

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Тольяттинский государственный университет»

Институт машиностроения
(наименование института полностью)

Кафедра «Оборудование и технологии машиностроительного производства»
(наименование)

15.03.05 «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных
производств»

(код и наименование направления подготовки / специальности)

Технология машиностроения
(направленность (профиль) / специализация)

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА (БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА)

на тему Технологический процесс изготовления корпуса редуктора

Обучающийся

А. А. Аксёнов

(Инициалы Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

к.т.н., доцент Д.Г. Левашкин

(ученая степень (при наличии), ученое звание (при наличии), Инициалы Фамилия)

Консультанты

к.э.н., доцент О.М. Сярдова

(ученая степень (при наличии), ученое звание (при наличии), Инициалы Фамилия)

И.В. Резникова

(ученая степень (при наличии), ученое звание (при наличии), Инициалы Фамилия)

Тольятти 2023

Аннотация

Целью данной выпускной квалификационной работы является разработка технологического процесса изготовления корпуса редуктора обеспечивающего выпуск годовой программы деталей отвечающих всем техническим требованиям в условиях среднесерийного производства.

Структура работы представляет собой исследование технических параметров базового процесса производства корпуса редуктора, а также разработку технологических схем базирования детали и маршрута ее изготовления. Используются современные методы проектирования и расчета параметров технологических процессов. Произведена аналитическая оценка технических требований к корпусу редуктора, а также проанализированы типовые процессы его изготовления. В результате анализа исходных данных был разработан технологический процесс изготовления корпуса редуктора, который включает в себя необходимые этапы, такие как выбор материала, раскрой, сварка и последующая обработка. В технологическом разделе была разработана новый вариант технологического процесса, позволяющий снизить себестоимость детали и повысить производительность ее изготовления, сохраняя при этом требуемое качество обрабатываемых поверхностей.

Результаты проектирования были использованы при расчете технологических параметров операций, определена их последовательность на каждом этапе производства, а также разработаны режимы настройки оборудования и нормы времени. Экономическая эффективность была обеспечена при совершенствовании лимитирующих операций спроектированного технологического процесса, что позволило достичь требуемого качества изготовления при минимальных затратах.

Работа включает 59 страниц пояснительной записки включая приложения и графическую часть в количестве 7 листов формата А1.

Содержание

Введение	4
1 Определение задач работы на базе анализа исходных данных	5
1.1 Анализ функционального назначения детали и условий эксплуатации .	5
1.2 Анализ технологических показателей детали	6
1.3 Анализ типа производства	9
1.4 Задачи работы	10
2 Разработка технологии изготовления	11
2.1 Обоснование выбора и разработка заготовки	11
2.2 Разработка плана изготовления детали	20
2.3 Выбор оборудования и технологической оснастки.....	23
2.4 Проектирование операций технологического процесса	26
3 Разработка специальной технологической оснастки.....	29
3.1 Разработка станочного приспособления	29
3.2 Разработка расточной оправки.....	35
4 Безопасность и экологичность технического объекта	38
4.1 Конструктивно-технологическая и организационно-техническая характеристики рассматриваемого технического объекта	38
4.2 Идентификация профессиональных рисков.....	39
4.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков	41
5 Экономическая эффективность работы	44
Заключение.....	48
Список используемой литературы и используемых источников	49
Приложение А. Технологическая документация.....	53
Приложение Б. Спецификации к сборочным чертежам.....	57

Введение

В современном мире машиностроение играет важную роль в индустриальном развитии страны. Машиностроение является одной из наиболее важных и востребованных областей промышленности, которая занимается проектированием, производством и эксплуатацией различных видов машин, оборудования и инструментальных средств.

В данной выпускной квалификационной работе был разработан технологический процесс изготовления корпуса редуктора, с использованием современных технических средств и материалов. В работе проведен анализ существующих технологических процессов изготовления корпусов редукторов, выявлены преимущества и недостатки каждого из них. На основании проведенного анализа был разработан новый технологический процесс, позволяющий повысить точность и качество изготовления корпуса редуктора.

Сегодня машиностроение является глобальной отраслью промышленности, которая объединяет множество различных областей и видов деятельности – от автомобильной и самолетостроительной промышленности до производства бытовой техники и медицинского оборудования. Каждый год в этой отрасли происходят существенные изменения и развитие, которые повышают ее конкурентоспособность и роль в обществе. В этой связи особое внимание в работе уделено выбору оптимальных режимов работы современного оборудования и средств технологического оснащения, а также проектированию технологического и инструментального оснащения технологического процесса.

Следовательно, цель данной выпускной квалификационной работы, которая заключается в разработке технологии изготовления корпуса редуктора обеспечивающего выпуск годовой программы деталей отвечающих всем техническим требованиям в условиях среднесерийного производства – актуальна.

1 Определение задач работы на базе анализа исходных данных

1.1 Анализ функционального назначения детали и условий эксплуатации

Корпус редуктора является одним из основных компонентов механизма и выполняет несколько функций в процессе работы. Основными задачами корпуса является защита внутренних деталей редуктора от повреждений и загрязнений, а также обеспечение жесткости и устойчивости механизма, восприятия сил, возникающих в зацеплении зубчатых колесных парах, подшипниках, открытой передачи.

Корпус должен выдерживать большие механические нагрузки, так как на него действуют силы, вызванные трансмиссией вращения от одного вала до другого. Кроме того, корпус редуктора должен обладать высокой износостойкостью, так как в процессе работы у него возникают вибрации и переменные температурные режимы, которые могут привести к повреждению зубчатых передач корпуса.

Одной из важных функций корпуса является защита редуктора от внешних воздействий. Корпус должен обеспечивать своевременное охлаждение и защиту от пыли и грязи, которые могут негативно повлиять на работу редуктора. Кроме того, корпус должен обладать высокой герметичностью, чтобы предотвратить попадание жидкостей во внутреннюю полость.

Условия эксплуатации редуктора также оказывают влияние на функциональное назначение корпуса. В зависимости от конкретных условий эксплуатации могут меняться требования к прочности, герметичности и другим характеристикам корпуса [1].

В целом, анализ функционального назначения корпуса редуктора показывает, что он является критическим компонентом в работе всего механизма. Его основные задачи – защита и обеспечение жесткости

механизма, а также обеспечение высокой прочности и износостойкости в условиях эксплуатации. При выборе корпуса редуктора необходимо учитывать конкретные условия эксплуатации, чтобы обеспечить максимальную эффективность и долговечность всего механизма.

Корпус обеспечивает выполнение служебного назначения редуктора путем передачи крутящего момента от электродвигателя к звездочке исполнительного механизма конвейера. Также редуктор применяется для привода ведущего барабана ленточных конвейеров типа ПЛК800, ПЛШ800, ПЛШ600 изготавливаемых на предприятии.

1.2 Анализ технологических показателей детали

Показатели технологичности рассматриваемого корпуса редуктора определим с использованием рекомендаций [5].

Под технологичностью корпуса рассматриваем способность материала, из которого он изготовлен, сохранять свои свойства в процессе изготовления. Это может означать, что поверхности должны обладать высокой шероховатостью, заготовка не должна иметь внутренних и внешних дефектов, иметь требуемые параметры углов, радиусов скругления и направления уклонов.

Корпус редуктора представляет собой отливку из легированной стали 12ДН2ФЛ ГОСТ 977-88. Определенные согласно данным [25] характеристики стали представлены в таблице 1 химический состав, в таблице 2 механические свойства.

Таблица 1 – Химический состав

Элемент	Углерод	Никель	Марганец	Кремний
Содержание %	0,08 - 0,16	1,8 - 2,2	0,4 - 0,9	до 0,035

Жесткость корпуса позволяет применить высокопроизводительные режимы резания.

Погрешность механической обработки – это разница между идеальным размером, указанным на чертеже, и фактическим размером детали после обработки. Эта погрешность может быть вызвана разными факторами, от материала и инструментов до оператора механической обработки. Важно учитывать эту погрешность при проектировании технологического процесса корпуса. Важно учитывать шероховатость, технические требования и погрешность обработки при проектировании технологического процесса корпуса. Шероховатость является важной характеристикой поверхности. Она должна быть учтена при выборе материала корпуса, а также при производстве и обработке его поверхностей.

Служебное назначение и технические характеристики корпуса важны при простановке размеров на чертеже. В зависимости от служебного назначения, размеры могут быть определены таким образом, чтобы корпус был максимально определен параметрически для технологического процесса. Качественные показатели детали являются важными при ее производстве и использовании.

В целом, при проектировании корпуса следует выбирать размеры на чертеже, которые оптимально соответствуют всем этим факторам. Качественные характеристики детали также являются важным компонентом проектирования любого корпуса, и необходимо учитывать их при разработке деталей и установке их в корпус.

Анализ технологических показателей детали позволяет сделать вывод о том, что корпус редуктора отвечает всем основным требованиям по технологичности детали и не требует каких-либо конструктивных доработок. При этом для ее изготовления возможно применение типовых технологических процессов с использованием стандартизированного оборудования и средств технологического оснащения.

1.3 Анализ типа производства

Анализ типа производства требует его предварительного определения. Исходя из имеющихся данных, наиболее подходящей в данном случае является методика [14] основанная на определении типа производства исходя из массы детали и годовой программы выпуска. В данном случае при массе 1,2 кг и программе выпуска 10000 штук тип производства среднесерийный.

Анализ данного типа производства произведем с использованием данных [1].

В условиях среднесерийного производства – производство изделий происходит в небольших сериях, но в достаточно большом объеме. Объем выпуска находится в промежутке между массовым и единичным производством. Такой тип производства используется при производстве различных корпусных деталях, деталей оборудования. При производстве среднесерийного типа производства допускается применение от 1 до 10 производственных линий станков с ЧПУ. Каждая партия деталей выпускается в течение определенного временного промежутка, после чего начинается производство следующей партии. Одно из главных требований среднесерийного типа производства – это высокое качество продукции. Производственный процесс контролируется и допускает дополнительную проверку качества продукции по результатам послеоперационного контроля.

При среднесерийном производстве обеспечивается получение заготовки методами проката, штамповки или литья. «При проектировании заготовки используются коэффициенты удельных затрат и статистические данные для назначения припусков на обработку» [1]. Технология изготовления базируется на типовых маршрутах и маршрутно-операционных виде, которые формируются на основе оборудования и технологических возможностей предприятия. «Базирование заготовок осуществляется с учетом принципов постоянства и единства баз. Режимы резания определяются эмпирическими формулами и справочными данными, а нормирование операций производится

с преимуществом опытно-статистического метода и детального нормирования для сложных операций» [2].

«Производственный участок формируется по групповому принципу расстановки оборудования, а рабочие должны иметь высокую квалификацию для работы на универсальном оборудовании и настройки станков с числовым программным управлением» [3].

1.4 Задачи работы

Одной из основных задач при разработке нового технологического процесса изготовления корпуса редуктора является выбор оборудования в соответствии с заданным годовым планом производства заготовок, который обеспечивает производство с минимальными затратами и объемом механической обработки.

Для достижения этой цели решаются ряд задач, в частности, разработка технологии изготовления детали на основе типового технологического процесса, выбор и проектирование заготовки, разработка плана изготовления детали, выбор оборудования и технологической оснастки, а также проектирование операций технологического процесса.

Кроме того, проводятся технические мероприятия по улучшению базовой технологии изготовления детали, такие как проектирование приспособлений для установки корпуса и режущего инструмента для обработки отверстий.

Не менее важными являются задачи оценки технологии на безопасность и экологичность реализации в производстве, а также комплексная оценка экономических показателей разработанной технологии.

2 Разработка технологии изготовления

2.1 Обоснование выбора и разработка заготовки

Для определения наиболее подходящего метода получения заготовки обычно используется экономическое сравнение стоимости по методике [4]. Исходя из проведенного анализа в пункте 1 данной работы, ограничения на методы получения заготовок сводятся к нескольким вариантам литья. Путем анализа литературных данных [8] было установлено, что получение детали из цельного бруса не будет экономически целесообразным, поэтому этот метод был исключен из сравнения. Одно из основных направлений современной технологии машиностроения – совершенствование процессов производства заготовок с целью уменьшения необходимых припусков на механическую обработку, уменьшения количества этапов чистовой обработки и, в некоторых случаях, полного исключения некоторых операций, обеспечивая малоотходную и безотходную технологию производства корпуса.

Метод получения заготовок в значительной мере определяется размерами программного задания и техническими возможностями заготовительных цехов предприятия, материалом детали, техническими требованиями на изготовление. Форма поверхности должна соответствовать предъявленным требованиям и обеспечивать оптимальную работу изделия, а размеры должны быть точно определены и соответствовать проектной документации.

