

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

С. В. Жабкин

(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)

ст.преподаватель И.В. Резникова

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

Тольятти 2023

Аннотация

Целью работы является создание технологического процесса, который позволит обеспечить производство корпуса редуктора согласно техническим требованиям и выполнить ежегодную программу производства в условиях среднесерийного производства.

Работа разделена на пять главных разделов, каждый из которых представляет важные аспекты проектирования. В первом разделе проработаны задачи работы на основе анализа функционального назначения детали, ее эксплуатационных условий, технологических показателей и типа производства.

Во втором разделе была предложена технология изготовления детали, основанная на типовом технологическом процессе. Как комплекс предложенная технология изготовления включает в себя выбор подходящей заготовки, разработку плана производства, определение необходимых оборудования и инструментов, а также определение последовательности операций в технологическом процессе.

Технологические мероприятия, третьем разделе, направлены на повышение производительности предложенного в работе варианта технологии производства детали путем проектирования технологического оборудования и инструментов.

Четвертый раздел посвящен оценке безопасности и экологичности предлагаемой технологии изготовления детали и разработке мероприятий по устранению возможных негативных воздействий.

В разделе пять выполняется оценка экономических параметров предложенной технологии, на основании которой сделан положительный вывод о применимости данной технологии в производственных процессах

Работа включает 56 страниц пояснительной записки включая приложения и графическую часть в количестве 7 листов формата А1.

ABSTRACT

The graduation work presents the technological process of manufacturing of the gearbox housing. The gearbox consists of the following main parts: housing, drive shaft, intermediate shaft, driven shaft, gear wheel, gear, gear wheel, housing cover, bearing caps. In the course of the work the following tasks were solved: first, the analysis of the initial data of the detail was carried out; then the development of the advantageous technology of the blank available at the plant was made; after that, the technological plan of the route processing was developed, as well as the special technological tooling. Finally, the optimal equipment was selected, which is a necessary condition for improving the technological process.

In the graduation work, the economic calculations were made in order to optimize the manufacturing process. The work also presents a set of protective measures.

The graduation work includes an explanatory note on 56 pages, 10 tables, 9 figures, and a graphic part on 8 sheets.

Содержание

Введение.....	5
1 Определение задач работы на базе анализа исходных данных	6
1.1 Анализ функционального назначения детали и условий эксплуатации .	6
1.2 Анализ технологических показателей детали	7
1.3 Анализ типа производства	10
1.4 Задачи работы	11
2 Разработка технологии изготовления	12
2.1 Обоснование выбора и разработка заготовки	12
2.2 Разработка плана изготовления детали	20
2.3 Выбор оборудования и технологической оснастки.....	21
2.4 Проектирование операций технологического процесса	23
3 Разработка специальной технологической оснастки.....	26
3.1 Разработка станочного приспособления	26
3.2 Разработка режущего инструмента.....	31
4 Безопасность и экологичность технического объекта	36
4.1 Конструктивно-технологическая и организационно-техническая характеристики рассматриваемого технического объекта	36
4.2 Идентификация профессиональных рисков.....	37
4.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков	39
5 Экономическая эффективность работы	42
Заключение.....	46
Список используемой литературы и используемых источников	47
Приложение А Технологическая документация.....	51
Приложение Б Спецификации к сборочным чертежам	55

Введение

В настоящее время в машиностроительной отрасли отчётливо формируется вектор развития в направлении комплексной цифровизации технологий и применения искусственного интеллекта при решении исследовательских задач. Однако, для создания эффективного производства необходимо не только совершенствовать технические средства, но и повышать качество выпускаемой продукции на существующем оборудовании.

Сегодня в металлообрабатывающей промышленности указанные передовые технологии основаны на использовании автоматизированных систем и станков с ЧПУ. Одной из важных задач любой технологической системы является обеспечение качества продукции. В этом контексте автоматизированное высокоточное производство предоставляет уникальную возможность контроля и диагностирования состояния станка и режущего инструмента в реальном времени всего технологического процесса.

За последние десятилетия наблюдаются значительные изменения в этой сфере в связи с выпуском более совершенных отечественных компьютеров и информационно-измерительных систем на российском рынке. Современное программное обеспечение позволяет выполнять диагностирование станка и процесса резания. Это актуальная задача в производстве и привело к участию ведущих предприятий-лидеров в области цифровых технологий и производственных предприятий в разработке общих решений и их внедрению в короткие сроки.

В этой связи работа целью данной работы является разработка технологического процесса изготовления корпуса редуктора, обеспечивающего выпуск годовой программы деталей, отвечающих всем техническим требованиям, в условиях среднесерийного производства – является перспективной и направлена на решении актуальных задач производства.

1 Определение задач работы на базе анализа исходных данных

1.1 Анализ функционального назначения детали и условий эксплуатации

Функциональное назначение редуктора заключается в передаче крутящего момента от входного вала двигателя, и затем минуя редуктор вывод крутящего момента на исполнительный механизм. Входной вал редуктора с цилиндрической понижающей передачей установлен во внутренней полости корпуса.

Горизонтальный редуктор цилиндрической формы имеет две ступени и предназначен для снижения скорости вращения и повышения момента силы.

Благодаря простой компоновке и конструктивному решению редуктор можно собрать из предварительно собранных узлов, благодаря чему детали стандартизированы и повышают серийность выпуска. Это снижает трудоемкость и себестоимость производства.

Для обеспечения достаточной устойчивости в процессе обработки, корпус имеет технологическое основание. Унификация конструктивных компонентов позволяет сокращать номенклатуру инструментов для обработки корпуса и более эффективно использовать механизированные средства технологического оснащения для его базирования на станке. Также конструктивно корпус имеет полую полость, что предусматривает свободный доступ к местам сборки и позволяет применять высокопроизводительный механизированный инструмент.

