $\varnothing 128H11$ мм на проход. Глубина резания $t=2,5$ мм Подача $S=0,8$ мм/об</p>

Продолжение таблицы 1.13

1	2
	<p>Скорость резания $V=80$ м/мин Число оборотов шпинделя $n=182$ об/мин Сила резания $P_z=1569$ Н Мощность резания $N=6,6$ кВт Основное время $T_o=0,18$ мин</p> <p>Расточить 2 отверстия в размер $\varnothing 119H9$ мм на проход. Глубина резания $t=0,5$ мм Подача $S=0,15$ мм/об Скорость резания $V=120$ м/мин Число оборотов шпинделя $n=321$ об/мин Сила резания $P_z=691$ Н Мощность резания $N=0,7$ кВт Основное время $T_o=1,83$ мин</p> <p>Расточить 2 отверстия в размер $\varnothing 120H7$ мм на проход. Глубина резания $t=0,5$ мм Подача $S=0,15$ мм/об Скорость резания $V=120$ м/мин Число оборотов шпинделя $n=318$ об/мин Сила резания $P_z=691$ Н Мощность резания $N=0,7$ кВт Основное время $T_o=1,83$ мин</p> <p>Расточить отверстие в размер $\varnothing 129H9$ мм. Глубина резания $t=0,5$ мм Подача $S=0,15$ мм/об Скорость резания $V=120$ м/мин Число оборотов шпинделя $n=296$ об/мин Сила резания $P_z=691$ Н Мощность резания $N=0,7$ кВт Основное время $T_o=0,71$ мин</p> <p>Расточить отверстие в размер $\varnothing 130H7$ мм. Глубина резания $t=0,5$ мм Подача $S=0,15$ мм/об Скорость резания $V=120$ м/мин Число оборотов шпинделя $n=294$ об/мин Сила резания $P_z=691$ Н Мощность резания $N=0,7$ кВт Основное время $T_o=0,71$ мин</p> <p>Центровать 12 отверстий.</p>

Продолжение таблицы 1.13

1	2
	<p>Глубина резания $t=1,5$ мм Подача $S=0,1$ мм/об Скорость резания $V=23$ м/мин Число оборотов шпинделя $n=2452$ об/мин Сила резания $P_z=249$ Н Крутящий момент $M_{кр}=0,44$ Н·м Мощность резания $N=0,09$ кВт Основное время $T_o=0,36$ мин</p> <p>Сверлить 8 отверстий в размер $\varnothing 10,2^{+0,3}$ мм. Глубина резания $t=5,1$ мм Подача $S=0,2$ мм/об Скорость резания $V=70$ м/мин Число оборотов шпинделя $n=2184$ об/мин Сила резания $P=1516$ Н Крутящий момент $M_{кр}=8,2$ Н·м Мощность резания $N=1,9$ кВт Основное время $T_o=0,61$ мин</p> <p>Сверлить 4 отверстия в размер $\varnothing 14^{+0,3}$ мм. Глубина резания $t=7$ мм Подача $S=0,2$ мм/об Скорость резания $V=70$ м/мин Число оборотов шпинделя $n=1592$ об/мин Сила резания $P=2081$ Н Крутящий момент $M_{кр}=15$ Н·м Мощность резания $N=2,6$ кВт Основное время $T_o=0,31$ мин</p> <p>Нарезать резьбу М12-7Н. Скорость резания $V=6$ м/мин Число оборотов шпинделя $n=159$ об/мин Крутящий момент $M_{кр}=7$ Н·м Мощность резания $N=1,9$ кВт Основное время $T_o=0,59$ мин</p> <p>Нарезать резьбу М16-7Н. Скорость резания $V=6$ м/мин Число оборотов шпинделя $n=119$ об/мин Крутящий момент $M_{кр}=7$ Н·м Мощность резания $N=1,9$ кВт Основное время $T_o=0,25$ мин</p> <p>Фрезеровать торец в размер 260h11 мм. Глубина резания $t=4$ мм</p>

Продолжение таблицы 1.13

1	2
	<p> Подача $S=99$ мм/мин Скорость резания $V=190$ м/мин Число оборотов шпинделя $n=238$ об/мин Сила резания $P_z=1276,08$ Н Крутящий момент $M_{кр}=220,1$ Н·м Мощность резания $N=2,02$ кВт Основное время $T_o=1,49$ мин </p> <p> Расточить отверстие в размер $\varnothing 148H11$ мм на проход. Глубина резания $t=2,5$ мм Подача $S=0,8$ мм/об Скорость резания $V=80$ м/мин Число оборотов шпинделя $n=159$ об/мин Сила резания $P_z=1569$ Н Мощность резания $N=6,6$ кВт Основное время $T_o=0,39$ мин </p> <p> Расточить отверстие в размер $\varnothing 149H9$ мм на проход. Глубина резания $t=0,5$ мм Подача $S=0,15$ мм/об Скорость резания $V=120$ м/мин Число оборотов шпинделя $n=256$ об/мин Сила резания $P_z=691$ Н Мощность резания $N=1,2$ кВт Основное время $T_o=1,52$ мин </p> <p> Расточить отверстие в размер $\varnothing 150H7$ мм на проход. Глубина резания $t=0,5$ мм Подача $S=0,15$ мм/об Скорость резания $V=120$ м/мин Число оборотов шпинделя $n=255$ об/мин Сила резания $P_z=691$ Н Мощность резания $N=1,2$ кВт Основное время $T_o=1,52$ мин </p> <p> Центровать 4 отверстия. Глубина резания $t=1,5$ мм Подача $S=0,1$ мм/об Скорость резания $V=23$ м/мин Число оборотов шпинделя $n=2452$ об/мин Сила резания $P_z=249$ Н Крутящий момент $M_{кр}=0,44$ Н·м Мощность резания $N=0,09$ кВт </p>

Продолжения таблицы 1.13

1	2
	<p>Основное время $T_0=0,12$ мин</p> <p>Сверлить 4 отверстия в размер $\varnothing 17,5^{+0,3}$ мм. Глубина резания $t=8,75$ мм Подача $S=0,22$ мм/об Скорость резания $V=70$ м/мин Число оборотов шпинделя $n=1273$ об/мин Сила резания $P=2802$ Н Крутящий момент $M_{кр}=26$ Н·м Мощность резания $N=3,5$ кВт Основное время $T_0=0,36$ мин</p> <p>Нарезать резьбу М20-7Н. Скорость резания $V=6$ м/мин Число оборотов шпинделя $n=96$ об/мин Крутящий момент $M_{кр}=7$ Н·м Мощность резания $N=1,9$ кВт Основное время $T_0=0,25$ мин</p>

1.5 Специальная часть

Отпуск является заключительной операцией термической обработки. При отпуске формируются окончательная структура и свойства изделия. Уменьшаются или устраняются внутренние закалочные напряжения, повышаются вязкость и пластичность. Длительность отпуска принимается от 1 до 6 часов в зависимости от размеров детали. Однако исследования влияния длительности отпуска на ударную вязкость показывают, что увеличение времени отпуска, существенно снижает ударную вязкость. Уменьшение выдержки должно компенсироваться несколько более высокой температурой нагрева. Для получения быстрого и равномерного прогрева при кратковременных отпусках следует широко применять отпуск в жидких средах.