Выбор метода получения заготовки зависит от ряда факторов, включая время подготовки технологической оснастки, наличие оборудования и уровня автоматизации процесса. Себестоимость детали определяется как затраты на получение заготовки, затрат на механическую обработку. Выбор метода получения заготовок должен определяться конструкцией и назначением детали, материалом, серийностью производства и экономической себестоимостью. Чтобы максимально приблизить форму и размеры заготовки

к размерам готовой детали, рекомендуется использовать прогрессивные методы и способы получения заготовок.

По своей конфигурации корпус является сложной деталью, а материал сталь 12ДН2ФЛ ГОСТ 977-88 обладает хорошими литейными свойствами. В связи с этим выполним экономический расчет различных способов создания заготовок, изготовленных методом литья в песчано-вакуумные формы из смесей, обладающих высокой прочностью (более 160 кПа) и однородным уплотнением до твердости не менее 90 единиц, и литьем в песчаные формы.

«Стоимость заготовки рассчитывается по формуле:

$$S_{\text{ЗАГ}} = (C_i \cdot Q \cdot k_T \cdot k_c \cdot k_B \cdot k_M \cdot k_{\text{П}}) - S_{\text{ОТХ}} \cdot (Q - q), \quad (1)$$

где C_i – базовая стоимость получения заготовок, руб.;

Q – масса заготовки, кг;

k_T – коэффициент точности;

k_c – коэффициент сложности;

k_B – коэффициент марки материала;

k_M – коэффициент массы заготовки;

$k_{\text{П}}$ – коэффициент объема производства;

$S_{\text{ОТХ}}$ – стоимость отходов механической обработки в виде стружки, руб.;

q – масса детали, кг» [4].

Масса заготовки может быть определена по формуле:

$$\ll Q = q \cdot K_P, \quad (2)$$

где K_P – коэффициент метода получения заготовки» [4].

Массу детали определим по чертежу графической части работы. Масса заготовки получаемой литьем в песчано-вакуумные формы равна.

$$Q = 6,55 \cdot 1,2 = 7,86 \text{ кг.}$$

Масса заготовки получаемой литьем в песчаные формы равна.

$$Q = 7,66 \cdot 1,2 = 9,20 \text{ кг.}$$

Стоимость отходов механической обработки в виде стружки в выражении (1) принимаем по справочным данным [4] и выполняем соответствующие расчеты.

Заготовка получаемая литьем в песчано-вакуумные формы.

$$S_{\text{ЗАГ}} = (6,55 \cdot 1,8 \cdot 1,0 \cdot 0,84 \cdot 1,14 \cdot 1,0 \cdot 0,8) - 1,82 \cdot (7,86 - 1,2) = 76,28 \text{ р.}$$

Заготовка получаемая литьем в песчаные формы.

$$S_{\text{ЗАГ}} = (7,66 \cdot 2,0 \cdot 1,0 \cdot 0,84 \cdot 1,14 \cdot 1,0 \cdot 0,8) - 1,82 \cdot (9,20 - 1,2) = 95,85 \text{ р.}$$

Из расчетов было выявлено, что метод литья в песчано-вакуумные формы является наиболее выгодным для получения заготовки в данном случае.

«Это подтверждается также результатами анализа исходных данных, учитывая материал, конфигурацию детали и серийность производства» [8]. Для «проектирования заготовки, получаемой на горизонтально-ковочной машине, мы будем использовать рекомендации и данные» [7].

«Алгоритм проектирования заготовки включает разработку маршрутов обработки, определение припусков на обработку поверхностей, характеристики проектируемой заготовки, технологические напуски и допуски на размеры» [7].

«Разработку маршрутов обработки поверхностей проведем согласно методике, учитывая требуемую точность, шероховатость, материал и требуемую твердость корпуса редуктора» [11].

Полученные результаты сведены в таблицу 3.

Таблица 3 – Маршруты обработки поверхностей

Номер	Наименование и содержание операции	Оборудование
1	<p>сверлильно-фрезерная фрезеровать поверхность выдерживая размер 312-1; центровать 10 отв., выдерживая размеры 78, 156, 73 , 146, 196 с образованием $\phi 6+0,5$ на плоскости; сверлить 8 отв. под резьбу $\phi 6,85$, на глубину 20+3 с образованием фаски 1,6x450 выдерживая размеры на плоскости 78, 156, 73 и 146 фрезеровать резьбу м8-7н, 8 мест; сверлить 2 отв. $\phi 13,8$ и 11, выдерживая размеры , 146, 196; зенковать 2 фаски 1,1x450 развернуть 2 отверстия $\phi 14$ и 9, на глубину 15+1</p>	<p>станок фрезерно-расточный с ЧПУ модели Mill Star 600v</p>
2	<p>агрегатная с ЧПУ позиция 1 фрезеровать карман 1 в размер 19,5-0,25, выдерживая размеры 82-0,5, 13+0,5, 198+1, 150+1 с образованием радиусов r45+2; фрезеровать четыре уступа 2 в размер 19,5±0,3, выдерживая размер 2-0,5, 265-0,5, 198-0,5, 49+0,5 , с образованием радиуса r25; центровать 14 отв., выдерживая размеры 24,5±0,2, 27±0,2, 250, 265, 169,5±0,2, 192±0,2, 11 , 41,5, 84, 157, 168, 110, 70, с образованием $\phi 6+0,5$ на плоскости; сверлить 8 отв. под резьбу $\phi 6,85$, на глубину 20+3 с образованием фаски 1,6x450 выдерживая размеры на плоскости 169,5±0,2, 192±0,2, 11 , 41,5, 84, 157, 168, 110, 70, фрезеровать резьбу м8-7н, 10 отверстий; сверлить 4 отв. $\phi 18+0,27$, выдерживая размеры 24,5±0,2, 27±0,2, 250, 265; фрезеровать 2 отв. в размер $\phi 70,9+0,19$, $\phi 88,9+0,19$, выдерживая размеры 38±0,2, 157±0,5, 90±0,02; фрезеровать 2 фаски 2,6x450 , выдерживая размеры 38±0,2, 157±0,5, 90±0,02;</p>	<p>станок фрезерно-расточный с ЧПУ модели DMC 635 V</p>
	<p>позиция 2 поворот стола на 900 фрезеровать плоскость 1 по $\phi 268+1$ в размер 55±0,2; центровать 4 отв. по $\phi 150$ и 4 отв. выдерживая размеры 4,5±0,2, 77±0,2, 155, 160 с образованием $\phi 6+0,5$ на плоскости; сверлить 8 отв. под резьбу $\phi 10,3$, на глубину 20+3 с образованием фаски 1,6x450 выдерживая размеры 155 , 160, $\phi 150$, 450; фрезеровать резьбу м12-7н, 8 отверстий; фрезеровать отв. в размер $\phi 118,9+0,19$, выдерживая размеры 95,5±0,2, 157±0,01; фрезеровать фаску 2,6x450 , выдерживая размеры 95,5±0,2, 157±0,01; расточить отв. $\phi 119,6+0,087$ предварительно; расточить отв. $\phi 120+0,035$ окончательно;</p>	

Продолжение таблицы 3

Номер	Наименование и содержание операции	Оборудование
	позиция 3 поворот стола на 900 фрезеровать карман 1 в размер 19,5-0,25, выдерживая размеры 82-0,5, 13+0,5, 198+1, 150+1 с образованием радиусов r45+2; фрезеровать четыре уступа 2 в размер 19,5±0,3, выдерживая размер 2-0,5, 265-0,5, 198-0,5, 49+0,5, с образованием радиуса r25; центровать 14 отв., выдерживая размеры 24,5±0,2, 27±0,2, 250, 265, 169,5±0,2, 192±0,2, 11, 41,5, 84, 157, 168, 110, 70, с образованием; ø6+0,5 на плоскости сверлить 8 отв. под резьбу ø6,85, на глубину 20+3 с образованием фаски 1,6x450 выдерживая размеры на плоскости 169,5±0,2, 192±0,2, 11, 41,5, 84, 157, 168, 110, 70, фрезеровать резьбу м8-7н, 10 отверстий; сверлить 4 отв. ø 18+0,27, выдерживая размеры 24,5±0,2, 27±0,2, 250, 265; фрезеровать 2 отв. в размер ø70,9+0,19, ø88,9+0,19, выдерживая размеры 38±0,2, 157±0,5, 90±0,02; фрезеровать 2 фаски 2,6x450, выдерживая размеры 38±0,2, 157±0,5, 90±0,02; центровать 14 отв. ø8н14, выдерживая размеры 12± 1, 50, 105, 210, 237, 80, 220, 360, 500, 640, 128, 256, 384, 512, 640, 717, 187 и отв., выдерживая размеры 145 и 15+2; сверлить 15 отв. ø10,2н14 на глубину 25+2,1 расточить отв. ø71,6+0,087 предварительно; расточить отв. ø72+0,035 окончательно; расточить отв. ø89,6+0,087 предварительно; расточить отв. ø90+0,035 окончательно;	
3	слесарная зачистить заусенцы, притупить острые кромки; маркировать индекс изделия и обозначение детали	верстак
4	контрольная	контрольный стол

«Выбор методики определения припусков зависит от точности поверхности. Для точных поверхностей рекомендуется применять расчетно-аналитическую методику» [21]. Расчет ведем для поверхности Ø72Н7.

«Определение минимального припуска для каждого перехода производится по формуле:

$$z_{imin} = a_{i-1} + \sqrt{\Delta_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2}, \quad (3)$$

где a – величина дефектного слоя, мм;

Δ – величина суммарных пространственных отклонений, мм;

ε – величина погрешности установки заготовки, мм;

i – индекс текущего перехода;

$i - 1$ – индекс предыдущего перехода» [21].

«Величина дефектного слоя определяется по формуле:

$$a = Rz + h, \quad (4)$$

где Rz – среднеарифметическая величина микронеровностей профиля поверхностного слоя, мм;

h – глубина дефектного слоя образовавшегося от предыдущей обработки, мм» [21].

«Величина суммарных пространственных отклонений определяется по формуле:

$$\Delta = 0,25 \cdot Td, \quad (5)$$

где Td – поле допуска выполняемого размера, мм» [21].

«Определение максимального припуска для каждого перехода производится по формуле:

$$z_{i \max} = z_{i \min} + 0,5 \cdot (Td_{i-1} + Td_i), \quad (6)$$

где Td_i – поле допуска выполняемого размера, мм;

Td_{i-1} – поле допуска выполняемого размера на предыдущем переходе, мм» [21].

«Определение среднего припуска для каждого перехода производится по формуле:

$$z_{cpi} = 0,5 \cdot (z_{i \max} + z_{i \min}). \quad (7)$$

Проводим расчеты минимального, максимального и среднего припуска для каждого перехода» [21].

$$z_{1 \min} = a_0 + \sqrt{\Delta_0^2 + \varepsilon_1^2} = 0,400 + \sqrt{0,400^2 + 0,025^2} = 0,801 \text{ мм.}$$

$$z_{2 \min} = a_1 + \sqrt{\Delta_1^2 + \varepsilon_2^2} = 0,200 + \sqrt{0,063^2 + 0,025^2} = 0,268 \text{ мм.}$$

$$z_{3 \min} = a_{T0} + \sqrt{\Delta_{T0}^2 + \varepsilon_3^2} = 0,025 + \sqrt{0,040^2 + 0,012^2} = 0,292 \text{ мм.}$$

$$z_{4 \min} = a_3 + \sqrt{\Delta_3^2 + \varepsilon_4^2} = 0,050 + \sqrt{0,010^2 + 0,012^2} = 0,066 \text{ мм.}$$

$$z_{1 \max} = z_{1 \min} + 0,5 \cdot (Td_0 + Td_1) = 0,801 + 0,5 \cdot (1,6 + 0,25) = 1,714 \text{ мм.}$$

$$z_{2 \max} = z_{2 \min} + 0,5 \cdot (Td_1 + Td_2) = 0,268 + 0,5 \cdot (0,25 + 0,10) = 0,443 \text{ мм.}$$

$$z_{3 \max} = z_{3 \min} + 0,5 \cdot (Td_{T0} + Td_3) = 0,292 + 0,5 \cdot (0,16 + 0,10) = 0,422 \text{ мм.}$$

$$z_{4 \max} = z_{4 \min} + 0,5 \cdot (Td_3 + Td_4) = 0,066 + 0,5 \cdot (0,039 + 0,016) = 0,094 \text{ мм.}$$

$$z_{cp1} = 0,5 \cdot (z_{1 \max} + z_{1 \min}) = 0,5 \cdot (1,714 + 0,801) = 1,258 \text{ мм.}$$

$$z_{cp2} = 0,5 \cdot (z_{2 \max} + z_{2 \min}) = 0,5 \cdot (0,443 + 0,268) = 0,356 \text{ мм.}$$

$$z_{cp3} = 0,5 \cdot (z_{3 \max} + z_{3 \min}) = 0,5 \cdot (0,422 + 0,292) = 0,357 \text{ мм.}$$

$$z_{cp4} = 0,5 \cdot (z_{4 \max} + z_{4 \min}) = 0,5 \cdot (0,094 + 0,066) = 0,080 \text{ мм} \gg [21].$$