Анализ подтвердил, что деталь исходя из своего функционального назначения является типовой, и не подвергается агрессивным условиям эксплуатации. Следовательно, нет необходимости использовать специальные стали или сплавы для конструкции корпуса, а также специальные методы.

1.2 Анализ технологических показателей детали

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

Анализируем материал, используемый для изготовления детали, и определяем его технологичность. Материал считается подходящим, если он позволяет получать заготовки разными методами, его легко обрабатывать, и он обеспечивает нужные свойства детали. Химический состав и механические свойства материала влияют на формирование необходимых свойств детали.

«В качестве материала изготовления корпуса выбран серый чугун марки СЧ 20 ГОСТ 1412-85. В таблице 1 приведены согласно данным [25] характеристики серого чугуна выбранной марки» [25].

Таблица 1 – Химический состав

Элемент	Содержание элемента, %
Железо (Fe)	от 92.8
Углерод (C)	3.3 — 3.5
Кремний (Si)	1.4 — 2.4
Марганец (Mn)	0.7 — 1
Фосфор (P), Сера (S)	до 0.2

Механические свойства чугуна марки СЧ 20 были определены на основе оценки химического состава, который включает набор из 20 элементов. Точный состав материала определяется производителем и может варьироваться, однако ГОСТ 1412-85 регламентирует для определения марки материала данного чугуна точное содержание основных шести компонентов. Результаты представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Механические свойства

Марка чугуна	$\sigma_{изг}$	$\sigma_{сж}$	$\sigma_{изг-1}$	$\tau_{ср}$	$E \cdot 10^{-3}$	КС	$K_{1с}$	НВ
	МПа					кДж/м	МПа*м ^{1/2}	
СЧ 20	420	800	90	200	85-110	20	15	143-255

Из представленных данных следует, что если использовать добавки чугуна улучшающие его литейные свойства, то можно использовать методы литья.

Если оценить конструктивные характеристики детали, можно сделать следующие выводы относительно ее технологичности. Внешняя форма детали имеет ступенчатую конфигурацию и состоит из ряда неполных отверстий внутри. Также имеются стандартные элементы конструкции, такие как фаски, канавки и прочее. Все размеры детали соответствуют нормальному ряду чисел, что позволяет использовать стандартные методы обработки для ее изготовления. Наличие различных методов для получения заготовки, включая штамповку и литье, обеспечивает возможность выбора оптимального способа производства.

«Другим ключевым вопросом технологичности конструкции детали является количество ответственных поверхностей, для обработки которых требуется применять высокоточные финишные операции. Для того, что бы выявить данные поверхности необходимо классифицировать поверхности детали по назначению по методике» [15].

На рисунке 1 изображен эскиз детали, где показаны основные базы 2 и 3, а также на поверхностях 1, 13, 7, 8 и 9. Для обработки этих поверхностей, необходимо применять точные и затратные методы. Однако их количество невелико и стандартные методы финишной обработки позволяют достичь необходимой точности. Следовательно, наличие этих поверхностей не влияет значительно на общую технологичность детали.