Высоких скоростей нагрева при отпуске достигают использованием электронагрева токами высокой частоты. При этом отмечается повышение предела текучести и предела прочности стали.

При быстром охлаждении от температуры отпуска частично подавляется выделение карбидной фазы. Однако исследования показывают, что отнюдь не всегда такое охлаждение ведет к устранению отпускной хрупкости. Кроме того, для массивных деталей достичь быстрого охлаждения практически очень трудно. Другим средством борьбы с отпускной хрупкостью является использование сталей, в состав которых входит молибден или вольфрам.

В зависимости от температуры нагрева различают отпуск низкотемпературный, среднетемпературный и высокотемпературный.

Низкотемпературный (низкий) отпуск проводят с нагревом до температуры от 150 до 200 °С. При низком отпуске несколько снижаются внутренние напряжения. Твердость остается высокой (от 58 до 62 HRC). Структура стали после низкого отпуска состоит из мартенсита отпуска. Этот вид отпуска применяется в основном для режущих и измерительных инструментов, для изделий, подвергаемых поверхностной закалке, цементации, нитроцементации. Низкий отпуск рекомендуется для деталей из малоуглеродистых легированных сталей, так как малоуглеродистый мартенсит отпуска имеет высокий комплекс механических свойств. Рекомендуется такой отпуск и после закалки деталей из стали обыкновенного качества, которые до сих пор обычно используются в нормализованном состоянии.

Среднетемпературный (средний) отпуск проводят при температуре от 350 до 500 °С после закалки пружин и рессор. Структура троостита отпуска обеспечивает высокий предел упругости, твердость от 40 до 50 HRC. Охлаждение после отпуска при температуре от 400 до 450 °С рекомендуется проводить в воде, что приводит к образованию в поверхностном слое остаточных напряжений сжатия, которые увеличивают предел выносливости деталей.

Высокотемпературный (высокий) отпуск проводят при температуре от 550 до 600 °С. После отпуска структура состоит из сорбита отпуска (с зернистым строением), имеющего высокий комплекс механических свойств (максимальную вязкость). Высокий отпуск применяется для нагруженных конструкционных деталей. Закалка с высоким отпуском называется улучшением. Во избежание возникновения термических напряжений рекомендуется последующее медленное охлаждение, за исключением сталей, подверженных обратной отпускной хрупкости, которые от температуры высокого отпуска охлаждают в воде или в масле.

1.6 Разработка конструкции

1.6.1 Обоснование и описание конструкции

Приспособление ФЮРА.300094.003СБ используется на 025 операции. Базирование детали в приспособлении производится по плоскости и двум отверстиям. Три точки несёт опорная базирующая плоскость, две точки – одно отверстие, одну точку – второе отверстие. Для закрепления приспособления на станке в основании корпуса имеются пазы.

Приспособление состоит из жёсткого сварного корпуса позиции 1, четырёх передвигных прихватов позиций 21 и 8 и трёх регулируемых опор позиции 17.

Базирование заготовки осуществляется путём установки на четыре опорные пластины позиции 20 и два пальца – цилиндрический позиции 17 и срезанный позиции 18. Зажим заготовки осуществляется четырьмя передвигными прихватами позиций 21 и 8. Для транспортировки приспособления предусмотрены отверстия в рёбрах корпуса позиции 1.

1.6.1.1 Силовой расчёт механизма

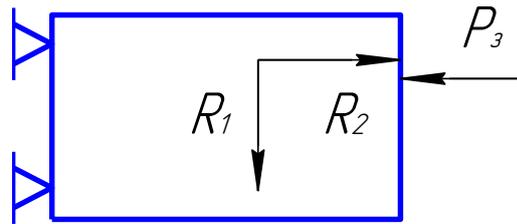


Рисунок 7 Схема закрепления

Силу закрепления P_3 определяют из условия равновесия силовых факторов, действующих на заготовку. Расчётная схема и формула для вычисления силы закрепления принимаются по [11].

Составляющая R_1 силы резания направлена на встречу силе P_3 , а составляющая R_2 стремится сдвинуть заготовку в боковом направлении.

Значение R принимаем по данным расчёта, приведённого в технологической части проекта:

$R_1 = 1495,08$ Н – при фрезеровании;

$R_2 = 2824$ Н – при растачивании.

Согласно [11] сила закрепления будет определяться по формуле (в расчёт берётся наибольшая сила:

$$P_3 = 0,7 \cdot K \cdot R \cdot 2, \quad (1.16)$$

$$P_3 = \frac{(K \cdot R_1 - 0,5R_2(f_2 - f_1))}{f + f_2}, \quad (1.17)$$

где P_3 – сила закрепления;

K – коэффициент запаса;

f – коэффициент трения.

По [11] определяем коэффициент трения $f=0,25$.

$$K = K_0 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5 \cdot K_6, \quad (1.18)$$

где $K_0 = 1,5$ – коэффициент гарантированного запаса;

$K_1 = 1,2$ – коэффициент неровностей;

$K_2 = 1,3$ – коэффициент характеризует увеличение сил резания из-за за-

тупления инструмента;

$K_3 = 1,0$ – коэффициент характеризует увеличение сил резания при пре-

рывистом резании;

$K_4 = 1,3$ – коэффициент т. к. зажим ручной;

$K_5 = 1,2$ – коэффициент, характеризующий эргономику приспособления;

$K_6 = 1,0$ – коэффициент т.к. заготовка установлена на пальцы.

$$K = 1,5 \cdot 1,2 \cdot 1,3 \cdot 1,0 \cdot 1,3 \cdot 1,2 \cdot 1,0 = 3,65.$$

Сила, необходимая для зажима:

$$P_3 = 0,7 \cdot 3,65 \cdot 2824 = 7215 \text{ Н.}$$

$$P_3 = \frac{(3,65 \cdot 1495,08 - 0,5 \cdot 2824(0,2 - 0,16))}{0,2 + 0,16} = 15001,56 \text{ Н.}$$

Выбираем наибольшую $P_3 = 15001,56 \text{ Н.}$

Так как у нас четыре зажима то сила зажима приходящаяся на один
винт:

$$P = \frac{P_3}{4}, \quad (1.19)$$

$$P = \frac{15001,56}{4} = 3750,39 \text{ Н.}$$

Зная силу закрепления выбираем характеристики винтового зажимного механизма [12] – резьба М16, шаг резьбы основной.