«Минимальный диаметр определяется по формуле:

$$d_{(i-1) \min} = d_{i \min} + 2 \cdot z_{i \min}. \quad (8) \gg [21]$$

«Для перехода предшествующего термическому переходу минимальный диаметр определяется по формуле:

$$d_{(TO-1)min} = d_{(i-1)min} \cdot 0,999. \quad (9) \text{ [21]}$$

«Максимальный диаметр определяется по формуле:

$$d_{(i-1)max} = d_{(i-1)min} + Td_{i-1}. \quad (10) \text{ [21]}$$

«Средний диаметр определяется по формуле:

$$d_{i\text{cp}} = 0,5 \cdot (d_{i\text{max}} + d_{i\text{min}}). \quad (11) \text{ [21]}$$

«Выполняем расчеты.

$$d_{4min} = 72,002 \text{ мм.}$$

$$d_{4max} = 72,018 \text{ мм.}$$

$$d_{4cp} = 0,5 \cdot (d_{4max} + d_{4min}) = 0,5 \cdot (72,018 + 72,002) = 72,100 \text{ мм.}$$

$$d_{3min} = d_{4min} + 2 \cdot z_{4min} = 72,002 + 2 \cdot 0,066 = 72,150 \text{ мм.}$$

$$d_{3max} = d_{3min} + Td_3 = 72,150 + 0,039 = 72,189 \text{ мм.}$$

$$d_{3cp} = 0,5 \cdot (d_{3max} + d_{3min}) = 0,5 \cdot (72,189 + 72,150) = 72,170 \text{ мм.}$$

$$d_{TO\text{min}} = d_{3min} + 2 \cdot z_{3min} = 72,189 + 2 \cdot 0,292 = 73,229 \text{ мм.}$$

$$d_{TO\text{max}} = d_{TO\text{min}} + Td_{TO} = 73,229 + 0,160 = 73,389 \text{ мм.}$$

$$d_{TO\text{cp}} = 0,5 \cdot (d_{TO\text{max}} + d_{TO\text{min}}) = 0,5 \cdot (73,389 + 73,229) = \\ = 73,309 \text{ мм.}$$

$$d_{2min} = d_{TO\text{min}} \cdot 0,999 = 73,229 \cdot 0,999 = 73,188 \text{ мм.}$$

$$d_{2max} = d_{2min} + Td_2 = 73,188 + 0,100 = 73,288 \text{ мм.}$$

$$d_{2cp} = 0,5 \cdot (d_{2max} + d_{2min}) = 0,5 \cdot (73,288 + 73,188) = 73,238 \text{ мм.}$$

$$d_{1min} = d_{2min} + 2 \cdot z_{2min} = 73,288 + 2 \cdot 0,268 = 73,824 \text{ мм.}$$

$$d_{1max} = d_{1min} + Td_1 = 73,824 + 0,250 = 74,074 \text{ мм.}$$

$$d_{1cp} = 0,5 \cdot (d_{1max} + d_{1min}) = 0,5 \cdot (73,074 + 74,824) = 73,949 \text{ мм.}$$

$$d_{0min} = d_{1min} + 2 \cdot z_{1min} = 73,074 + 2 \cdot 0,801 = 74,676 \text{ мм.}$$

$$d_{0max} = d_{0min} + Td_0 = 74,676 + 1,600 = 76,276 \text{ мм.}$$

$$d_{0cp} = 0,5(d_{0max} + d_{0min}) = 0,5(76,276 + 74,676) = 75,476 \text{ мм} \text{ [21].}$$

«Общий минимальный припуск рассчитывается по формуле:

$$2z_{min} = d_{0min} - d_{4max}. \quad (12) \text{ [21]}$$

$$2z_{min} = 74,676 - 72,018 = 3,658 \text{ мм.}$$

«Общий максимальный припуск рассчитывается по формуле:

$$2z_{max} = 2z_{min} + Td_0 + Td_4. \quad (13) \text{ [21]}$$

$$2z_{max} = 3,658 + 1,600 + 0,016 = 5,274 \text{ мм.}$$

«Общий средний припуск рассчитывается по формуле:

$$2z_{cp} = 0,5 \cdot (2z_{min} + 2z_{max}). \quad (14) \text{ [21]}$$

$$2z_{cp} = 0,5 \cdot (3,658 + 5,724) = 4,466 \text{ мм.}$$

«Припуски на обработку для остальных поверхностей выбираем с использованием таблиц статистических данных и, используя их, рассчитываем соответствующие размеры заготовки» [19].

Результаты расчетов представлены в таблице 4.

Таблица 4 – Определение размеров заготовки

Размеры детали, мм	Размеры отливки, мм	Основной припуск, мм
Ø90H7	Ø80	10
Ø120H7	Ø110	10
185+0,5	195	10
298-1	308	10
312-1	312	10

Следующим шагом проектирования является определение параметров заготовки на основе данных [7]. «Определены следующие характеристики:

точность – Т4, сложность – С1, материал – сталь группы 2, разъем штампа – плоский. В свете этих данных индекс для определения допусков на размеры поверхностей равен 7. Остальные параметры заготовки также вычисляются с использованием данных источника» [7]. «Смещение по поверхности разъёма штампов 0,2 мм, изогнутость и отклонения от плоскостности и прямолинейности 0,4 мм, минимальная величина радиусов скруглений 2,5 мм, величина остаточного облоя 0,7 мм, отклонения от соосности 0,01 мм» [7]. Все основные параметры заготовки, а также сама спроектированная заготовка представлены в виде чертежа в графической части работы.

2.2 Разработка плана изготовления детали

Для разработки плана изготовления используются типовые маршруты обработки поверхностей в машиностроении, которые определяются на «основе данных, представленных в литературе. При этом необходимо учитывать особенности поверхности детали, включая ее точность, протяженность, шероховатость и требуемую твердость» [13], [14].

«Достижение заданных параметров происходит поэтапно, с учетом экономической целесообразности и технических ограничений, свойственных используемым методам обработки, параметрам оборудования, оснащения и инструмента» [13], [14].

При разработке плана изготовления детали необходимо учитывать многие факторы, включая требования к качеству, длительность технологических операций, доступность материалов и инструментов. Правильная разработка плана является важным фактором успешного производства качественной детали. Необходимо выбрать подходящие станки и приспособления для изготовления детали. Это могут быть токарные, фрезерные, шлифовальные станки с ЧПУ, а также приспособления для обработки сложных деталей. Сформированный маршрут изготовления детали приведен в таблице 5.

Таблица 5 – Маршрут изготовления

Номер операции	Содержание операции	Оборудование
00 заготовительная	получение заготовки отливки детали	литьевая форма
10 сверлильно-фрезерная	<p>фрезеровать поверхность выдерживая размер 312-1; центровать 10 отв., выдерживая размеры 78, 156, 73 , 146, 196 с образованием $\varnothing 6 \pm 0,5$ на плоскости;</p> <p>сверлить 8 отв. под резьбу $\varnothing 6,85$, на глубину 20+3 с образованием фаски 1,6x450 выдерживая размеры на плоскости 78, 156, 73 и 146</p> <p>фрезеровать резьбу м8-7н, 8 мест;</p> <p>сверлить 2 отв. $\varnothing 13,8$ и 11, выдерживая, 146, 196; зенковать 2 фаски 1,1x450</p> <p>развернуть 2 отверстия $\varnothing 14$ и 9, на глубину 15+1</p>	станок фрезерно-расточный с ЧПУ модели Mill Star 600v
20 агрегатная с ЧПУ позиция 1	<p>фрезеровать карман 1 в размер 19,5-0,25, выдерживая размеры 82-0,5, 13+0,5, 198+1, 150+1 с образованием радиусов r45+2;</p> <p>фрезеровать четыре уступа 2 в размер 19,5±0,3, выдерживая размер 2-0,5, 265-0,5, 198-0,5, 49+0,5 , с образованием радиуса r25;</p> <p>центровать 14 отв., выдерживая размеры 24,5±0,2, 27±0,2, 250, 265, 169,5±0,2, 192±0,2, 11 , 41,5, 84, 157, 168, 110, 70, с образованием $\varnothing 6 \pm 0,5$ на плоскости;</p> <p>сверлить 8 отв. под резьбу $\varnothing 6,85$, на глубину 20+3 с образованием фаски 1,6x450 выдерживая размеры на плоскости 169,5±0,2, 192±0,2, 11, 41,5, 84, 157, 168, 110, 70, фрезеровать резьбу м8-7н, 10 отверстий;</p> <p>сверлить 4 отв. $\varnothing 18 \pm 0,27$, выдерживая размеры 24,5±0,2, 27±0,2, 250, 265;</p> <p>фрезеровать 2 отв. в размер $\varnothing 70,9 \pm 0,19$, $\varnothing 88,9 \pm 0,19$, выдерживая размеры 38±0,2, 157±0,5, 90±0,02;</p> <p>фрезеровать 2 фаски 2,6x450 , выдерживая размеры 38±0,2, 157±0,5, 90±0,02;</p>	станок фрезерно-расточный с ЧПУ модели DMC 635 V

Продолжение таблицы 5

Номер операции	Содержание операции	Оборудование
позиция 2	поворот стола на 90 фрезеровать плоскость 1 по $\varnothing 268+1$ в размер $55\pm 0,2$; центровать 4 отв. по $\varnothing 150$ и 4 отв. выдерживая размеры $4,5\pm 0,2$, $77\pm 0,2$, 155 , 160 с образованием $\varnothing 6+0,5$ на плоскости; сверлить 8 отв. под резьбу $\varnothing 10,3$, на глубину $20+3$ с образованием фаски $1,6 \times 450$ выдерживая размеры 155 , 160 , $\varnothing 150$, 450 ; фрезеровать резьбу $M12-7H$, 8 отверстий; фрезеровать отв. в размер $\varnothing 118,9+0,19$, выдерживая размеры $95,5\pm 0,2$, $157\pm 0,01$; фрезеровать фаску $2,6 \times 450$, выдерживая размеры $95,5\pm 0,2$, $157\pm 0,01$; расточить отв. $\varnothing 119,6+0,087$ предварительно; расточить отв. $\varnothing 120+0,035$ окончательно;	
позиция 3	поворот стола на 90 фрезеровать карман 1 в размер $19,5-0,25$, выдерживая размеры $82-0,5$, $13+0,5$, $198+1$, $150+1$ с образованием радиусов $r45+2$; фрезеровать четыре уступа 2 в размер $19,5\pm 0,3$, выдерживая размер $2-0,5$, $265-0,5$, $198-0,5$, $49+0,5$, с образованием радиуса $r25$; центровать 14 отв., выдерживая размеры $24,5\pm 0,2$, $27\pm 0,2$, 250 , 265 , $169,5\pm 0,2$, $192\pm 0,2$, 11 , $41,5$, 84 , 157 , 168 , 110 , 70 , с образованием; $\varnothing 6+0,5$ на плоскости сверлить 8 отв. под резьбу $\varnothing 6,85$, на глубину $20+3$ с образованием фаски $1,6 \times 450$ выдерживая размеры на плоскости $169,5\pm 0,2$, $192\pm 0,2$, 11 , $41,5$, 84 , 157 , 168 , 110 , 70 , фрезеровать резьбу $M8-7H$, 10 отверстий; сверлить 4 отв. $\varnothing 18+0,27$, выдерживая размеры $24,5\pm 0,2$, $27\pm 0,2$, 250 , 265 ; фрезеровать 2 отв. в размер $\varnothing 70,9+0,19$, $\varnothing 88,9+0,19$, выдерживая размеры $38\pm 0,2$, $157\pm 0,5$, $90\pm 0,02$; фрезеровать 2 фаски $2,6 \times 450$, выдерживая размеры $38\pm 0,2$, $157\pm 0,5$, $90\pm 0,02$; центровать 14 отв. $\varnothing 8H14$, выдерживая размеры 12 ± 1 , 50 , 105 , 210 , 237 , 80 , 220 , 360 , 500 , 640 , 128 , 256 , 384 , 512 , 640 , 717 , 187 и отв., выдерживая размеры 145 и $15+2$; сверлить 15 отв. $\varnothing 10,2H14$ на глубину $25+2,1$ расточить отв. $\varnothing 71,6+0,087$ предварительно; расточить отв. $\varnothing 72+0,035$ окончательно; расточить отв. $\varnothing 89,6+0,087$ предварительно; расточить отв. $\varnothing 90+0,035$ окончательно;	
30 слесарная	зачистить заусенцы, притупить острые кромки; маркировать индекс изделия и обозначение детали	верстак
40 контрольная	контроль всех размеров детали согласно чертежа детали	контрольный стол

Сформированный план изготовления корпуса был получен благодаря выбора маршрутов обработки на каждую поверхность. Путем объединения

одинаковых методов «обработки с одинаковыми достигаемыми параметрами точности и шероховатости были составлены отдельно взятые операции. Для каждой операции был составлен эскиз обработки, на котором обозначены все обрабатываемые поверхности, схема базирования и операционные размеры» [14]. В плане изготовления отдельно указаны допуски для операционных размеров, формы и расположения поверхностей, которые были назначены с учетом методики и справочных данных источника [18].