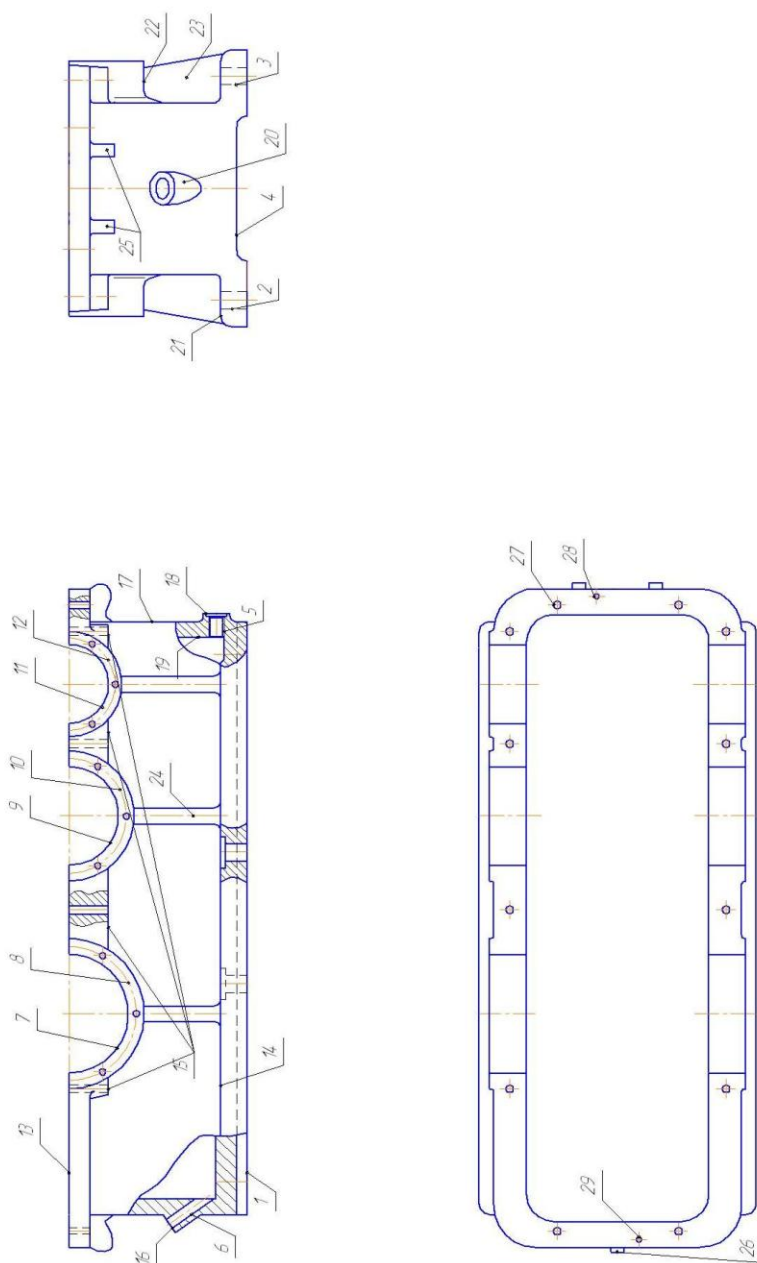


Рисунок 1 – Эскиз корпуса редуктора

Механическая обработка корпуса технологически эффективна, поскольку для изготовления можно использовать типовой технологический процесс и типовое оборудование с ЧПУ. При соблюдении всех принципов базирования и использовании типовых схем установки детали, точность обработки основных баз детали будет обеспечена, а применение механизированного станочного приспособления и комбинированного

режущего инструмента для обработки баз позволит исключить применение завышенных припусков.

Из анализа технологических параметров можно заключить, что корпус редуктора полностью соответствует основным требованиям по технологичности и не нуждается в конструктивной доработке. Создание данной детали предусматривает использование типовых технологических процессов с помощью автоматизированного оборудования и технических средств его оснащения.

1.3 Анализ типа производства

Для проведения анализа типа производства необходимо определить его характеристики. Рекомендуется использовать методику [14], «основанную на расчете типа производства по массе детали и годовой программы выпуска. Исходя из данных, можно определить, что при массе 9 кг и выпуске 1000 штук годовой, изготовление корпуса соответствует среднесерийному производству. Для проведения анализа типа производства можно использовать данные» [1].

Процесс производства не зависит от поточной формы и осуществляется с использованием повторяющихся партий деталей.

Для получения заготовки в среднесерийном производстве рекомендуется применять доступные и недорогие методы,

«Разрабатываемая технология изготовления основана на стандартных маршрутах и маршрутно-операционных методах обработки» [1]. Определение концентрации переходов операций, включаемых в маршрут обработки, осуществляется в зависимости от технологических возможностей используемого оборудования и его характеристик. Необходимо учитывать принципы единства и постоянства баз при базировании заготовок.

«Используемое оборудование должно быть переналаживаемым или имело числовое программное управление. Технологическое оснащение, такое как станочные приспособления, режущие инструменты и контрольно-

измерительные приспособления, выбирают универсальным, стандартным или специальным в зависимости от необходимости» [1].

Расстановка оборудования на производственном участке осуществляется по принципу группировки.

1.4 Задачи работы

На основании проведенного анализа необходимо выполнить постановку задач работы, которые будут решены в последующих разделах работы.

В рамках поставленной цели необходимо создать технологию производства детали .

Достижение цели включает выбор и проектирование заготовки, разработку плана изготовления, необходимого оборудования и инструментов, а также нормирование операций в технологическом процессе.

Для обеспечения качества выпускаемой продукции и увеличения производительности необходимо выполнить анализ лимитирующих операций растачивания отверстий в корпусе на наличие недостатков.

Для решения технических проблем связанных с недостатками операций растачивания необходимо выполнить проектирование технологической оснастки, выполнить расчеты режимов обработки с учетом параметров режущего инструмента.

Также требуется выполнить анализ безопасности и воздействия на окружающую среду процесса производства детали, а также провести оценку финансовых показателей проекта, связанного с разработанной технологией

2 Разработка технологии изготовления

2.1 Обоснование выбора и разработка заготовки

Путем экономического сравнения стоимости различных методов получения заготовки, как описано в методике [4], выбирается наиболее подходящий метод, и в данном случае это литье в песчаные формы и литье под давлением, так как они наиболее подходят для конфигурации данной детали.

«Проанализировав данные методы с применением литературных данных» [8], метод получения заготовки литьем в песчаные формы ограничивается свойствами применяемого чугуна. Таким образом, мы рассматриваем данный метод как один из возможных вариантов. Метод литья под давлением также «является оптимальным из-за свойств чугуна и серийности производства» [8]. Принимаем его для сравнения.

«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 ориентировочно может быть определена по формуле:

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

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

«Масса заготовки получаемой литьем под давлением равна.

$$Q = 9,9 \cdot 1,2 = 11,9 \text{ кг.}$$

Масса заготовки получаемой литьем в земляные формы равна.

$$Q = 10,67 \cdot 1,2 = 12,8 \text{ кг.}$$

Используем справочные данные [4] для вычисления базовой стоимости получения заготовок и стоимости отходов механической обработки в виде стружки в формуле (1) и производим необходимые расчеты» [8].

Стоимость заготовки получаемой литьем в земляные формы равна.

$$S_{\text{ЗАГ}} = (56,11 \cdot 1,8 \cdot 1,0 \cdot 0,84 \cdot 1,14 \cdot 1,0 \cdot 0,8) - 1,82 \cdot (12,8 - 1,2) = 176,28 \text{ р.}$$

Стоимость заготовки получаемой литьем под давлением равна.

$$S_{\text{ЗАГ}} = (70,3 \cdot 2,0 \cdot 1,0 \cdot 0,84 \cdot 1,14 \cdot 1,0 \cdot 0,8) - 1,82 \cdot (11,9 - 1,2) = 195,85 \text{ р.}$$

«Исходя из расчетов, можно сделать вывод о том, что в данном случае выгоднее использовать метод литья в земляные формы. В соответствии с исследованием [8], учитывая материал, конфигурацию детали и серийность производства, оптимальным методом получения заготовки является горизонтально-ковочная машина» [8].