Проверим винтовой зажимной механизм на самоотвинчивание, которое оценивается через КПД винтовой пары [12]:

$$\eta = \frac{\operatorname{tg} \alpha}{\left(\alpha + \varphi_{\text{пр}} \right)} \leq 0,4, \quad (1.20)$$

где α – угол подъема резьбы, рассчитывается по формуле:

$\varphi_{\text{пр}}$ – приведённый угол трения в резьбе, для метрических резьб

$$\varphi_{\text{пр}} = 6,67^\circ;$$

d_2 – средний диаметр резьбы.

$$\eta = \frac{\operatorname{tg} 2,48}{\operatorname{tg}(2,48 + 6,67)} = 0,27.$$

$0,27 \leq 0,4$ – механизм защищён от самоотвинчивания.

Вычислим момент который необходимо приложить к винту для создания силы закрепления:

$$M = 0,1 \cdot P_3 \cdot d_2, \quad (1.21)$$

$$M = 0,1 \cdot 3750,39 \cdot 15,051 = 5,6 \text{ Н} \cdot \text{м.}$$

Усилие затяжки:

$$F = \frac{M}{0,15 \cdot d}, \quad (1.22)$$

$$F = \frac{5,6}{0,15 \cdot 0,016} = 2333 \text{ Н.}$$

Расчёт пальцев произведём по формуле:

$$N_{\text{bs}} = R_{\text{bs}} \cdot A_{\text{b}} \cdot n_{\text{s}} \cdot \gamma_{\text{b}} \cdot \gamma_{\text{c}},$$

где N_{bs} – несущая способность пальца;

R_{bs} – расчётное сопротивление на срез, Н/мм²;

A_{b} – площадь сечения, см²;

n_{s} – число срезов;

$\gamma_{\text{b}}, \gamma_{\text{c}}$ – коэффициенты условия работы;

$$N_{\text{bs}} = 830 \cdot 3,8 \cdot 1 \cdot 0,5 \cdot 0,5 = 788,5 \text{ Н}$$

Несущая способность пальца получилась меньше допускаемой (1240 Н), следовательно, пальца выдержат получаемую нагрузку.

1.6.1.2 Расчёт приспособления на точность

При расчёте приспособления на точность необходимо определить погрешность установки заготовки в приспособлении, которая определяется как:

$$\varepsilon_y = \sqrt{\varepsilon_{\bar{0}}^2 + \varepsilon_{3.0}^2 + \varepsilon_{\text{и}} + \varepsilon_{\text{у.с}} + \varepsilon_{\text{с}}}, \quad (1.23)$$

где $\varepsilon_{\bar{0}}$ – погрешность базирования, мм;

$\varepsilon_{3.0}$ – основная погрешность закрепления, мм;

$\varepsilon_{3.и}$ – систематические составляющие погрешности закрепления, мм;

$\varepsilon_{\text{и}}$ – погрешность положения, связанная с износом установочных элементов, мм;

$\varepsilon_{\text{у.с}}$ – погрешность положения, связанная с погрешностью изготовления и сборки опор приспособления, мм;

$\varepsilon_{\text{с}}$ – погрешность положения, связанная с погрешностью установки и фиксации приспособления на станке, мм.

Погрешность базирования равна 1,7385 мм.

Определяем погрешности закрепления.

В соответствии с [12] для пластин:

$$\varepsilon_{3.и} = 0$$

$$\varepsilon_{3.0} = \sqrt{(\varepsilon_3^I)^2 + (\varepsilon_3^II)^2 + (\varepsilon_3^III)^2}, \quad (1.24)$$

Исходные данные принимаем по [12].

В результате расчётов получены значения:

$$\varepsilon_3^I = 3,11 \text{ мкм};$$

$$\varepsilon_3^II = 185,70 \text{ мкм};$$

$$\varepsilon_3^III = 0 \text{ мкм}.$$

$$\varepsilon_{3.0} = \sqrt{3,11^2 + 185,7^2 + 0^2} = 185,73 \text{ мкм}.$$

Находим погрешности положения, вызванные износом опорных элементов [12].

Находим нормальный износ опоры:

$$и = \frac{N}{C_{\Phi}}, \quad (1.25)$$

где N – количество установок до замены опоры;

C_{Φ} – износостойкость опоры.

Износостойкость опоры принимаем равным количеству деталей, обрабатываемых в год:

$$N = 1000 \text{ шт.}$$

$$и = \frac{1000}{15,31} = 65,3 \text{ мкм.}$$

$$\varepsilon_{и} = 3,27 \text{ мкм.}$$

Остальные погрешности принимаем равными нулю, так как они компенсируются наладкой станка.

$$\varepsilon_{у} = \sqrt{1,7385^2 + 185,73^2 + 65,3 + 0 + 0} = 0,251 \text{ мкм.}$$

Приспособление удовлетворяет требованиям точности, т. к. погрешность установки не превышает допуска на выполняемые размеры.

1.6.2 Обоснование и описание конструкции

Базирование детали в приспособлении ФЮРА.300094.005СБ производится по плоскости и двум отверстиям. Три точки несёт опорная базирующая поверхность, три точки отверстия. Опорными элементами являются четыре опорные пластины позиции 13, а также два пальца: цилиндрический позиции 11 и ромбический позиции 12. Для закрепления приспособления на станке в основании корпуса имеются пазы.

Приспособление состоит из жёсткого корпуса позиции 1, двух шпилек позиции 15, гаек позиции 10 и прихвата позиции 5.

Для ориентации приспособления на столе станка используются направляющие шпонки позиции 16 и обкатной палец позиции 2.

Базирование заготовки осуществляется путём установки на 4 пластины позиция 13 и два пальца позиции 11 и позиции 12. Зажим заготовки осуществляется при помощи вилкообразного прихвата позиции 5.