При выборе баз для обработки необходимо учитывать, что максимальная точность достигается при использовании одних и тех же базовых поверхностей на всех операциях механической обработки, то есть при соблюдении принципа постоянства баз. При чистовой обработке также следует придерживаться принципа совмещения баз, при котором используются конструкторские и измерительные базы в качестве технологических базовых поверхностей. При использовании совмещения технологической и измерительной баз, погрешность базирования минимальна.

Для чистовой обработки необходимо выбирать базы с наибольшей точностью размеров и протяженностью геометрической формы, а также с минимальной шероховатостью поверхности. Они должны быть устойчивы к воздействиям сил резания, действующих усилий зажима технологического оснащения и собственной массы, в данном случае корпус редуктора рассматривается как достаточно массивная деталь.

Выбранные базы должны обеспечить надежное закрепление детали и наиболее простую конструкцию приспособления.

«Графическое отображение плана изготовления оформляется в соответствии с рекомендациями» [18]. Маршрут изготовления также отображается в маршрутной карте (Приложение А таблица А. 1).

2.3 Выбор оборудования и технологической оснастки

«При выборе конкретных моделей станочного оборудования

используются данные из источников. Станочная оснастка должна быть универсальной и с возможностью переналадки для выпуска новых деталей, а также соответствовать требованиям по надежности и быстрой перенастройке» [10], [22].

«При выборе конкретных моделей станочной оснастки используются данные из источников. Metallорежущий инструмент должен обеспечивать нужную точность и производительность, быть стойким и быстро переналаживаемым» [22], [23].

«Выбор конкретных типоразмеров инструмента осуществляется на основе данных из источников» [2], [22]. «Контрольные средства должны гарантировать точный контроль и соответствовать требованиям по безопасности и надежности. Выбор типов и моделей контрольных средств производится на основе данных из источников» [3], [22].

Результаты выбора технологической оснастки приведены в таблице 6.

Таблица 6 – Результаты выбора технологической оснастки

Номер и наименование операции	Наименование технологической оснастки
00 заготовительная	
10 сверлильно-фрезерная	патрон для насадных фрез a1b05-40 27 035 (sandvik coromant); фреза r290-080q27-12h (sandvik coromant); высокоточный патрон hydrogrip® 392.272cg-40 20 060a (sandvik coromant); цанга 393.cg-20 12 52 (sandvik coromant); сверло центровочное специальное ; цанга 393.cg-20 14 52 (sandvik coromant); сверло r840-1400-30-a0a 1220 (sandvik coromant); патрон цанговый a1b14-40 16 070 (sandvik coromant); цанга 393.14-16 0600 (sandvik coromant); фреза резьбовая r217.14c060125ak17n 1630 (sandvik coromant); пробка ø14н9; щц-2-125-0,1 гост 166-80; калибр-пробка резьбовой м8-7н

Продолжение таблицы 6

Номер и наименование операции	Наименование технологической оснастки
20 агрегатная с ЧПУ	<p> припособление специальное фюра.340087.050 сб; патрон для насадных фрез a1b05-40 27 035 (sandvik coromant); фреза r390-080q27-11h (sandvik coromant) патрон для насадных фрез a1b05-40 22 035 (sandvik coromant); фреза r290-050q22-12l (sandvik coromant) высокоточный патрон hydrogrip® 392.272cg-40 20 060a (sandvik coromant); цанга 393.cg-20 12 52 (sandvik coromant); сверло центровочное специальное ; патрон цанговый a1b14-40 20 070 (sandvik coromant); цанга 393.14-20 100 (sandvik coromant); сверло комбинированное ø6,85 с обработкой фаски под резьбу м8-7н r841-0685-30-a1a 1220 (sandvik coromant); патрон цанговый a1b14-40 16 070 (sandvik coromant); цанга 393.14-16 0600 (sandvik coromant); фреза резьбовая r217.14c060125ak17n 1630 (sandvik coromant); патрон цанговый a1b14-40 20 070 (sandvik coromant); цанга 393.18-20 100 (sandvik coromant); сверло r840-1800-30-a0a 1220 (sandvik coromant); патрон для насадных фрез a1b05-40 22 035 (sandvik coromant); фреза r390-044q22-51 (sandvik coromant) патрон для насадных фрез a1b05-40 22 035 (sandvik coromant); инструмент для снятия фасок специальный; патрон цанговый a1b05-12 20 070 (sandvik coromant); цанга 393.10-12 100 (sandvik coromant); сверло комбинированное ø10,3 с обработкой фаски под резьбу м12-7н r841-1030-30-a1a 1220 (sandvik coromant); головка для чернового растачивания bhr mb80-90x120 (ø90-120) (iscar); головка для чистового растачивания bhf mb50-50x150 (ø50-150) 3 шт. (iscar); головка для чернового растачивания bhr mb80-60x100 (ø60-90) 2 шт. (iscar); пробка ø120н7; пробка ø72н7; пробка ø90н7; калибр-пробка резьбовой м8-7н; калибр-пробка резьбовой м12-7н; калибр соосности; калибр перпендикулярности; шщ-2-125-0,1 гост 166-80; </p>
30 слесарная	<p> оборудование: верстак; тиски 7827-0332 гост 4045-75; напильник 2820-0018 гост 1465-80; </p>
40 контрольная	контрольный стол

Исходя из полученных результатов, вносим необходимые изменения в

маршрут обработки детали, оформляем маршрутную карту и операционные карты (Приложение А). «Эта информация будет использоваться при разработке лимитирующих технологических операций, включая оборудование, оснастку и режущий инструмент. Если в процессе проектирования технологических операций обнаружится, что какое-либо оборудование или средства оснащения не могут обеспечить необходимые параметры качества обработки или оптимальные режимы резания, их необходимо заменить или модернизировать, чтобы обеспечить требуемые параметры обработки» [23].

2.4 Проектирование операций технологического процесса

«На данном этапе проектирования технологии изготовления детали необходимо разработать операции технологического процесса, учитывая структуру операций, используемое оборудование и средства технологического оснащения. Режимы резания и нормы выполнения операций будут рассчитаны исходя из параметров обработки поверхностей корпуса редуктора» [15].

Для определения режимов резания, необходимо учитывать тип производства и использовать опытно-статистические данные, как предусмотрено методикой [16]. Сначала необходимо определить максимальный припуск на выполнение операции и ограничить глубину резания техническими возможностями станка, чтобы обеспечить требуемую мощность резания. Затем, на основе статистических данных, можно определить рекомендуемые значения подачи режущего инструмента для выполнения операций с учетом используемого оборудования. «Скорость резания определяем по формуле:

$$V = V_T \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3, \quad (15)$$

где V_T – нормативная скорость резания, м/мин;

K_1 – коэффициент, зависящий от характеристик обрабатываемого материала;

K_2 – коэффициент, зависящий от характеристик инструментального материала;

K_3 – коэффициент, зависящий от вида обработки» [16].

Далее по полученной расчетной скорости резания, определяется частота вращения шпинделя по формуле:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d}, \quad (16)$$

где d – диаметр обрабатываемой поверхности или режущего инструмента, мм» [16].

Далее, полученное значение длины рабочего хода сопоставляется с допустимой нормой времени на выполнение операции, определенной по паспорту станка. Если время операции не превышает нормы, то ее можно считать выполненной успешно.

Для определения скорости резания используется полученное значение частоты вращения, которое округляется в соответствии с паспортными данными, а затем пересчитывается на фактическую скорость резания. Этот метод позволяет определить параметры для достижения требуемого качества поверхности и производительности обработки [20]:

$$L_{\text{р.х.}} = l_1 + l_{\text{рез}} + l_2, \quad (17)$$

где l_1 – длина врезания, мм.;

$l_{\text{рез}}$ – длина резания, мм.;

l_2 – длина перебега, мм» [20].

«Затем, определяется основное время на обработку по формуле:

$$T_0 = \frac{L_{p.x.}}{S \cdot n}, \quad (18)$$

где S – подача, мм/об» [20].

Для каждой механической операции в технологическом процессе рассчитываем режимы резания и выполняем нормирование, учитывая конструктивные особенности используемого оборудования, технологической оснастки и режущего инструмента. Полученные результаты приведены в таблице 7.

Таблица 7 – Режимы резания и нормирование технологических операций

Операция	Номер перехода	Глубина резания, мм	Скорость резания, м/мин	Подача, мм/об	Частота вращения, об/мин	Основное время, мин
10	1	2	94,2	0,5	1250	0,022
	2	3	98,1	0,5	315	0,57
	3	1,5	98,1	0,5	315	0,57
20	1	3	98,1	0,5	315	0,337
	2	3	98,1	0,5	315	0,337
	3	0,5	124,6	0,5	400	0,175
	4	3	98,9	0,5	630	0,048

«На основе результатов расчета режимов обработки и нормирования операций вносим соответствующие данные в маршрутные карты и операционные карты (Приложение А таблица А. 1). На основе чего выполнены чертежи технологических наладок, которые представлены на графических листах данной выпускной квалификационной работы» [15].

«В результате выполнения данного раздела был сделан выбор способа получения заготовки корпуса редуктора, был разработан план изготовления, выбрано оборудование и технологическая оснастка, и спроектировали операции технологического процесса» [16]. Таким образом, задача данного раздела была успешно выполнена.

3 Разработка специальной технологической оснастки

3.1 Разработка станочного приспособления

«Приспособление предназначено для закрепления заготовки при обработке» [9] на операции 10 на фрезерно-расточном станке с ЧПУ модели Mill Star 600v с ЧПУ. Расчетная схема операции приведена на рисунке 2.

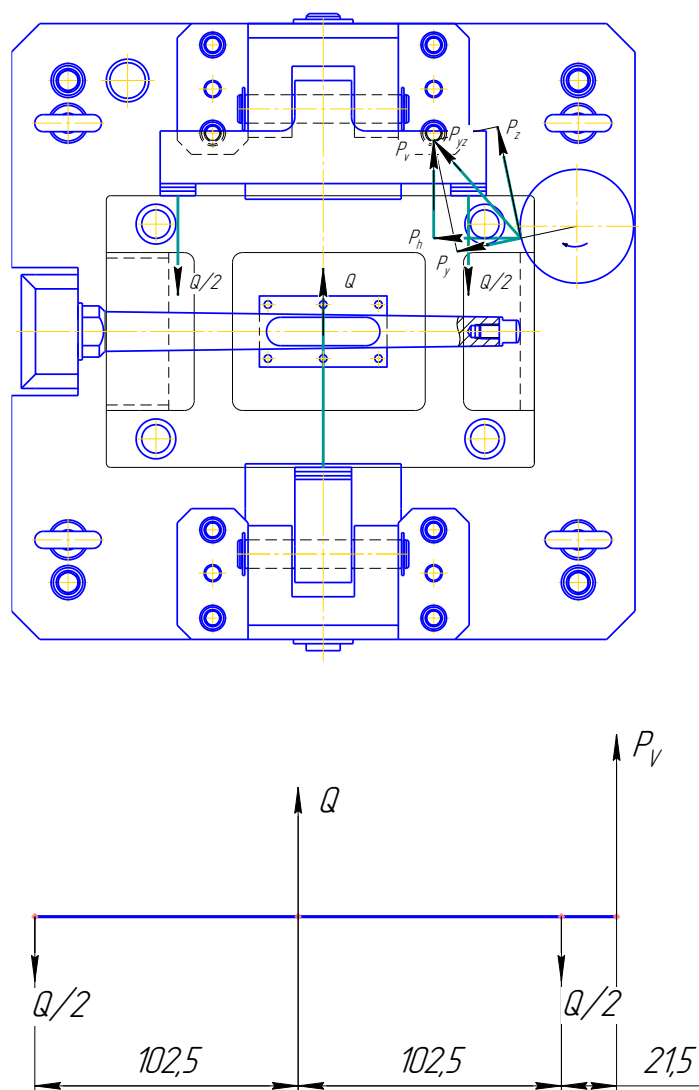


Рисунок 2 – Расчетная схема проектирования станочного приспособления

Для базирования детали в приспособлении применяют схему, где используется плоскость, два прижимных рычага и упор. Главная базирующая плоскость несет три точки, включая две плавающие самоустанавливающие опоры, две самоцентрирующие рычаги и один упор. Для передачи усилия зажима заготовке используются два рычага. «Для базирования и закрепления приспособления на столе станка используются четыре специальные втулки. Приспособление состоит из литого корпуса, с установленными на нём опорными и зажимными элементами, и зажим детали производится вручную, затягиванием винта» [26].