«Проектирование заготовки, получаемой на горизонтально-ковочной машине, проведем по рекомендациям и с использованием данных» [7].

«Методика [11] определяет разработку маршрутов обработки поверхностей на основании требуемой точности, материала детали, требуемой твердости и шероховатости обрабатываемой поверхности. Полученные результаты сведены в таблицу 3» [11].

Таблица 3 – Маршруты обработки поверхностей

Карта анализа чертежа детали						Вид обработки
Наименование детали			Марка материала			Вид заготовки
Корпус			СЧ 20			Литье в земляные формы
Поверхность		Размеры		Технические требования		Маршрут
Вид	№	Величина	Квалитет	Шерохова- тость, мкм	Твердость, НВ	
торцевая	13, 8, 10, 12, 1		9	3,2	160	
	15, 14		14	6.3	160	фрезерование: черновое
цилиндрическая	6, 2, 3		10	10	160	сверление
	7, 9, 11		6	1,25	160	расстачивание: черн., чист.; шлифование предварит.
резьбовая	5, 27, 28, 29, 30		10	10	160	сверление, нарезание резьбы

«Выбор методики определения припусков зависит от точности поверхности. Для точных поверхностей рекомендуется применять расчетно-аналитическую методику» [21]. Расчет ведем для поверхности 7.

«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].

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

«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:

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

«Максимальный диаметр определяется по формуле:

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

«Средний диаметр определяется по формуле:

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

«Выполняем расчеты.

$$d_{4min} = 132,002 \text{ мм.}$$

$$d_{4max} = 132,018 \text{ мм.}$$

$$d_{4cp} = 0,5 \cdot (d_{4max} + d_{4min}) = 0,5 \cdot (132,018 + 132,002) = 132,100$$

мм.

$$d_{3min} = d_{4min} + 2 \cdot z_{4min} = 132,002 + 2 \cdot 0,066 = 132,150 \text{ мм.}$$

$$d_{3max} = d_{3min} + Td_3 = 132,150 + 0,039 = 132,189 \text{ мм.}$$

$$d_{3cp} = 0,5 \cdot (d_{3max} + d_{3min}) = 0,5 \cdot (132,189 + 132,150) = 132,170$$

мм.

$$d_{TO\text{min}} = d_{3min} + 2 \cdot z_{3min} = 132,189 + 2 \cdot 0,292 = 133,229 \text{ мм.}$$

$$d_{TO\text{max}} = d_{TO\text{min}} + Td_{TO} = 133,229 + 0,160 = 133,389 \text{ мм.}$$

$$d_{TO\text{cp}} = 0,5 \cdot (d_{TO\text{max}} + d_{TO\text{min}}) = 0,5 \cdot (133,389 + 133,229) = \\ = 133,309 \text{ мм.}$$

$$d_{2min} = d_{TO\text{min}} \cdot 0,999 = 133,229 \cdot 0,999 = 133,188 \text{ мм.}$$

$$d_{2max} = d_{2min} + Td_2 = 133,188 + 0,100 = 133,288 \text{ мм.}$$

$$d_{2cp} = 0,5 \cdot (d_{2max} + d_{2min}) = 0,5 \cdot (133,288 + 133,188) = 133,238$$

мм.

$$d_{1min} = d_{2min} + 2 \cdot z_{2min} = 133,288 + 2 \cdot 0,268 = 133,824 \text{ мм.}$$

$$d_{1max} = d_{1min} + Td_1 = 133,824 + 0,250 = 134,074 \text{ мм.}$$

$$d_{1cp} = 0,5 \cdot (d_{1max} + d_{1min}) = 0,5 \cdot (133,074 + 134,824) = 133,949$$

мм.

$$d_{0min} = d_{1min} + 2 \cdot z_{1min} = 133,074 + 2 \cdot 0,801 = 134,676 \text{ мм.}$$

$$d_{0max} = d_{0min} + Td_0 = 134,676 + 1,600 = 136,276 \text{ мм.}$$

$$d_{0cp} = 0,5(d_{0max} + d_{0min}) = 0,5(136,276 + 134,676) = 135,476 \text{ мм}»$$

[21].

«Общий минимальный припуск рассчитывается по формуле:

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

$$2z_{min} = 134,676 - 132,018 = 3,658 \text{ мм.}$$

«Общий максимальный припуск рассчитывается по формуле:

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

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

«Общий средний припуск рассчитывается по формуле:

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

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

«Для остальных поверхностей используем таблицы статистических данных [19], чтобы определить необходимые размеры заготовки для их обработки с учетом пропусков» [19].

Важными методами обработки статистических данных режимов обработки являются базовые статистические показатели, такие как среднее значение, минимальное, максимальное и стандартное отклонение. Эти показатели могут использоваться для измерения разброса данных при определении припуска в выборке нескольких заготовок корпуса, например, одной из партий обработки. Результаты расчетов представлены в таблице 4.