1.6.2.1 Силовой расчёт приспособления

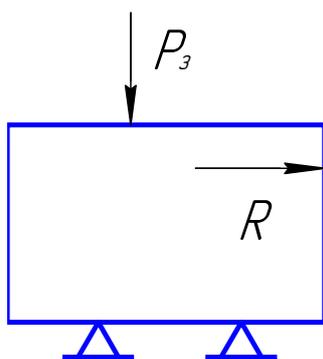


Рисунок 8 Схема закрепления

Силу закрепления P_3 определяют из условия равновесия силовых факторов, действующих на заготовку. Расчётная схема и формула для вычисления силы закрепления принимаются по [12].

Значение R принимаем по данным расчёта, приведённого в технологической части проекта:

$R = 4537,6 \text{ Н}$ – при фрезеровании.

Согласно [12] сила закрепления будет определяться по формуле:

$$P_3 = \frac{K \cdot R \cdot J_2}{J_1 + J_2}, \quad (1.26)$$

где J_1 и J_2 – жесткости зажимных механизмов и опор соответственно (в проектных расчетах можно принять $\frac{J_2}{J_1 + J_2} = 0.6 \div 0.7$) [12];

K – коэффициент запаса, учитывающий нестабильность силовых воздействий на заготовку, который рассчитывается по формуле (1.18):

$$K = 1,5 \cdot 1,2 \cdot 1,3 \cdot 1,0 \cdot 1 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 2,34.$$

Сила, необходимая для зажима:

$$P_3 = 4573,6 \cdot 2,34 \cdot 0,65 = 6956,4 \text{ Н.}$$

Так как у нас два зажима, то сила зажима приходящаяся на один винт:

$$P = \frac{P_3}{2}, \quad (1.27)$$

$$P = \frac{6956,4}{2} = 3478,2 \text{ Н.}$$

Зная силу закрепления выбираем характеристики винтового зажимного механизма [12] – резьба М30, шаг резьбы основной.

Проверим винтовой зажимной механизм на самоотвинчивание, которое оценивается через КПД винтовой пары [12] рассчитывается по формуле (1.24):

$$\eta = \frac{\text{tg } 2,48}{\text{tg}(2,48 + 6,67)} = 0,27.$$

$0,27 \leq 0,4$ — механизм защищён от самоотвинчивания.

Вычислим момент который необходимо приложить к винту для создания силы закрепления рассчитывается по формуле (1.21):

$$M = 0,1 \cdot 3478,2 \cdot 27,051 = 9,4 \text{ Н м.}$$

1.6.2.2 Расчёт приспособления на точность

При расчёте приспособления на точность необходимо определить погрешность установки заготовки в приспособлении, которая определяется по формуле (1.26).

Погрешность базирования равна 0,7385 мм.

Определяем погрешности закрепления.

В соответствии для пластин [12]:

$$\varepsilon_{3,И} = 0.$$

В результате расчётов получены значения:

$$\varepsilon_3^I = 2,2 \text{ мкм.}$$

$$\varepsilon_3^{II} = 2 \text{ мкм.}$$

$$\varepsilon_3^{III} = 6,25 \text{ мкм.}$$

$$\varepsilon_{3,0} = \sqrt{2,2^2 + 2^2 + 5,9^2 + 6,25} = 11,85 \text{ мкм.}$$

Находим погрешности положения, вызванные износом опорных элементов [12].

Находим нормальный износ опоры находим по формуле (1.25):

$$i = \frac{1000}{4,29} = 23,3 \text{ мкм.}$$

$$\varepsilon_{\text{и}} = 23,3 \text{ мкм.}$$

Остальные погрешности принимаем равными нулю, так как они компенсируются наладкой станка.

$$\varepsilon_y = \sqrt{0,7385^2 + 0,0119^2 + 0,0233 + 0 + 0 + 0} = 0,76 \text{ мкм.}$$

Приспособление удовлетворяет требованиям точности, т. к. погрешность установки не превышает допуска на выполняемые размеры.

1.6.3 Проектирование инструмента

1.6.3.1 Проектирование расточного блока

Для обработки отверстия и получения заданных параметров точности и качества ($R_a = 2,5$) был спроектирован расточной блок, чертёж которого представлен на листе ФЮРА 300094.006СБ.

Расточной блок состоит из корпуса позиции 1, оси позиции 2, державки позиции 3 закреплённой на оси при помощи винта позиции 6. На державку устанавливается режущая пластина позиции 8 и закрепляется винтом позиции 5. Корпус позиции 7 устанавливается в отверстие пластины позиции 6 и закрепляется винтами позиции 9. Для предотвращения проворота корпуса позиции 7 в шпоночный паз устанавливается шпонка позиции 15.

Для устранения дисбаланса предусмотрена плита позиции 5.

Настройка инструмента на размер происходит двумя способами.

Первый способ используется для грубой настройки на размер: ослабляются винты позиции 12, перемещаются пластины позиций 5 и 6 на необходимое расстояние и закрепляются винтами.

Второй способ используется для точной настройки: на несколько оборотов выкручивается винт позиции 11, для разstopорения оси позиции 2, затем, при помощи специального ключа, поворачивается лимб позиции 4 на нужное количество оборотов. При этом ось позиции 2 вместе с державкой позиции 3 либо выдвигается либо вставляется в отверстие корпуса позиции 1 и тем самым происходит настройка на размер. После процедуры настройки, вкручивается винт позиции 11 и стопорится ось позиции 2.

Для увеличения диапазона обрабатываемых размеров, на ось позиции 2 возможна установка специальных проставок, которые закрепляются при помощи винтов, вкручиваемых в отверстия М3-7Н.

1.6.3.2 Проектирование калибра перпендикулярности

Для проверки требования перпендикулярности отверстия диаметром 130Н7 мм к плоскости был спроектирован калибр перпендикулярности. Материал калибров – углеродистая инструментальная сталь У7А.

Рассчитаем калибр перпендикулярности для контроля перпендикулярности отверстия диаметром 130H7 к плоскости согласно [8], допуск на перпендикулярность составляет 0,03 мм.

Произведём расчёт по следующим формулам:

$$d_{kmax} = d_{min} - T_{pk} + F, \quad (1.28)$$

$$d_{kmin} = d_{kmax} - H, \quad (1.29)$$

$$d_{k-w} = d_{kmax} - H - W, \quad (1.30)$$

где d_{kmax} , d_{kmin} – наибольший и наименьший предельные размеры измерительного элемента нового калибра, мм;

$d_{min} = 130$ – наименьший предельный размер контролируемого отверстия, мм;

d_{k-w} – размер предельно изношенного измерительного элемента калибра, мм;

$$d_{kmax} = 130 - 0,016 + 0,026 = 130,01 \text{ мм.}$$

$$d_{kmin} = 130,01 - 0,008 = 130,002 \text{ мм.}$$

$$d_{k-w} = 130,01 - 0,008 - 0,01 = 129,992 \text{ мм.}$$

1.7 Организационное проектирование

1.7.1 Нормирование технологического процесса

Одной из составляющих частей разработанного технологического процесса, является определения нормы времени на выполнение заданных работ.