«В первую очередь необходимо определить схему закрепления заготовки. Исходя из расчетной схемы, Сила резания P_v направлена в сторону опор. Этой силе препятствует сила трения, возникающая в местах закрепления Q_f , где Q -сила зажима винтового прижима, f -коэффициент трения» [9], [26].

«Далее определяем момент от основной составляющей силы резания $P_z = 0,85P_v$, действующей на заготовку по формуле:

$$M_{P_{PZ}} = P_z \cdot \frac{d_o}{2}, \quad (19)$$

где d_o – диаметр обрабатываемой поверхности, мм» [9].

«Чтобы обеспечить надежное закрепление заготовки, нужно создать уравновешивающий момент силы резания, который рассчитывается по формуле» [9], [26]:

$$\ll M_{3PZ} = \frac{3 \cdot W \cdot f \cdot d_3}{2}, \quad (20)$$

где W – расчетное усилие зажима, Н;

f – коэффициент;

d_3 – диаметр закрепления, мм» [9].

«Выполнение условия равновесия в системе рычагов зажимного механизма позволяет рассчитать усилие зажима путем приравнивания моментов по формуле» [9], [26]:

$$\langle W = \frac{P_z \cdot d_0}{3 \cdot f \cdot d_3} \cdot K, \quad (21)$$

где K – коэффициент условий выполнения операции» [9].

«Коэффициента условий выполнения операции рассчитывается по формуле:

$$K = K_0 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5, \quad (22)$$

где: K_0 – гарантированный коэффициент запаса;

K_1 – коэффициент, учитывающий влияние неровностей обрабатываемой поверхности;

K_2 – коэффициент, учитывающий состояние режущего инструмента;

K_3 – коэффициент, учитывающий непостоянство сил резания;

K_4 – коэффициент, учитывающий колебания усилия на приводе;

K_5 – коэффициент, учитывающий эргономические характеристики зажимного механизма» [26].

$$K = 1,5 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 1,5.$$

По формуле (21) рассчитываем усилие зажима.

$$W = \frac{4210 \cdot 99,2}{3 \cdot 0,4 \cdot 24} \cdot 1,5 = 14501 \text{ Н.}$$

«При использовании предлагаемой конструкции приспособления усилие зажима на рычаге будет изменяться. Величину изменения возможно рассчитать по формуле» [9], [26]:

$$\ll W_1 = \frac{W}{1 - \frac{3 \cdot l}{H} \cdot f_1}, \quad (23)$$

где l – вылет кулачка, мм;

H – длина направляющей постоянного кулачка, мм;

f_1 – коэффициент трения в направляющих» [9].

$$W_1 = \frac{14501}{1 - \frac{3 \cdot 51}{80} \cdot 0,1} = 17924 \text{ Н.}$$

«В качестве зажимного механизма предлагается использовать клиновой зажимной механизм, так как он обеспечивает широкий диапазон регулировок, рисунок 3» [9].

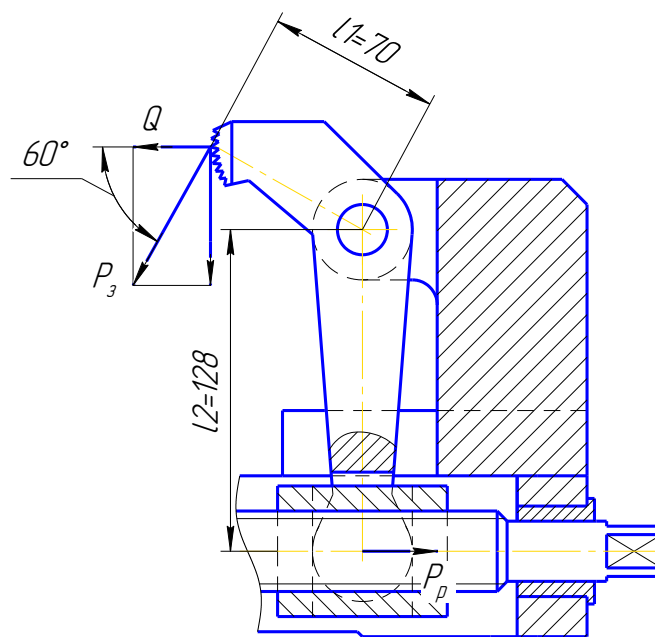


Рисунок 3 – Схема определения усилия зажима

«Усилие, создаваемое данным зажимным механизмом, рассчитывается по формуле:

$$Q = \frac{W_1}{i_c}, \quad (24)$$

где i_c – передаточное отношение зажимного механизма» [26].

«Передаточное отношение зажимного механизма рассчитывается по формуле:

$$i_c = \frac{1}{\operatorname{tg}(\alpha + \varphi) + \operatorname{tg}\varphi_1}, \quad (25)$$

где α – угол клина, град;

φ – угол трения наклонной поверхности клина, град;

φ_1 – угол трения плоской поверхности клина, град» [26].

$$i_c = \frac{1}{\operatorname{tg}(20^\circ + 6^\circ) + \operatorname{tg}6^\circ} = 1,1.$$

Подставляем найденное значение в формулу (24) и производим расчет.

$$Q = \frac{17924}{1,1} = 16295 \text{ Н.}$$

«С целью механизации закрепления заготовки и создания необходимого усилия на приводе применим гидроцилиндр, диаметр поршня которого определим по формуле» [9], [26]:

$$D = \sqrt{\frac{1,27 \cdot Q}{P} + d^2}, \quad (26)$$

где d – диаметр штока поршня, мм;

P – давление в гидросистеме, МПа» [26].

$$D = \sqrt{\frac{1,27 \cdot 16295}{2,5} + 25^2} = 88 \text{ мм.}$$

«Расчётное значение диаметра, необходимо округлить до ближайшего большего стандартного значения» [9], [26]. Принимаем диаметр поршня привода равным 90 мм.

«Далее необходимо рассчитать точность спроектированного приспособления» [9], [26].

«Из представленной схемы рисунок 3, составляем уравнение для определения погрешности установки в проектируемом приспособлении:

$$\varepsilon_y = 1,2\sqrt{\Delta_1^2 + \Delta_2^2 + \Delta_3^2 + \Delta_4^2 + \Delta_5^2}, \quad (27)$$

где Δ_1 – погрешность изготовления размера A_1 , мм;

Δ_2 – колебание зазора в сопряжении A_2 , мм;

Δ_3 – погрешность изготовления размера A_3 , мм;

Δ_4 – колебание зазора в сопряжении A_4 , мм;

Δ_5 – погрешность изготовления размера A_5 , мм» [9].

«Примем точность составляющих звеньев цепи по 7 качеству и произведем расчет» [9].

$$\varepsilon_y = 1,2\sqrt{0,062^2 + 0,020^2 + 0,02^2 + 0,02^2 + 0,02^2} = 0,095 \text{ мм.}$$

«Допускаемая погрешность для данного приспособления равна минимальному припуску на чистовую обработку, то есть 0,296 мм. Как показали расчеты точность проектируемого патрона больше, чем требуемая допустимая точность обработки» [9].

Расчеты показали, что точность проектируемого приспособления выше требуемой допустимой точности обработки. Приспособление состоит из сменных и постоянных рычагов, которые крепятся внутри клинового зажимного механизма. Для закрепления заготовки используется силовой привод, который перемещает кулачки и рычажный механизм в сборе. «Механизм смонтирован в корпусе, который крепится на столе станка. Для закрепления заготовки необходимо подать рабочее давление жидкости в правую полость гидроцилиндра, а для раскрепления - в левую» [9].

«Спроектированное приспособление обеспечивает механизацию закрепления и отвечает требованиям по точности установки, то есть цель его проектирования можно считать достигнутой» [9].

Конструкция приспособления представлена в графической части работы и в Приложении Б таблица Б. 1.

3.2 Разработка расточной оправки

«Для расточки отверстий существуют принципиально два различных вида оправок: с определенностью и неопределенностью базирования (рис унок 4). В первом случае при сложении всех составляющих сил резания, действующих на отдельные режущие лезвия инструмента, результирующее усилие теоретически должно быть равно нулю (развертки, зенкера, сверла и т. д.). Во втором определяют конструктивные параметры исходя из технических требований на растачивание и распределения сил резания в процессе обработки отверстия» [17].

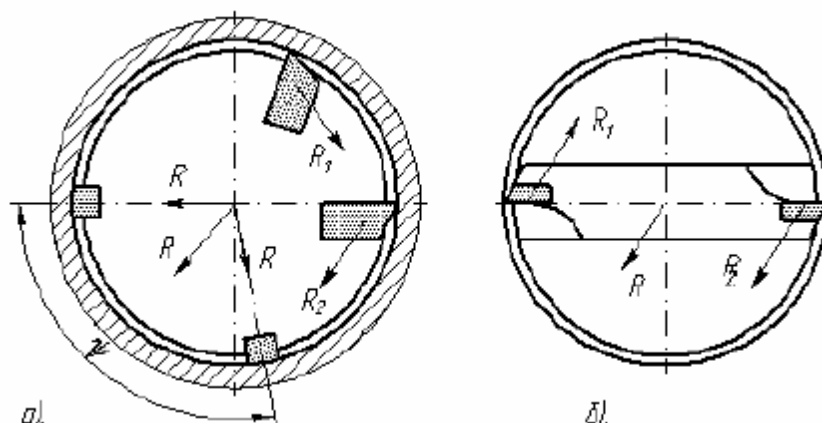


Рисунок 4 - Расточные оправки с определенностью (а) и без определенности (б) базирования

«Возникает результирующая сила $R_{рез}$, величина и направление которой являются случайными величинами, что может привести к вибрациям, действующим на инструмент при недостаточной жесткости технологической системы. В инструментах с определенностью базирования результирующая сила находится в пределах угла ψ расположения направляющих шпонок,

которые ее воспринимают, поэтому в данном случае обеспечивается лучшее качество обработки, меньше огранка и увод инструмента» [17,18].

«Параметры зоны резания: полухорда a и углы ψ_o и ψ_u (рисунок 4) при невращающейся детали вычисляются из равенств (29-30):

$$a = \sqrt{R_3^2 - \left(\frac{R_0^2 - r_a^2 + \delta^2}{2 \cdot \delta} \right)} \quad (29)$$

где R_0 , R_3 , r_a – радиусы обработанного отверстия, заготовки и окружности, описываемой вершинами резцов режущей головки, мм» [18].

«Высота выступов может быть вычислена по формуле:

$$h_g = R_0 - \delta \cdot \cos\left(\frac{\eta}{2}\right) - \sqrt{r_a^2 - \delta^2 \cdot \sin^2\left(\frac{\eta}{2}\right)} \quad (30)$$

«Выбор конструктивных параметров резцовой головки (диаметр, количество зубьев и длина их режущих кромок в осевом направлении) максимально возможная производительность, предельно допустимая сила резания или мощность резания, а также шероховатость обработанной поверхности являются взаимосвязанными между собой величинами. Все эти величины, определяются допустимой подачей на зуб» [18].

«Используя выражения (29-30) для следующих исходных данных: шероховатость $R_a=2.5$ мкм, протяженность растачивания $L_p = 180$ мм, диаметр растачивания $D_p=65$ Н8, были получены следующие результаты расчетов. Угол смещения резцовых вставок $\eta = 65^\circ$. При этом высота выступов резцовых вставок при настройке инструмента составила $h_g = 0,8-1$ мм. Подача на зуб с учетом предельной толщины снимаемого слоя $t = 0,5-0,7$ мм составила $S_z=0,08$ мм/зуб. Данные значения получены для конструктивного исполнения расточной оправки с применением двух резцовых вставок т.е. $z_i=2$. При этом в качестве них применяются резцовая вставка с многогранной твердосплавной

пластиной. Для полученных значений расчетная величина поправочного коэффициента составила $K_p=1,2$. Значения силы резания $P_z=800\text{Н}$, при мощности растачивания $N=1,2$ кВт. Остальные параметры режущего инструмента назначены конструктивно» [18].

Спроектированная расточная оправка выполняют несколько основных функций. В первую очередь, служат для получения точного размера отверстия 65Н8. В процессе растачивания оправка удаляет слой металла, таким образом, формируя округлое отверстие с заданным диаметром. Вторая функция заключается в том, чтобы обеспечить необходимую шероховатость поверхности внутри отверстия. Это особенно важно при работе с металлическими поверхностями, которые будут находиться в контакте с другими деталями. Шероховатость поверхности позволяет обеспечить лучшее сцепление сопрягаемых деталей при сборке, что в свою очередь возможно снизить вероятность выхода из строя конструкции [24].