Таблица 4 – Определение размеров заготовки

Переходы $\varnothing 110 H7^{+0,035}$	Элементы припуска, мкм.				Расчетный припуск $2Z_{\min}$,	Расчетный размер d_p , мм	Допуск δ , мкм.	Предельный размер, мм		Предельн ые значения припусков	
	R_z	T	ρ	ϵ				d_{\max}	d_{\min}	Z_{\max}^{np}	Z_{\min}^{np}
Заготовка	60	150	657,5	-	-	179,501	800	179,501	178,7 01	-	-
Растачиван ие черновое	50	50	39,2	17,55	275	179,595	160	179,595	179,4 35	298	275
Растачиван ие чистовое	20	25	26,3	14,04	170	179,765	63	179,765	179,7 02	276	170
Шлифов. предварите льное	10	20	13,2	10,53	94	180,04	40	180,04	180	734	94

«Далее определяем параметры заготовки по данным [7]. Получаем следующие характеристики: точность Т4, сложность С1, сталь группы 2, разъем штампа плоский. При таких данных индекс для определения допусков на размеры поверхностей 7. Все остальные параметры заготовки также определяются с использованием данных» [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].

«Технические параметры заготовки» [19] зависят от конкретной задачи и материала, которым она изготовлена. В случае металлических заготовок, таких как листы или прутки, критериями являются размеры, форма, толщина и технология производства. Например, при проектировании корпусных заготовок важным фактором является толщина стенок, которая определяет прочность и устойчивость к деформации обработанной детали из этой заготовки.

Графическая часть работы содержит чертеж, на котором изображены все

технические параметры заготовки, а также результаты ее проектирования.

2.2 Разработка плана изготовления детали

«План изготовления проектируется на основе маршрутов изготовления, которые в условиях среднесерийного типа производства формируются на основе типовых маршрутов содержащихся в литературе» [13], [14].

«При организации производства деталей в поточном режиме следует учитывать ряд факторов, при формировании технологического маршрута. Операции выполняются по принципу концентрации, используется агрегатное оборудование. Черновые и чистовые операции не объединяются на одной позиции, за исключением случаев, когда точность обработки требует выполнения данных процедур при одной установке. Для эффективной работы инструментов необходимо комплектовать каждую позицию однотипными переходами» [13], с целью минимизации разницы продолжительности работы. Сформированный маршрут изготовления корпуса приведен в таблице 5.

Таблица 5 – Маршрут изготовления корпуса

№ поверхности	IT	R _a	Технологическое требование	Переход
1, 8, 10, 12, 13	9	3,2		фрезерование черновое: IT14, R _a = 6.3 мкм фрезерование чистовое: IT9, R _a = 3,2 мкм
7, 9, 11	6	1,25		расстачивание черновое: IT12, R _a = 6.3 мкм расстачивание чистовое: IT8, R _a = 3.2 мкм шлифование предварит: IT 6, R _a = 1,25 мкм
15, 14	14	6.3		фрезерование: IT14, R _a = 6.3 мкм
2, 3, 6	10	10		сверление: IT10, R _a = 10 мкм
5, 27, 28, 29, 30	10	3.2		сверление: IT10, R _a = 10 мкм нарезание резьбы метчиком: IT10, R _a = 10 мкм

Материал корпуса, чугун, был учтен при составлении технологического маршрута, с учетом характерных свойств данного материала. Были также учтены вид обрабатываемой поверхности, точность ее размеров и положение относительно других поверхностей.

«Кроме этого на плане изготовления указываются допуски на операционные размеры, а также допуски формы и расположения поверхностей, назначаемые по методике и справочным данным» [18].

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

2.3 Выбор оборудования и технологической оснастки

«При выборе оборудования и технологической оснастки учитываются серийность производства, используемые методы обработки, структура технологических операций и экономические показатели. Выбранное оборудование обеспечивает производство всей номенклатуры изделий» [18] с минимальной мощностью и габаритами, надежным функционированием и возможностью быстрой перенастройки.

«Выбор конкретных моделей станочного оборудования произведем с использованием данных» [10, 22].

«Необходимо, чтобы станочная оснастка была универсальной и способной к быстрой перенастройке для выпуска новых однотипных деталей. Желательно, чтобы она обеспечивала производство всей номенклатуры выпускаемых деталей с высокой надежностью и быстрой скоростью перенастройки. Для выбора конкретной модели станочной оснастки будут использованы данные из источников» [22], [23].

«Выбор металлорежущего инструмента включает в себя выполнения требований заданной точности и производительности обработки, обеспечение необходимой стойкости и быстрой переналадки. Конкретный выбор

типоразмера инструмента основывается на предоставленных данных» [2], [22].

«Контрольные средства следует выбирать исходя из требований по заданной точности контроля, соответствовать требованиям безопасности эксплуатации, надежности и универсальности. При выборе типов и моделей контрольных средств используем данные» [3], [22].

Результаты выбора оборудования и технологической оснастки представим в виде таблицы 6.

Таблица 6 – Результаты выбора оборудования и технологической оснастки

Номера операций	Оборудование	Станочная оснастка	Металлорежущие инструменты	Контрольные средства
005	SAMAT 400XC	специальное зажимное приспособление	резец проходной отогнутый правый ГОСТ 18868-73, резец подрезной ГОСТ 26611-85	штангенциркуль ШЦ–Ш- 400-0.1 ГОСТ 166-80
010	SAMAT 400XC	специальное зажимное приспособление	резец проходной отогнутый правый ГОСТ 18868-73	глубиномер индикаторный 0,1 ГОСТ 166-80
015	Knuth KSB40	специальное зажимное приспособление	сверло спиральное с цилиндрич. хвостовиком ГОСТ 10902-77	штангенциркуль ШЦ–Ш- 400-0.1 ГОСТ 166-80
020	SAMAT 400XC	специальное зажимное приспособление	резец проходной отогнутый правый из быстрорежущей стали ГОСТ 8868-73 шлифовальный круг плоский с двусторонней выточкой	штангенциркуль ШЦ–Ш- 400-0.1 ГОСТ 166-80 микрометр МК–50 гост 6507–90
025	моечная машина			
030	контрольный стол			

Отметим, что на операции 020 осуществляется обработка отверстий корпуса под установку подшипников. Для обеспечения технических требований по точности и шероховатости отверстия 7 необходимо выполнять растачивание резцом данного отверстия в сборе с крышкой редуктора.