Расчет норм времени ведется по укрупненным типовым нормативам, установленным на основе изучения затрат рабочего времени.

Расчет ведется по следующим формулам:

$$T_{оп} = T_o + T_v, \quad (1.31)$$

где $T_{оп}$ – оперативное время на операцию, мин;

T_o – общее основное время на операцию, мин;

T_v – вспомогательное время на операцию, мин.

$$T_v = T_{уст} + T_{опер} + T_{изм}, \quad (1.32)$$

где $T_{уст}$ – время на установку и снятия детали, мин;

$T_{опер}$ – время, связанное с операцией, мин;

$T_{изм}$ – время на измерения, мин.

Штучное время на операцию:

$$T_{шт} = \left(T_{ца} + T_v + K_{tv} \right) \cdot \left(1 + \frac{A_{обс} + A_{отд}}{100} \right), \quad (1.33)$$

где $T_{ца}$ – время цикла автоматической работы станка по программе, мин;

$K_{тв}$ – поправочный коэффициент вспомогательного времени;

$A_{обс}$ – время на обслуживания рабочего места, %;

$A_{отд}$ – время на отдых и личные надобности, %.

$$T_{ца} = T_o + T_{мв}, \quad (1.34)$$

где T_o – основное время на обработку одной детали, мин;

$T_{мв}$ – машинно-вспомогательное время по программе (на подвод детали или инструмента от исходных точек в зоны обработки и отвод; установку инструмента на размер, смену инструмента, изменения и направления подачи, время технологических пауз), мин.

Штучно-калькуляционное время:

$$T_{шт-к} = T_{шт} + \frac{T_{п-з}}{п}, \quad (1.35)$$

где $T_{п-з}$ – норма подготовительно-заключительного времени, мин.

Ниже в таблице 1.14 приведены результаты расчёта времени на изготовление корпуса.

Таблица 1.14 – Нормирование технологического процесса изготовления корпуса

№ п/п	Наименование операции и содержание работы	Время, мин
1	2	3
005	Фрезерно-расточная	
	1. Основное время	7,44
	- машинно-вспомогательное время	2,98
	2. Вспомогательное время:	
	Время, связанное операцией	
	- время на установку и снятия детали	0,76
	- время, связанное с переходом	0,26
	- время на измерения	0,15
	Коэффициент вспомогательного времени	1,0
	Суммарное вспомогательное время	1,17
3. Время на обслуживания рабочего места, %	3	
4. Время на отдых и личные надобности, %	3	
5. <u>Подготовительно-заключительное время</u> на партию,	37	
на наладку станка, инструмента и приспособления, на другие дополнительные приемы.		
Штучное время	10,6	
<u>Штучно-калькуляционное время</u>	11,18	
015	Сверлильно-фрезерно-расточная	

	1. Основное время - машинно-вспомогательное время	11,87 3,1
	2.Вспомогательное время: Время, связанное операцией	
	- время на установку и снятия детали	1,02
	- время, связанное с переходом	0,46
	- время на измерения	1,21
	Коэффициент вспомогательного времени	1,0
	Суммарное вспомогательное время	2,69
	3.Время на обслуживания рабочего места	0,03
	4.Время на отдых и личные надобности	0,03
	<u>5.Подготовительно-заключительное время</u> на партию, на наладку станка, инструмента и приспособления и др.	43
	Штучное время	16,57
	<u>Штучно-калькуляционное время</u>	17,2
025	Сверлильно-фрезерно-расточная	
	1. Основное время	29,42
	- машинно-вспомогательное время	6,01
	2.Вспомогательное время: Время, связанное операцией	
	- время на установку и снятия детали	1,02
	- время, связанное с переходом	0,96
	- время на измерения	3,46
	Коэффициент вспомогательного времени	1,0
	Суммарное вспомогательное время	5,44
	3.Время на обслуживания рабочего места	0,03
	4.Время на отдых и личные надобности	0,03
	<u>5.Подготовительно-заключительное время</u> на партию	43
	дополнительные приемы.	
	Штучное время	37,69
	<u>Штучно-калькуляционное время</u>	38,36

1.7.2 Расчёт количества основного оборудования на участке

Расчетное количество станков для обработки годовой программы деталей определяется по формуле:

$$C_p = \frac{T_{шт-к} \cdot N}{60 \cdot F_d}, \quad (1.36)$$

где C_p – расчётное количество станков данного типа, шт.

$$F_d = F_n \cdot K_n, \quad (1.37)$$

где $K_n = 0,97$ – коэффициент, учитывающий потери времени при ремонте оборудования.

Коэффициент загрузки оборудования:

$$K_{30} = \frac{C_p}{C_n} \cdot 100\%, \quad (1.38)$$

где C_n – принятое число станков.

Результаты расчёта приведены в таблице 1.15:

Таблица 1.15 – Определение необходимого количества оборудования и коэффициентов его загрузки

№ операции	$T_{шт-к}$, мин	C_p	C_n	K_{30} , %
1	2	3	4	5
005	11,18	0,09	1	9
015	17,2	0,14	1	14
025	38,56	0,32	1	32

Средний коэффициент загрузки $K_{30, ср.} = 18,3\%$.

Коэффициент загрузки оборудования получился очень малым, поэтому необходимо, в обязательном порядке, произвести дозагрузку оборудования за счёт изготовления изделий другой номенклатуры. На рисунке 9 приведён график загрузки оборудования:

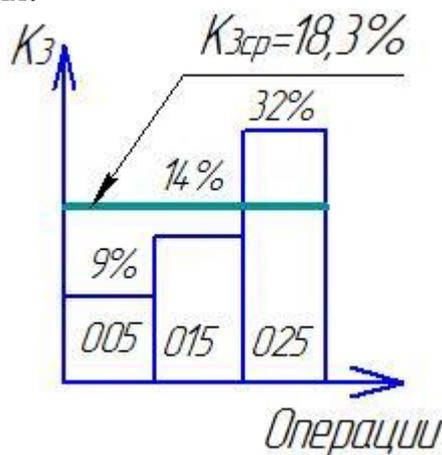


Рисунок 9 График загрузки оборудования

1.7.3 Определение суточной производительности

Определяем среднесуточный выпуск детали представителя:

$$q = \frac{N \cdot \left(1 + \frac{a}{100}\right)}{\Phi_d}, \quad (1.39)$$

где a – дополнительные потери на брак, принимается от 2 до 5%;
 Φ_d – количество рабочих дней в году.

$$q = \frac{1000 \left(1 + \frac{3}{100}\right)}{247} = 4,2.$$

Применяем среднесуточный выпуск детали 5 шт/сутки.