«Спроектированный в результате выполнения данного раздела инструмент отвечает требованиям по точности установки, то есть цель его проектирования можно считать достигнутой» [18].

Конструкция спроектированного инструмента представлена в графической части работы.

4 Безопасность и экологичность технического объекта

4.1 Конструктивно-технологическая и организационно-техническая характеристики рассматриваемого технического объекта

Важной задачей является обеспечение безопасности производства на участке, где производят корпуса редукторов. Это достигается путем «анализа выполняемых технологических операций, используемого оборудования и материалов, а также средств оснащения. Данную информацию представим в виде паспорта (таблица 8), составленного на основе рекомендаций» [6].

Таблица 8 – Технологический паспорт технического объекта

«Технологический процесс»	Технологическая операция, вид выполняемых работ	Наименование должности работника, выполняющего технологический процесс, операцию	Оборудование, техническое устройство, приспособление	Материалы, вещества
изготовление корпуса редуктора	сверлильно-фрезерная с ЧПУ	оператор станков с числовым программным управлением	станок фрезерно-расточный с ЧПУ модели Mill Star 600v	сталь 12ДН2ФЛ ГОСТ 977-88, ветошь, смазочно-охлаждающая жидкость
	агрегатная ЧПУ	оператор станков с числовым программным управлением	станок фрезерно-расточный с ЧПУ модели DMC 635 V	сталь 12ДН2ФЛ ГОСТ 977-88, «ветошь, смазочно-охлаждающая жидкость» [6]

«Согласно представленного технологического паспорта, основной особенностью используемого процесса является широкое применение станков, оснащенных системами числового программного управления, что влечет за собой необходимость использования соответствующего

оборудования и технических жидкостей в процессе выполнения технологических операций» [6].

4.2 Идентификация профессиональных рисков

«На основе анализа таблицы 8 проведем идентификацию опасных и вредных производственных факторов. Рассмотрим возможные факторы, которые могут возникнуть на данном производственном участке, в процессе изготовления детали. Кроме того, выявим источники возникновения этих факторов. Результаты приведем в таблице 9» [6].

Таблица 9 – Идентификация профессиональных рисков

«Производственно-технологическая и/или эксплуатационно-технологическая операция, вид выполняемых работ	Опасный и/или вредный производственный фактор	Источник опасного и/или вредного производственного фактора
агрегатная с ЧПУ	неподвижные режущие, колющие, обдирающие, разрывающие части твердых объектов, воздействующие на работающего при соприкосновении с ним	станок, средства технологического оснащения, технологический транспорт
	опасные и вредные производственные факторы, связанные с чрезмерно высокой или низкой температурой материальных объектов, могущих вызвать ожоги (обморожения) тканей организма человека	станок, средства технологического оснащения
	опасные и вредные производственные факторы, связанные с повышенным уровнем общей вибрации	станок, средства оснащения, транспорт»[6]

Продолжение таблицы 9

«Производственно-технологическая и/или эксплуатационно-технологическая операция, вид выполняемых работ	Опасный и/или вредный производственный фактор	Источник опасного и/или вредного производственного фактора
	опасные и вредные производственные факторы, связанные с акустическими колебаниями в производственной среде и характеризуемые повышенным уровнем и другими неблагоприятными характеристиками шума	станок, средства технологического оснащения, технологический транспорт
	опасные и вредные производственные факторы, связанные с электрическим током, вызываемым разницей электрических потенциалов, под действие которого попадает работающий, включая действие молнии и высоковольтного разряда в виде дуги, а также электрического разряда живых организмов	станок
	отсутствие или недостаток необходимого естественного освещения	станок, средства технологического оснащения
	вещества, обладающие острой токсичностью по воздействию на организм	смазочно-охлаждающая жидкость
	физическая динамическая нагрузка	станок, средства технологического оснащения, технологический транспорт
	стереотипные рабочие движения	станок, средства технологического оснащения, технологический транспорт» [6]

Работники производства могут подвергаться риску и вредным последствиям из-за опасных и вредных факторов, перечисленных в таблице 9, которые могут также отрицательно отразиться на качестве работы. «Критичными источниками этих факторов являются оборудование и приспособления, используемые в технологическом процессе» [6].

4.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков

«Для сокращения в производственных условиях воздействия опасных и вредных факторов» [6], возникающих в процессе реализации спроектированной технологии, требуется предусмотреть организационно-технические методы и выбрать соответствующее техническое оснащение средствами безопасности. Полученные результаты выбора приведены в таблице 10.

Таблица 10 – Организационно-технические методы и технические средства устранения или снижения негативного воздействия опасных и вредных производственных факторов

«Опасный и/или вредный производственный фактор	Организационно-технические методы и технические средства защиты, частичного снижения, полного устранения опасного и/или вредного производственного фактора	Средства индивидуальной защиты работника
неподвижные режущие, колющие, обдирающие, разрывающие части твердых объектов, воздействующие на работающего при соприкосновении с ним	инструктаж по охране труда, устройства, ограждающие опасные зоны, зачистка заусенцев	фартук для защиты от общих производственных загрязнений, перчатки трикотажные с точечным полимерным покрытием, очки защитные
опасные и вредные производственные факторы, связанные с чрезмерно высокой или низкой температурой материальных объектов производственной среды, могущих вызвать ожоги (обморожения) тканей организма человека	инструктаж по охране труда, устройства, ограждающие опасные зоны	костюм для защиты от общих производственных загрязнений и механических воздействий или халат для защиты от общих производственных загрязнений и механических воздействий,
опасные и вредные производственные факторы, связанные с повышенным уровнем общей вибрации	инструктаж, виброгасящие устройства и приспособления	ботинки кожаные с защитным подноском» [6]

Продолжение таблицы 10

«Опасный и/или вредный производственный фактор	Организационно-технические методы и технические средства защиты, частичного снижения, полного устранения опасного и/или вредного производственного фактора	Средства индивидуальной защиты работника
опасные и вредные производственные факторы, связанные с акустическими колебаниями в производственной среде и характеризующиеся повышенным уровнем и другими неблагоприятными характеристиками шума	инструктаж, устройства и приспособления, поглощающие и снижающие уровень шума	наушники противошумные или вкладыши противошумные
опасные и вредные производственные факторы, связанные с электрическим током, вызываемым разницей электрических потенциалов, под действие которого попадает работающий, включая действие молнии и высоковольтного разряда в виде дуги, а также электрического разряда живых организмов	инструктаж по охране труда, устройства, ограждающие опасные зоны, устройства заземления оборудования, изоляции токоведущих частей, система аварийного отключения оборудования, средства изоляции	спецодежда
отсутствие или недостаток необходимого освещения	инструктаж по охране труда, устройства освещения	–
вещества, обладающие острой токсичностью по воздействию на организм	инструктаж по охране труда, устройств ограждающие опасные зоны	халат для защиты от общих производственных загрязнений и механических воздействий, нарукавники, фартук для защиты от общих производственных загрязнений с нагрудником
физическая динамическая нагрузка	инструктаж по охране труда, периодические перерывы	–
стереотипные рабочие движения	инструктаж по охране труда, регламентируемые перерывы» [6]	–

«Реализация мер, приведенных в таблице 10, позволит достичь нормативных значений по опасным и вредным факторам, что обеспечит улучшение условий труда» [6], снизит вероятность травм и профессиональных заболеваний на производственном участке при изготовлении корпуса.

Выполнение данного раздела направлено на разработку мероприятий связанных с обеспечением производственной безопасности технологического процесса. Для этого был проведен анализ используемых материалов, оборудования, инструмента и средств оснащения, а также технологических операций, которые выполняются при изготовлении корпуса.

«На основе этого анализа были выявлены опасные и вредные производственные факторы, которые могут возникнуть на данном производственном участке, а также выявлены их источники. Были предложены специализированные меры, в том числе выбраны специальные технические средства, которые помогут снизить влияние выявленных опасных и вредных факторов» [6] на работников в производственных условиях.

Следовательно, можно сделать заключение о достижении поставленных целей по итогам выполнения данного раздела.

5 Экономическая эффективность работы

«Цель раздела – рассчитать технико-экономические показатели проектируемого технологического процесса изготовления корпуса редуктора и произвести сравнительный анализ с показателями базового варианта, определить экономический эффект от предложенных в проекте технических решений» [12].

По итогам проектирования технологического процесса было предложено изменить: – оборудование на сверлильно-фрезерной операции 10; – оборудование на агрегатной операции 20; – режимы резанья на операциях 10 и 20.

«Эти изменения привели к сокращению трудоемкости выполнения описанных операций, что с технологической точки зрения доказывает эффективность данного изменения» [12].

В разделе 2 работы рассчитаны необходимые технические параметры, основное и штучное время, выбрана марка наименование оборудования, наименование инструмента и оснастки, применяемые на операциях 10 и 20.

Для выполнения расчета технико-экономических показателей процесса «по остальным параметрам, мощность и занимаемая площадь оборудования, цены оснастки и инструмента, часовые тарифные ставки, тарифы по энергоносителям, использовались разные источники: паспорт станка, данные предприятия по тарифам на энергоносители, сайты с ценами на оборудование, оснастку и инструмент, и другие источники» [12].

Кроме перечисленных источников для расчета применялось программное обеспечение Microsoft Excel. С помощью него были рассчитаны «капитальные вложения по сравниваемым вариантам, технологическая себестоимость изменяющихся по вариантам операций, калькуляция себестоимости обработки детали по вариантам технологического процесса, приведенные затраты и выбор оптимального варианта, показатели экономической эффективности проектируемого варианта техники

(технологии)» [12, с. 15–23].

Далее представлены основные результаты проведенных расчетов. На рисунке 5, показаны величины, из которых складываются капитальные вложения, которые составят 2034938,67 рублей.

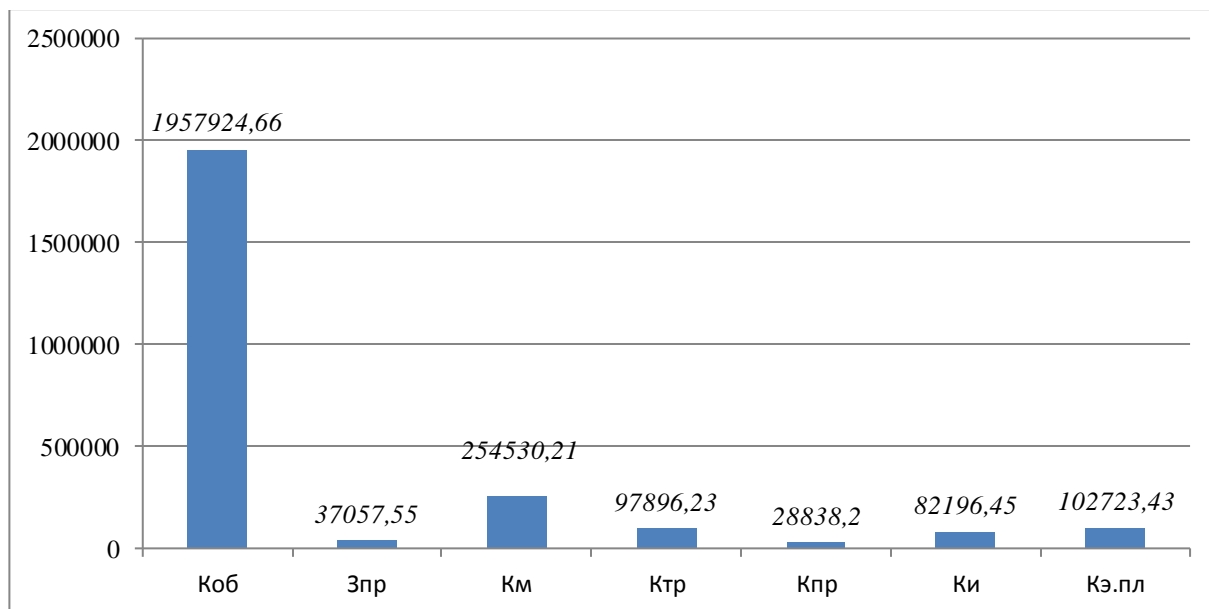


Рисунок 5 – Величина затрат, входящих в капитальные вложения, предложенного проекта, руб.

«Анализируя, представленные на рисунке 5, данных, можно сделать вывод о том, что самыми капиталоемкими затратами являются затраты с основное технологическое оборудование (K_{OB}), величина которых составляет 70,45 %, Все остальные затраты находятся в объеме менее 10 % от общей величины капитальных вложений» [12].