На этапе сборки корпус редуктора выступает в качестве базового элемента, основанный на нижней опорной плоскости. Для создания направляющих и опорных баз используются отверстия в нижней части корпуса, предназначенные для крепления редуктора на фундаменте/опорной плите.

На основе полученных результатов производим корректировки в маршруте обработки детали при необходимости, фиксируем данные в маршрутной и операционных картах (Приложение А таблица А. 1).

2.4 Проектирование операций технологического процесса

«На этапе создания технологии изготовления детали требуется спланировать операции, которые будут применяться в технологическом процессе. Для выполнения этого нужно провести расчет режимов резания и определить нормы для выполнения операций. С учетом типа производства режимы резания определим по методике, предусматривающей использование опытно-статистических данных» [16].

«Согласно метода, первоначально определяем глубину резания, которая представляет собой максимальный припуск на выполнение данной операции и может быть ограничена техническими» [16] характеристиками станка. Если станок может обеспечить необходимую мощность резания, то глубина резания назначается на основе этого условия. Затем, исходя из «статистических данных, подача для выполнения операций определяется с учетом стандартных значений, доступных на используемом оборудовании» [16]. «Затем определяется скорость резания 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].

«Следующим шагом округляют полученное значение частоты вращения в соответствии с паспортом станка и пересчитывают скорость резания. Эта скорость принимается за фактическую. Расчет норм выполнения операций осуществляется на основе расчетно-аналитического метода» [20].

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

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:

$$T_0 = \frac{L_{\text{р.х.}}}{S \cdot n}, \quad (18)$$

где S – подача, мм/об» [20].

«Таблица 7 содержит режимы резания и нормирование технологических операций технологического процесса корпуса, учитывая структуру операции, технические возможности и конструктивные особенности применяемого оборудования, технологической оснастки и режущего инструмента» [20].

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
005	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
010	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
015	1	8	31,7	0,23	630	0,64
	2	1	12,6	0,7	200	0,07
020	1	0,2	160,8	0,42	800	0,268
025						
030						

«Полученные результаты по режимам резания и нормированию технологических операций отражаем в маршрутной карте и операционных картах (Приложение А таблица А. 1), а также проектируем технологические наладки, которые представлены на листах графической части этой выпускной квалификационной работы» [19].

3 Разработка специальной технологической оснастки

3.1 Разработка приспособления установочного

Операция 005 на агрегате была проанализирована, и выявлено, что используемое станочное приспособление не соответствует требованиям для среднесерийного производства, поскольку не обеспечивает механизацию установки корпуса. Чтобы устранить этот недостаток, требуется разработать механизированное приспособление «для данной операции при помощи методики и данных» [9], [26]. Эскиз операции приведен на рисунке 2.

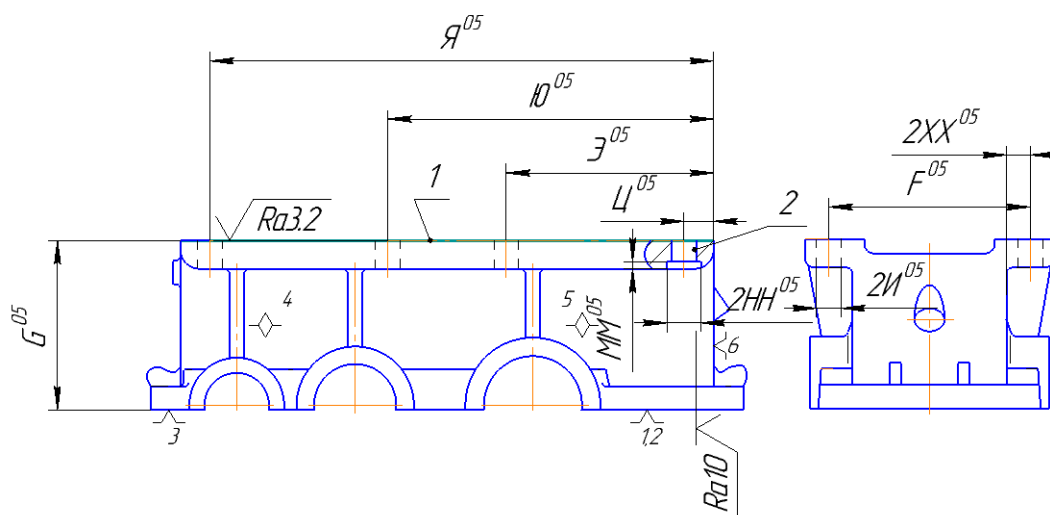


Рисунок 2 – Эскиз агрегатной операции

«Необходимо определить схему закрепления заготовки, в соответствии с эскизом операции, применяя опорную схему закрепления» [26]. Если соотношение ширины к высоте детали меньше 2,5, то схема считается правильной.

«Далее определяем момент от основной составляющей силы резания P_z , действующей на заготовку по формуле» [26]:

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

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

«Для надежного закрепления заготовки необходимо создать уравновешивающий момент от силы закрепления, определяемый по формуле» [26]:

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

где W – расчетное усилие зажима, Н;

f – коэффициент;

d_3 – диаметр закрепления, мм» [9].

«Условие обеспечения равновесия системы позволяет приравнять эти моменты и вычислить расчетное усилие зажима по формуле» [26]:

$$\ll W = \frac{P_Z \cdot d_o}{3 \cdot f \cdot d_3} \cdot K, \quad (21)$$

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].