Определяем суточную производительность на каждой операции:

$$P_i = \frac{16 \cdot 60}{T_{шткi}}, \quad (1.40)$$

Суточная производительность представлена в таблице 1.16.

Таблица 1.16 – Суточная производительность

№ Операции	T _{шткi} , мин	P _i , шт/сутки
005	11,18	85,9
015	17,2	55,8
025	38,56	24,9

График производительности представлен на рисунке 10.

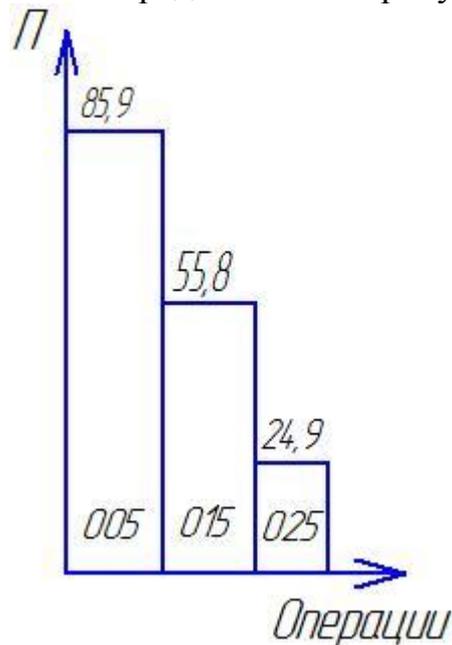


Рисунок 10 График производительности

Определяем количество основного оборудования:

$$C_{pi} = \frac{P_{max}}{P_i}, \quad (1.41)$$

где P_{max} – максимальная суточная производительность.

Таблица 1.17 – Количество основного оборудования

№ Операции	P _i , шт/сутки	C _{pi} , шт
005	85,9	1
015	55,8	2
025	24,9	4

1.7.4 Определение размеров партии запуска

Определяем максимально возможный период запуска:

$$Q_i = \frac{C_{\text{пi}} \cdot \Pi_i}{q}, \quad (1.42)$$

где $C_{\text{пi}}$ – принятое количество станков.

Таблица 1.18 – Размер партии запуска

№ Операции	Π_i , шт/сутки	$C_{\text{пi}}$, шт	Q_i , шт
005	85,9	1	1,34
015	55,8	2	1,74
025	24,9	4	1,56

$$Q = Q_{\text{min}} = 1,34 \text{ шт.}$$

Уточняем коэффициент загрузки оборудования:

$$K_{\text{зи}} = \frac{q \cdot Q}{\Pi_i \cdot C_{\text{пi}}}, \quad (1.43)$$

Коэффициент загрузки оборудования приведен в таблице 1.19.

Таблица 1.19 – Коэффициент загрузки оборудования

№ Операции	Π_i , шт/сутки	$C_{\text{пi}}$, шт	q , шт	Q , шт	$K_{\text{зи}}$
005	85,9	1	64	1,34	99
015	55,8	2			77
025	24,9	4			86

Средний коэффициент загрузки оборудования определяем по формуле (1.10).

$$K_{\text{зср}} = \frac{99 + 77 + 86}{3} = 87,3 \%$$

График загрузки оборудования представлен на рисунке 11.

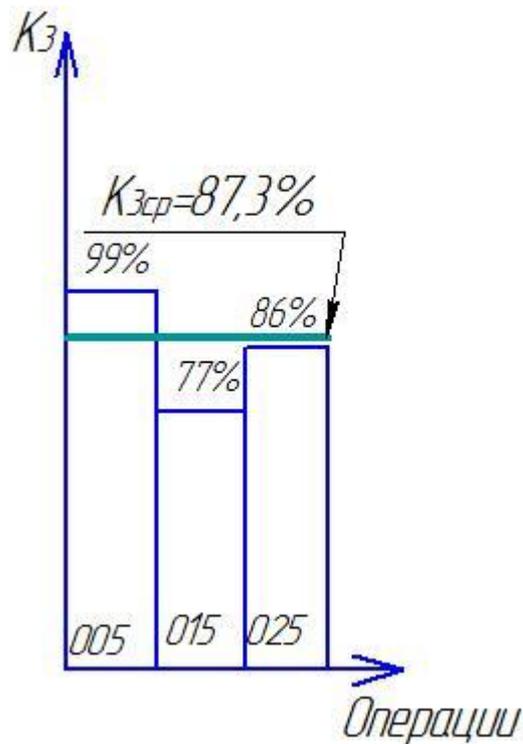


Рисунок 11 График загрузки оборудования

Определяем размер партии запуска:

$$n = \frac{N \cdot Q}{\Phi_d}, \quad (1.44)$$

$$n = \frac{1000 \cdot 1,34}{247} = 6 \text{ шт.}$$

Данный параметр является исходными данными для службы обеспечения участка инструментом, заготовками, материалом и т.д. При этом, исходя, из n рассчитывается количество запасов на участке, для обеспечения его бесперебойной работы, т.к. излишки неблагоприятно сказываются на работе складской системы, а дефицит ведет к простоям и неполной загрузке участка.

1.7.5 Расчёт длительности технологических циклов

$$K_{ци} = \frac{n \cdot t_{шкi}}{C_{пi}}, \quad (1.45)$$

Таблица 1.20 – Длительность технологических циклов

№ Операции	$t_{шкi}$, мин	$C_{пi}$, шт	n	$T_{ци}$, мин
005	11,18	1	6	67,08
015	17,2	1		103,2
025	38,56	1		231,36

Определяем длительность технологических циклов при последова-

тельном сочетании операций:

$$T_{\text{цпосл}} = \sum_{i=1}^m T_{\text{ци}}, \quad (1.46)$$

$$T_{\text{цпосл}} = 67,08 + 103,2 + 231,36 = 401,64 \text{ мин.}$$

График технологических циклов при последовательном сочетании операций представлен на рисунке 12.