На рисунке 6 представлены параметры, из которых складывается технологическая себестоимость детали «корпус редукторв», по двум сравниваемым вариантам технологического процесса.

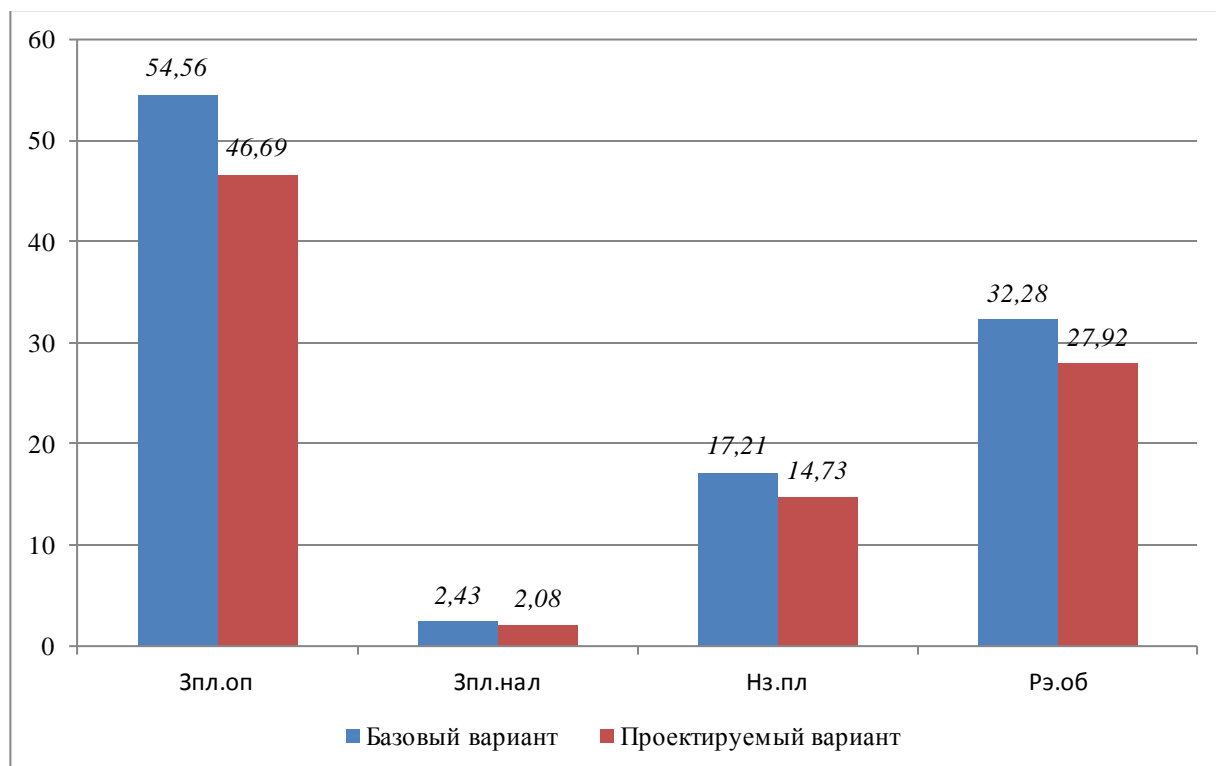


Рисунок 6 – Слагаемые технологической себестоимости изготовления детали «корпус редуктора», по вариантам, руб.

«Как видно из рисунка 6, значение основных материалов, за вычетом отходов, не учитывалось при расчете упомянутой характеристики, так как процесс» [12] производства заготовок оставался неизменным. Поэтому данная величина не будет влиять на определение разницы в себестоимости между вариантами.

«Анализируя диаграмму на рисунке 6, можно заметить, что две величины имеют наибольшие доли в общей себестоимости технологического процесса. Первая из них - заработная плата операторов (*Зпл.оп*), необходимая для оплаты труда рабочих, занятых на представленных выше операциях. Ее доля составляет 50,25% для базовой версии и 50,08% для проектируемой версии себестоимости процесса. Вторая величина - расходы на содержание и эксплуатацию оборудования - имеет объемную долю 35,31% для базовой версии и 35,54% для проектируемой версии, относительно общего значения себестоимости технологического процесса» [12]. «Данные параметры

позволили сформировать значение полной себестоимости» [12]. Результаты калькуляции себестоимости обработки детали по операциям 10 и 20 технологического процесса, представлены на рисунке 7.

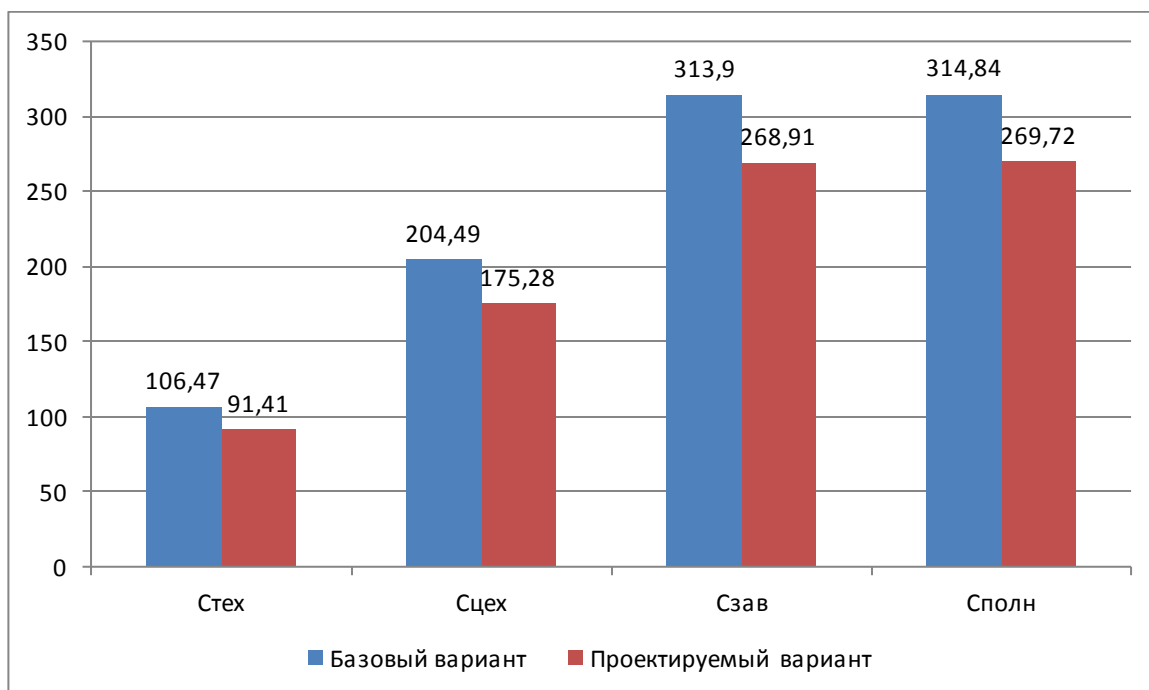


Рисунок 7 – Калькуляция себестоимости, по вариантам технологического процесса, руб.

Согласно рисунку 7, значение полной себестоимости ($C_{полн}$) для базового варианта составило 304,84 рубля, а для проектируемого варианта – 209,72 рубля.

«Дальнейшие расчеты показали, что инвестиции в размере 2561166,71 рублей будут окупаться в течение 4 лет, что является максимально приемлемым периодом для окупаемости технологического процесса. Одним из важнейших экономических показателей является интегральный экономический эффект, или чистый дисконтируемый доход. Размер этого показателя составляет 503933,54 рублей, что подтверждает высокую эффективность предложенных мероприятий» [12]. Следовательно, каждый вложенный рубль принесет достаточный доход в размере 1,34 рублей.

Заключение

Основным результатом данной выпускной квалификационной работы являются разработка комплекса технологического обеспечения процесса изготовления корпуса редуктора.

Согласно цели, были определены задачи работы и путем анализа функционального назначения детали, условий эксплуатации и типа производства выполнена оценка технологичности детали.

Во втором разделе была разработана технология изготовления детали, включающая выбор и проектирование заготовки, разработку плана изготовления, выбор оборудования и технологической оснастки, а также проектирование операций технологического процесса. Расчетным методом определены режимы обработки для настройки оборудования, параметры припуска на обработку для операций, где выполняется растачивание отверстий редуктора и выполнено их нормирование

В третьем разделе были разработаны технические мероприятия по усовершенствованию базовой технологии и проектированию автоматизированных приспособлений.

В четвертом разделе была проведена оценка безопасности и экологичности выполнения спроектированной технологии и предложены мероприятия по устранению негативных воздействий; в пятом разделе была проведена комплексная оценка экономических показателей, подтверждающая эффективность разработанной технологии.

В целом, все поставленные цели были успешно достигнуты, включая разработку технологического процесса изготовления корпуса редуктора для выполнения годовой программы деталей в среднесерийном производстве.

Список используемой литературы и используемых источников

1. Безъязычный В.Ф. Технология машиностроения : учебное пособие / В.Ф. Безъязычный, С.В. Сафонов. – Вологда : Инфра-Инженерия, 2020. – 336 с. [Электронный ресурс]. – URL: <https://e.lanbook.com/book/148334> (дата обращения: 15.04.2023).
2. Блюменштейн В.Ю. Проектирование технологической оснастки : учебное пособие для вузов / В.Ю. Блюменштейн, А.А. Клепцов. – 4-е изд., стер. – Санкт-Петербург : Лань, 2021. – 220 с. [Электронный ресурс]. – URL: <https://e.lanbook.com/book/166346> (дата обращения: 18.03.2023).
3. Болтон У. Карманный справочник инженера-метролога / У Болтон. – М. : ДМК Пресс, 2010. – 380 с.
4. Воронов Д.Ю. Проектирование и производство заготовок изделий машиностроительного производства : учебно-методическое пособие / Д.Ю. Воронов, В.М. Боровков, И.В. Кузьмич. – Тольятти : ТГУ, 2018. – 203 с. [Электронный ресурс]. – URL: <https://e.lanbook.com/book/140032> (дата обращения: 15.03.2023).
5. Горбацевич А.Ф. Курсовое проектирование по технологии машиностроения: учебное пособие для вузов / А.Ф. Горбацевич, В.А. Шкред. М. : ООО ИД «Альянс», 2007 – 256 с.
6. Горина Л.Н. Раздел выпускной квалификационной работы «Безопасность и экологичность технического объекта» : электрон. учеб.-метод. пособие / Л.Н. Горина, М.И. Фесина. – Тольятти. : Изд-во ТГУ, 2018. – 41 с. [Электронный ресурс]. – URL: <http://hdl.handle.net/123456789/8767> (дата обращения: 10.04.2023).
7. ГОСТ 7505-89. Поковки стальные штампованные. Допуски, припуски и кузнечные напуски. – Введ. 1990-01-07. – М. : Изд-во стандартов, 1990. – 83 с.
8. Звонцов И.Ф. Проектирование и изготовление заготовок деталей общего и специального машиностроения : учебное пособие / И.Ф. Звонцов,

К.М. Иванов, П.П. Серебrenицкий. – Санкт-Петербург : БГТУ "Военмех" им. Д.Ф. Устинова, 2015. – 179 с. [Электронный ресурс]. – URL: <https://e.lanbook.com/book/75160> (дата обращения: 16.03.2023).

9. Зубарев Ю.М. Расчет и проектирование приспособлений в машиностроении : учебник / Ю.М. Зубарев. – Санкт-Петербург : Лань, 2015. – 320 с. [Электронный ресурс]. – URL: <https://e.lanbook.com/book/61360> (дата обращения: 19.04.2023).

10. Каталог продукции «Инвест-станок». [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.investstanok.ru> (дата обращения: 05.04.2023).

11. Копылов Ю.Р. Технология машиностроения : учебное пособие / Ю.Р. Копылов. – Санкт-Петербург : Лань, 2020. – 252 с. [Электронный ресурс]. – URL: <https://e.lanbook.com/book/142335> (дата обращения: 16.03.2023).

12. Краснопевцева И.В. Экономика и управление машиностроительным производством: электрон. учеб.-метод. пособие / И.В. Краснопевцева, Н.В. Зубкова. – Тольятти. : ТГУ, 2014. – 183 с. [Электронный ресурс]. – URL: <http://hdl.handle.net/123456789/13> (дата обращения: 12.03.2023).

13. Крупенников О.Г. Высокие технологии в машиностроении : учебно-методическое пособие / О Г. Крупенников. – Ульяновск : УлГТУ, 2019. – 81 с. [Электронный ресурс]. – URL: <https://e.lanbook.com/book/165090> (дата обращения: 18.04.2023).