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

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

При проектировании механизированного приспособления, будут внесены изменения в конструкцию его зажимных элементов, «усилие зажима будет увеличено. Для определения величины этого усилия можно использовать формулу» [26]:

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

где l – вылет кулачка, мм;

H – длина направляющей постоянного кулачка, мм;

f_1 – коэффициент трения в направляющих» [9].

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

«Сила, создаваемая таким зажимным механизмом, будет определена по формуле» [26]:

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

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

«Передаточное отношение зажимного механизма рассчитывается по формуле» [26]:

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

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» [26]:

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

где d – диаметр штока поршня, мм;

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

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

Необходимо использовать стандартное значение диаметра поршня, ближайшее к расчетному диаметру, чтобы избежать дополнительных расходов на разработку специального привода и увеличение стоимости конструкции приспособления. Учитывая, что диаметр поршня привода составляет 90 мм, следует округлить расчетный диаметр до соответствующего стандартного значения.

«Далее необходимо рассчитать точность спроектированного приспособления» [26]. Для этого составим соответствующую расчетную схему (рисунок 3).

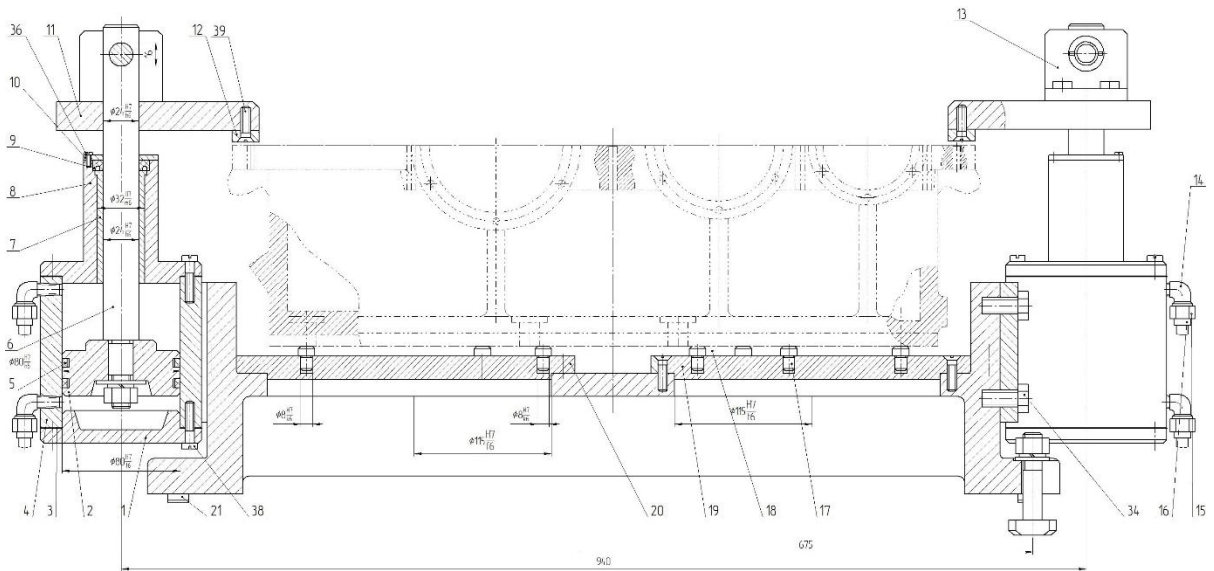


Рисунок 3 – Схема для расчета точности приспособления

«Из представленной схемы составляем уравнение для определения погрешности установки в проектируемом приспособлении» [26]:

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

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.

$$\varepsilon_y = \frac{1}{2} \sqrt{0,025^2 + 0,030^2 + 0,015^2 + 0,010^2 + 0,010^2} = 0,021 \text{ мм.}$$

Расчеты показали, что точность проектируемого приспособления превышает необходимую точность обработки, определяемую минимальным припуском на чистовую обработку - 0,296 мм.

Приспособление работает следующим образом. «Рабочий устанавливает заготовку, включает гидроцилиндр на её зажим, далее происходит фрезерование плоскости, затем включает гидроцилиндр на отжим заготовки, снимает ее, и устанавливает следующую. Цикл повторяется» [26].

Чтобы закрепить заготовку, «необходимо подать рабочее давление жидкости в правую полость гидроцилиндра, в результате чего поршень и шток переместятся влево и захватят за собой тягу и центральную втулку. Кулачки, связанные со сменными кулачками, переместятся к центру цилиндра по пазу клинового зажимного механизма, что приведет к закреплению заготовки. Для снятия закрепления необходимо подать рабочее давление жидкости в левую полость гидроцилиндра, и система вернется в исходное положение» [27].

Конструкция приспособления, представленная в графической части работы и Приложении Б таблица Б. 1, позволяет механизировать закрепление и обеспечивает точность установки, что соответствует поставленной цели.

3.2 Разработка торцевой фрезы

«С целью обеспечения оптимального качества обработки и максимальной износостойкости проведем проектирование торцевой фрезы для обработки поверхности корпуса с использованием методики и справочных данных» [9], [17].

Фрезы с механическим креплением пластин применяются на универсальном оборудовании и станках с ЧПУ ввиду того, что они имеют большую стойкость и производительность по сравнению с фрезами других типов. Эти фрезы также обеспечивают возможность использовать различные материалы инструментов при уменьшении количества наименований фрез и исключении операций, таких как пайка и заточка ножей. Такой подход позволяет предотвратить брак и использовать сплавы, которые трудно поддаются пайке [28], [29].