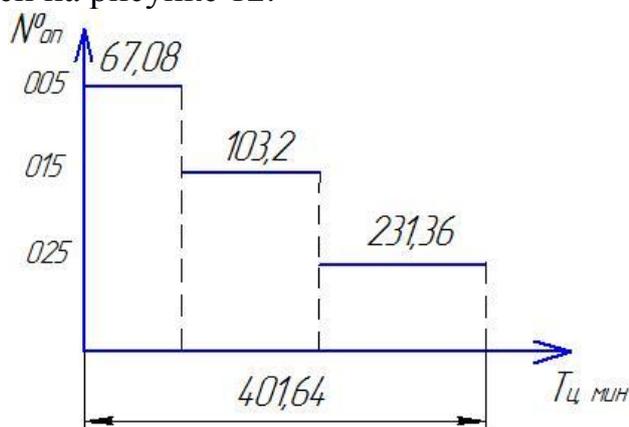


Рисунок 12 График технологических циклов при последовательном сочетании операций

1.7.6 Принципы разработки планировки. Нормы и способы расстановки оборудования

При размещении оборудования [10] необходимо стремиться соблюдать нормативные расстояния и размеры. В некоторых случаях можно увеличивать, те или иные расстояния; например проходы между станками, ширину проездов для внутрицехового транспорта и прохода персонала. Также при расстановке станков и оборудования необходимо стремиться не только к достижению прямоточности производства, но и к наилучшему использованию подкрановых площадей.

При планировке станков необходимо предусматривать кратчайшие пути движения детали в процессе обработки. Необходимо стремиться не допускать обратных кольцевых движений, создающих встречные потоки и затрудняющих транспортирование обрабатываемых деталей. Данный фактор является одним из важнейших при проектировании участка, также на расположение оборудования на участке влияют: количество и состав оборудования, способ передачи детали между станками, и способ удаления отходов производства.

Контрольный стол на участке, по возможности, необходимо располагать рядом с местом мастера.

При пространственном расположении оборудования необходимо обеспечивать расстояния между станками, между станками и элементами здания, ширина проездов, проходов регламентируется нормами технологического проектирования. Также в отдельных случаях при определении расстояния от колонн и между стенами и оборудованием необходимо учитывать возможность прохода ремонтного оборудования, расположение монтажных пультов, воз-

возможность открывания дверей станка. По мере возможности необходимо располагать станки так, чтобы рабочие не стояли спиной друг к другу, а также наблюдали друг друга визуально во время работы.

1.7.7 Работа вспомогательных служб

В проектируемой планировке принята следующая система обеспечения рабочих мест инструментом и технологической оснасткой. В цехе спроектированного участка имеется отдел подготовки производства. В его обязанности входит: обеспечение технологической документацией, рабочих мест, и архива цеха, контроль за хранением оснастки, инструмента. На разработанной планировке обеспечение рабочих мест инструментом производится через инструментально-раздаточную кладовую, которая обеспечивает хранение и раздачу оснастки на рабочие места, а также сбор и передачу изношенной оснастки на центральный склад, с которого она в свою очередь и снабжается. Для обеспечения участка инструментом и оснасткой старший мастер в конце каждой рабочей смены должен записать в бланк-заказ необходимый инструмент и его количество за три дня до ввода данного инструмента и оснастки в производство. В заказе указывается комплектация инструмента и оснастки, на день поступления заказа. Бланк-заказ отправляется в ЦИС (центральный инструментальный склад) и на следующий день транспортной системой цеха забирается заказ в конце рабочей смены. В случае отсутствия необходимой оснастки заказ отправляется обратно с имеющейся в наличии оснастки, для соответствующего изменения заказа. Во избежание многократной переписки все вопросы обеспечения сменно-суточного задания необходимо выявлять и решать до начала планового периода. Для автоматизации этого процесса на участке необходимо предусмотреть персональный компьютер, с базой данных всей технологической оснастки, имеющейся в цехе, также данный компьютер соединен по сети с базой данных ЦИС, при этом мастер в цехе располагает информацией о наличии той или иной оснастки, имеющейся на ЦИС. На центральном складе оснастка подлежит ремонту, режущий инструмент заточке, либо переработке. С центрального склада оснастка передается на ремонтный участок цеха, а инструмент на участок подготовки инструмента.

На данной планировке принята система аттестации оснастки и приспособления, которая проводится высококвалифицированным контролером. Для часто используемых и мелких приспособлений один раз в полгода, для мелких и редко используемых приспособлений один раз в год.

В целях заинтересованности рабочих в сохранности и экономии инструмента и оснастки в конце каждого месяца старший мастер проверяет картотеку выдачи инструмента и при повышенной экономии инструмента премирует рабочего. Важную роль в снижении затрат на инструмент играет грамотно организованный бригадный метод работы станочников на участке.

На данном участке применяется следующая система ремонта оборудования и технического обслуживания: в цехе имеются отделы главного

механика и главного энергетика. Данные отделы следят за состоянием станочного парка, и проводят ежегодную аттестацию оборудования. На каждый станок заводится эксплуатационный паспорт, по которому отслеживают состояние станка. Ремонт оборудования производится по мере необходимости. На участке также используется система материальной заинтересованности слесарей-ремонтников в бесперебойной работе оборудования и скорейшего его ремонта. Заработная плата рабочих участка механика и электрика напрямую зависит от работоспособности оборудования.

Ответственность за ремонт и обслуживание оборудования несет механик цеха, в подчинении у которого имеется цеховая ремонтная база. Практически данная система действует следующим образом: в начале рабочей смены рабочий проверяет работоспособность оборудования, если в работе оборудования неполадки рабочий сообщает мастеру о неисправности. Мастер в свою очередь сообщает о неполадках механику цеха, в подчинении у которого имеются цеховая ремонтная база. В случае невозможности ремонта оборудования в цехе, механик цеха сообщает об этом в отдел главного механика (ОГМех), в прямом подчинении которого имеется ремонтно-механический цех, в случае если неполадка связана по механической части. Если же неполадка связана с электрической частью станка, то мастер сообщает электрику цеха. В случае крупной поломки электрик цеха обращается в отдел главного энергетика (ОГЭ). К крупному ремонту может быть привлечен поставщик оборудования.

Какие бы совершенные методы ремонта и диагностики оборудования не были бы применены, невозможно полностью исключить непредвиденные поломки по халатности и невнимательности рабочих. Для снижения последствия негативного воздействия, и снизить простои сборочных и механических цехов по ремонту, используются следующие организационно-технические мероприятия: временные обходные маршруты обработки детали, и замена оборудования.

Система обеспечения рабочих мест предметами труда включает в себя: склад заготовок, склад готовых деталей, склад вспомогательных материалов расположенный в отдельном помещении цеха. Со склада заготовки поступают по мере необходимости на рабочие места. Каждая партия сопровождается сдаточной накладной, в которой указывается количество заготовок, и стоит подпись контролера, подтверждающая качество. Данная система исключает излишние потери времени при отправке и приемке деталей. Обеспечение рабочих мест заготовками производится мостовым краном. Заготовительное отделение располагается в помещении склада и подчиняется начальнику ПДБ. Этот отдел разрабатывает задание на количество и вид требующихся заготовок для участка. Для бесперебойной работы участка необходима ежедневная проработка задания, и грамотное оперативно-производственное планирование.