14. Маталин А.А. Технология машиностроения : учебник для во / А.А. Маталин. – 5-е изд., стер. – Санкт-Петербург : Лань, 2020. – 512 с. [Электронный ресурс]. – URL: <https://e.lanbook.com/book/143709> (дата обращения: 19.03.2023).

15. Меринов В.П. Технология изготовления деталей: курсовое проектирование по технологии машиностроения: учеб. пособие для студентов вузов, обуч. по специальности "Технология машиностроения" направления подготовки "Конструкторско-технол. обеспечение машиностр. пр-в" / В.П. Меринов, А.М. Козлов, А.Г. Схиртладзе ; 4-е изд., перераб. и доп. - гриф МО. - Старый Оскол. : ТНТ, 2015. – 263 с.

16. Назначение рациональных режимов резания при механической обработке: учебное пособие / В.М. Кишуров, М.В. Кишуров, П.П. Черников, Н. В. Юрасова. – 3-е изд., стер. – Санкт-Петербург : Лань, 2019. –216 с. [Электронный ресурс]. – URL: <https://e.lanbook.com/book/121986> (дата обращения: 09.03.2023).

17. Проектирование металлообрабатывающих инструментов : учебное пособие / А.Г. Схиртладзе, В.А. Гречишников, С.Н. Григорьев, И.А. Коротков. – 2-е изд., стер. – Санкт-Петербург : Лань, 2015. –256 с. [Электронный ресурс]. – URL: <https://e.lanbook.com/book/64341> (дата обращения: 23.04.2023).

18. Расторгуев Д.А. Технологическая часть выпускной квалификационной работы машиностроительного направления: электронное учеб.-метод. пособие / Д.А. Расторгуев ; ТГУ ; Ин-т машиностроения ; каф. "Оборудование и технологии машиностроит. пр-ва". – ТГУ. – Тольятти. : ТГУ, 2017. – 34 с. [Электронный ресурс] – URL: <http://hdl.handle.net/123456789/6204> (дата обращения: 13.03.2023).

19. Расчет припусков и межпереходных размеров в машиностроении: Учеб. пособ. Для машиностроит. спец. вузов/ Я.М. Радкевич, В.А. Тимирязев, А.Г. Схиртладзе, М.С. Островский; Под ред. В.А. Тимирязева. – 2-е изд. – М.: Высш. шк., 2007. – 272 с.

20. Режимы резания металлов : справочник / Ю. В. Барановский [и др.] ; под ред. А. Д. Корчемкина. – 4-е изд., перераб. и доп. - Москва : НИИТавтопром, 1995. – 456 с. [Электронный ресурс]. – URL: <https://e.lanbook.com/book/60989> (дата обращения: 07.03.2023).

21. Справочник технолога-машиностроителя. В 2 т. Т. 1 / А.М. Дальский [и др.] ; под ред. А. М. Дальского [и др.]. – 5-е изд., испр. – Москва. : Машиностроение-1, 2003. – 910 с.

22. Справочник технолога-машиностроителя. В 2 т. Т. 2 / А.М. Дальский [и др.] ; под ред. А. М. Дальского [и др.]. – 5-е изд., испр. – Москва. : Машиностроение-1, 2003. – 941 с.

23. Станочные приспособления: справочник. В 2 т. Т. 1 / А.И. Астахов [и

др.]. – Москва. : Машиностроение, 1984. – 591 с.

24. Схиртладзе А.Г. Проектирование режущих инструментов : учебное пособие / А.Г. Схиртладзе, В.А. Иванов, В.К. Перевозников. – Пермь : ПНИПУ, 2006. – 208 с. [Электронный ресурс]. – URL: <https://e.lanbook.com/book/160688> (дата обращения: 26.03.2023).

25. Химический состав и физико-механические свойства стали 40X [Электронный ресурс]. – URL: http://metallicheckiy-portal.ru/marki_metallov/stk/40X (дата обращения: 06.04.2023).

26. Шишкин В.П. Основы проектирования станочных приспособлений: теория и задачи : учебное пособие / В.П. Шишкин, В.В. Закураев, А.Е. Беляев. – Москва : НИЯУ МИФИ, 2010. – 288 с. [Электронный ресурс]. – URL: <https://e.lanbook.com/book/75715> (дата обращения: 23.03.2023).

Приложение А
Технологическая документация

Таблица А.1 – Технологическая документация

№ перехода	№ инстр.	Содержание перехода	t, мм	S, мм/об.	S, мм/зуб	V, м/мин	n, об/мин	T _о , мин	T _в , мин	T _{шт.} , мин
		Установить. снять деталь							5,8	
1	1	Фрезеровать поверхность 1 выдерживая размер 312 ₋₁	2,5+1,5	-	0,1	196	780	3,2	0,24	17,3
2	2	Центровать 10 отв. выдерживая размеры $\boxed{78}$, $\boxed{156}$, $\boxed{73}$, $\boxed{146}$, $\boxed{196}$, с образованием $\phi 6^{+0,5}$ на плоскости.	3	0,15	-	19,6	780	0,4	0,55	
3	3	Сверлить 8 отв. п/р $\phi 6,85^{+0,22}$ на глубину 20 ⁺³ с образованием фаски 1,6x45° выдерживая, размеры на плоскости $\boxed{78}$, $\boxed{156}$, $\boxed{73}$, $\boxed{146}$	3,42	0,15	-	70	3250	1,3	0,42	
4	4	Фрезеровать резьбу М8-7Н, 8 отв.	0,575	-	0,029	124	6850	0,35	0,42	
5	5	Сверлить 2 отв. $\phi 13,8^{+0,11}$, на глубину 20 ⁺² выдерживая размеры на плоскости $\boxed{146}$, $\boxed{196}$	6,9	0,2	-	70	1600	0,16	0,27	
6	6	Зенковать 2 фаски 1,1x45°	1	0,25	-	30	130	0,17	0,27	
7	7	Развернуть 2 отв. $\phi 14Н9$ на глубину 15 ⁺¹	0,1	0,3	-	13	305	0,21	0,27	

Продолжение Приложения А

Продолжение таблицы А.1

№ перехода	№ инстр.	Содержание перехода	t, мм	S, мм/од.	S, мм/зуб	V, м/мин	n, од/мин	T ₀ , мин	T _Б , мин	T _{шт.} , мин
		Установить. снять деталь							5,2	78,1
1	1	Фрезеровать карман 1 в размер 19,5 _{-0,25} выдерживая размеры 82 _{-0,5} , 13 ^{+0,5} , 198 ⁺¹ , 150 ⁺¹ с образованием радиусов R45 ⁺²	2+1	-	0,05	200	800	2,6	0,28	
2	2	Фрезеровать четыре уступа 2 в размер 19,5±0,3, выдерживая размеры 2 _{-0,5} , 265 _{-0,5} , 198 _{-0,5} , 49 ^{+0,5} , с образованием радиуса R25 ⁺²	3	-	0,1	125	800	0,8	0,57	
3	3	Центровать 14 отв. выдерживая размеры 24,5±0,2, 27±0,2, 250, 265, 169,5±0,2, 192±0,2, 11, 41,5, 84, 157, 168, 110, 70, с образованием φ6 ^{+0,5} на плоскости.	4	0,09	-	31	800	1,7	0,72	
4	4	Сверлить 10 отв. п/р φ6,85 ^{+0,22} на глубину 20 ⁺³ с образованием фаски 1,6x45° выдерживая, размеры на плоскости 169,5±0,2, 192±0,2, 11, 41,5, 84, 157, 168, 110, 70	3,4	0,15	-	70	3250	1,43	0,55	
5	5	Фрезеровать резьбу М8-7Н, 10 отв.	0,575	-	0,029	124	6850	0,35	0,55	
6	6	Сверлить 4 отв. φ18 ^{+0,27} , на проход, выдерживая размеры на плоскости 24,5±0,2, 27±0,2, 250, 265	9	0,2	-	70	1230	0,62	0,60	
7	7	Фрезеровать 2 отв. в размер φ70,9 ^{+0,19} , φ88,9 ^{+0,19} , выдерживая размеры 38±0,2, 157±0,5, 90±0,02	1	0,2	0,1	170	1230	2,06	0,32	
8	8	Фрезеровать 2 фаски 2,6x45°	2,1	-	0,08	50	400	1,2	0,25	

Продолжение Приложения А

Продолжение таблицы А.1

№ перехода	№ инстр.	Содержание перехода	t , мм	S , мм/од.	S , мм/зуб	V , м/мин	n , од/мин	T_0 , мин	T_B , мин	$T_{шт.}$, мин
9		Поворот стола на 90°.							0,7	78,1
10	1	Фрезеровать плоскость 1 по $\phi 268^{+1}$ в размер $55 \pm 0,2$.	2,5+1,5	0,55	0,05	200	800	2,4	0,26	
11	3	Центровать 4 отв. по $\phi 150$ и 4 отв. выдерживая размеры $4,5 \pm 0,2$, $77 \pm 0,2$, 155 , 160 , с образованием $\phi 6^{+0,5}$ на плоскости.	3	0,09	-	31	800	0,96	0,35	
12	9	Сверлить 8 отв. п/р $\phi 10,3^{+0,22}$ на глубину 20^{+3} с образованием фаски $1,6 \times 45^\circ$ выдерживая, размеры на плоскости 155 , 160 , $\phi 150$.	5,15	0,15	-	70	2160	0,87	0,42	
13	10	Фрезеровать резьбу М12-7Н, 8 отв.	0,85	-	0,05	140	4700	0,29	0,42	
14	7	Фрезеровать отв. в размер $\phi 118,9^{+0,19}$, выдерживая размеры $95,5 \pm 0,2$, $157 \pm 0,01$.	1	0,2	0,1	170	1230	1,3	0,26	
15	8	Фрезеровать фаску $2,6 \times 45^\circ$.	2,6	-	0,08	50	400	0,8	0,26	
16	11	Расточить отв. $\phi 119,6H9$ предварительно.	0,35	0,4	0,2	150	400	0,5	0,26	
17	12	Расточить отв. $\phi 120H7$ окончательно.	0,2	0,08	0,08	150	400	1,4	0,26	

Продолжение Приложения А

Продолжение таблицы А.1

№ перехода	№ инстр.	Содержание перехода	t, мм	S, мм/об.	S, мм/зуб	V, м/мин	n, об/мин	T ₀ , мин	T _B , мин	T _{шт.} , мин
18		Поворот стола на 90°							0,7	78,1
19	1	Фрезеровать карман 1 в размер 165,5 _{-0,25} выдерживая размеры 82 _{-0,5} , 13 ^{+0,5} , 198 ⁺¹ , 150 ⁺¹ с образованием радиусов R45 ⁺²	2+1	-	0,05	200	800	2,6	0,28	
20	2	Фрезеровать четыре уступа 2 в размер 165,5±0,3, выдерживая размеры 2 _{-0,5} , 265 _{-0,5} , 198 _{-0,5} , 49 ^{+0,5} , с образованием радиуса R25 ⁺²	3	-	0,1	125	800	0,8	0,57	
21	3	Центровать 14 отв. выдерживая размеры 24,5±0,2, 27±0,2, 250, 265, 169,5±0,2, 192±0,2, 11, 41,5, 84, 157, 168, 110, 70, с образованием φ6 ^{+0,5} на плоскости	4	0,09	-	31	800	1,7	0,72	
22	4	Сверлить 10 отв. п/р φ6,85 ^{+0,22} на глубину 20 ⁺³ с образованием фаски 1,6x45° выдерживая размеры на плоскости 169,5±0,2, 192±0,2, 11, 41,5, 84, 157, 168, 110, 70	3,4	0,15	-	70	3250	1,43	0,55	
23	5	Фрезеровать резьбу М8-7Н, 10 отв.	0,575	-	0,029	124	6850	0,35	0,55	
24	6	Сверлить 4 отв. φ18 ^{+0,27} , на проход, выдерживая размеры на плоскости 24,5±0,2, 27±0,2, 250, 265	9	0,2	-	70	1230	0,62	0,60	
25	7	Фрезеровать 2 отв. в размер φ70,9 ^{+0,19} , φ88,9 ^{+0,19} , выдерживая размеры 38±0,2, 157±0,5, 90±0,02	1	0,2	0,1	170	1230	2,06	0,32	
26	8	Фрезеровать 2 фаски 2,6x45°	2,1	-	0,08	50	400	1,2	0,25	
27	13	Расточить φ71,6 ^{+0,087} предварительно.	0,35	0,4	0,2	150	680	0,72	0,32	
28	14	Расточить φ72 ^{+0,035} окончательно.	0,2	0,1	0,1	150	680	2,8	0,32	
29	15	Расточить φ89,6 ^{+0,087} предварительно.	0,35	0,4	0,2	150	530	0,9	0,32	
28	16	Расточить φ90 ^{+0,035} окончательно.	0,2	0,1	0,1	150	530	3,7	0,32	