Система технического контроля и управления качеством продукции включает в себя меры по постоянному повышению качества. К ним относятся: входной контроль заготовок, материальная заинтересованность станочника от

работы без брака, а также поощрение бригады при работе с минимальными потерями по браку.

На участке принята следующая организация технического контроля. Комплексная проверка точности и качества детали производится на специально предусмотренном месте универсальным и специальным мерительным инструментом, после полного цикла обработки детали. На разработанной планировке применяется паспорт качества на партию деталей, который уложен вместе с деталями в тару. Данная схема позволяет сократить время контроля и приемки. Данный метод контроля предусматривает проверку размеров детали и геометрической формы, а также качества поверхности, в некоторых случаях контролируются механические свойства детали. Все полученные данные заносятся в паспорт качества детали, в дальнейшем эти данные анализируются и используются для разработки мер по их устранению. Также осуществляется межоперационный контроль непосредственно на рабочем месте. Технический контроль проводится на рабочих местах на каждой операции непосредственно станочниками. Основной задачей подсистемы контроля качества продукции является проверка качества продукции на различных этапах производства, а также ее соответствие требованиям технической документации, исключение попадания дефектных деталей на сборку.

Кроме того, в цехе должен существовать входной контроль (полный контроль, исполнитель-контролер) и контроль готовой продукции (выборочный контроль, исполнитель-контролер).

Так же следует отметить, что контроль 1-ой детали должен проводиться мастером или контролером. На каждую смену отводится 1 контролер.

В качестве погрузочно-разгрузочного транспорта и перемещения деталей используются два мостовых крана. Доставка заготовок, а также вывоз готовых изделий и стружки осуществляется автотранспортом.

Задача системы безопасности производства заключается в уменьшении воздействия вредных и опасных факторов производства. Для защиты от опасных факторов предусмотрены технические меры, к которым относятся защитные и предохранительные устройства станков, рациональная планировка оборудования, размещение на площади участка различного рода ограждений и щитков. В целях профилактики несчастных случаев на производстве предусмотрено ряд мероприятий, таких как: обучение рабочих безопасным методам работы, различные инструктажи. Все мероприятия предусмотрены должны выполняться в соответствии с установленными нормативами. В качестве средств защиты применяются специальные средства защиты, такие как: защитные очки, спецодежда, и другие средства.

Безопасность труда на участке обеспечивается путем объединения и координации усилий цехового технического и административного персонала – лиц, ответственных за обеспечение безопасности труда на участке. В основу системы охраны труда на участке положены следующие принципы. Принцип системного контроля, включает в себя самоконтроль работника. Взаимоконтроль между работниками, работающими рядом, и периодический контроль со стороны руководителей участка, администрации и профсоюзной

организации цеха. Принцип ответственности работника за нарушения требований и правил безопасности, взаимную ответственность за непринятие мер по предупреждению нарушений.

Еженедельно не менее одного раза в неделю начальник участка проводит инструктаж с коллективом участка на стыке смен или посменно. На них совместно с общественным или профсоюзным инспектором проводит разбор допущенных по цеху и на участке нарушений, а также оглашает необходимые приказы по предприятию, цеху.

Предусмотрена административная и дисциплинарная ответственности работника за нарушения требований и правил безопасности, а также ответственность за непринятие мер по предупреждению нарушений.

В результате обработки металлов резанием образуется значительное количество стружки. На данном участке для уборки стружки из рабочей зоны станка предусмотрены контейнеры (на чертеже они входят в план станка). За смену стружка заполняет поддон, далее при помощи мостового крана стружка удаляется в контейнеры, которые для удобства расположены около проездов. Дальнейшее транспортирование стружки производится с помощью автотранспорта.

Организационная структура системы управления должна обеспечивать одно важное требование – единство руководства, выражающееся в том, что каждый работник должен подчиняться непосредственно только одному начальнику, от которого он получает задания, перед которым несет ответственность, и который оценивает качество его труда. На данной планировке участка начальником является старший мастер, которому подчиняется сменный мастер и рабочие

Старший мастер ежедневно за 15 минут до начала смены должен проводить планерку с мастерами и бригадирами. Старший мастер осуществляет контроль за состоянием оборудования и рабочих мест. Контролирует подготовку участка к выполнению программы на день.

Мастер участка на ежедневных «пятиминутках» перед началом рабочей смены напоминает работникам о необходимости строго выполнения и соблюдения требования правил безопасности труда.

Контролирует готовность участка к выполнению дневной программы и осуществляет контроль за выполнением в течение всей смены при обходе рабочих мест.

Планово-диспетчерское бюро выдает начальнику участка план-график на месяц, начальник участка ежедневно выдает сменное задание мастеру, а мастер распределяет работу среди рабочих на участке, рабочий выполняет поставленную задачу.

1.7.8 Расчет численности рабочих

Рабочими основного производства на механическом участке считаются станочники и другие рабочие, занятые выполнением операций основного тех-

процесса. В общем виде число основных производственных рабочих, на одну смену определяется по формуле:

$$P = \frac{C_{\text{п}} \cdot \Phi_{\text{о}} \cdot K_{\text{з.ср}}}{\Phi_{\text{р}} \cdot K_{\text{м}}}, \quad (1.47)$$

где $\Phi_{\text{р}}$ – эффективный фонд работы станочника, за вычетом времени отпусков и по болезни, равный 3944 час;

$K_{\text{м}}$ – коэффициент многостаночного обслуживания, равный 1 (среднее число станков, обслуживаемых одним рабочим);

$\Phi_{\text{о}}$ – эффективный годовой фонд времени работы оборудования, час.

$$P = \frac{3 \cdot 1976 \cdot 0,9}{3944 \cdot 1} = 2,35 \text{ чел.}$$

Принимаем $P=3$ чел.

Количество вспомогательных рабочих определяется по нормативам, в зависимости от площади участка, количества работающих, и т.д. Для спроектированного участка количество вспомогательных рабочих:

- крановщиков – 1 человек в одну смену;
- стропальщиков – 1 человек в одну смену;
- мастеров – 1 человек в одну смену;
- старший мастер – 1 человек в одну смену.

Общая численность основных рабочих в одну смену 3 человека, вспомогательных 4 человек. Всего работающих на участке 7 человек.