Конструкции фрез с креплением пластин отличаются большим разнообразием, и многие из них нормализованы и стандартизованы. Такие фрезы выпускают с трёхгранными ($\varphi = 90^\circ$), четырёхгранными ($\varphi = 75^\circ$), пятигранными ($\varphi = 67^\circ$) и круглыми пластинами из различных твёрдых сплавов диаметром 100...200 мм, рисунок 4.

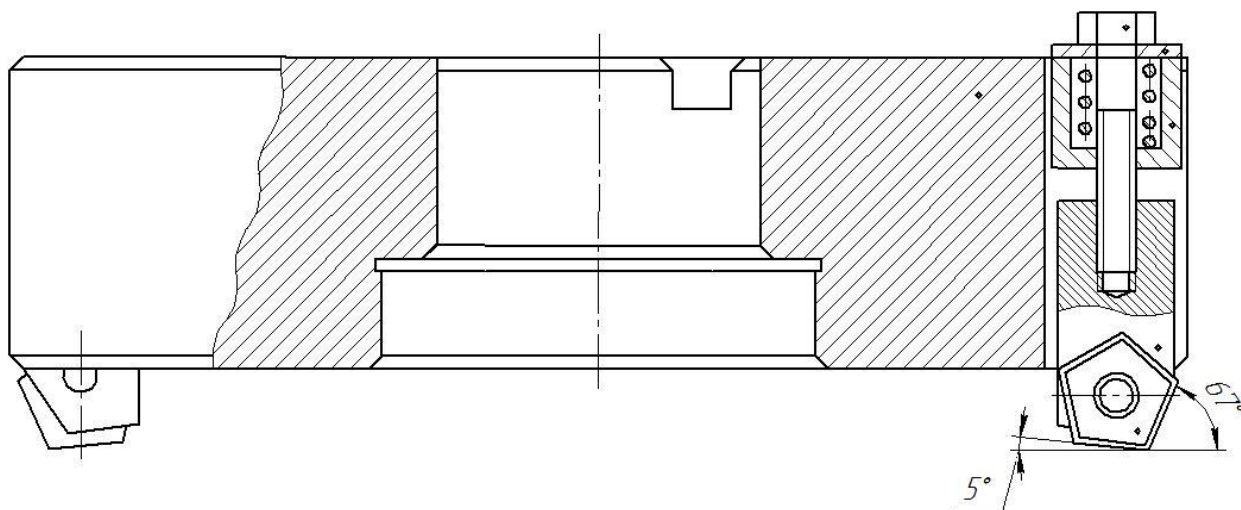


Рисунок 4 – Конструкция фрезы

Фрезы с твёрдосплавными пластинами обладают режущими свойствами и производительностью обработки, превосходящими быстрорежущие инструменты в 3-5 раз. Напайка пластинок сопровождается рядом недостатков, таких как появление микротрещин при заточке и дополнительные напряжения, вызванные различной теплопроводностью и коэффициентом расширения твёрдосплавных пластинок и материала державки. Более того, в результате силового воздействия при резании, до 50% напаянных пластинок могут выкрашиваться и ломаться. Однако, инструменты с механическим креплением твёрдосплавных пластинок не имеют этих недостатков [30], [31].

Диаметр фрезы $D = 170$ мм.

Ширина фрезы $B = 60$ мм. [6, с.185];

Диаметр под оправку $d_0 = (0,3...0,4) \cdot D = 0,4 \cdot 170 = 51 \text{ мм} \Rightarrow$ из стандартного ряда выбираем $d_0 = 50 \text{ мм}$.

Число зубьев $z \approx 0,8 \cdot \sqrt{D} = 0,8 \cdot \sqrt{170} \approx 10$

Главный угол в плане $\varphi = 670$, т.к. фреза с пятигранными пластинами.
Вспомогательный угол в плане $\varphi_1 = 50$.

Зубья наклонены к торцевой плоскости под углом $\omega = 80$.

Передний угол $\gamma = 110$, задний угол $\alpha = 110$.

Окружной шаг зубьев: $t_{окр} = \pi \cdot \frac{D}{z} = 3,14 \cdot \frac{170}{10} = 53 \text{ мм}$;

Высота зуба $h = 0,3 \cdot t_{окр} = 0,3 \cdot 53 = 15,9 \text{ мм}$.

Формы, размеры и точность пластин регламентированы ГОСТ 19042 – 80, ГОСТ 24257 – 80 и др. Имеются следующие типы пластин.

По конструктивному исполнению пластины можно разделить на режущие, опорные и стружколомы. Опорные пластины используются в качестве долговечного корпуса для резцов. Стружколомы предназначены для резцов с плоскими пластинами. По форме доступны такие типы как шести- и пятигранные, круглые, квадратные, трехгранные, ромбические с разными углами при вершине, шестигранные с углом при вершине 80° , прямоугольные и параллелограмные с углами при вершине от 55 до 88 градусов. $^\circ$.

По размерам диаметра вписанной окружности: 6,35; 9,525; 12,7; 15,875; 19,05 и 25,4 мм.

По величине задних углов 0, 11, 20° .

По оформлению вершины лезвия: с радиусом, фасками (переходными режущим кромками).

По точности изготовления классов допусков: А, F, С, Н, Е, G, I, К, L, М.

Рекомендации по применению пластин различных форм приведены в ГОСТ 19042 – 80. Пластины из безвольфрамовых сплавов имеют размеры, аналогичные размерам пластин из вольфрамовых сплавов, но выпускаются более ограниченной номенклатуры. По ГОСТ 25003 – 81 пластины из минералокерамики выпускают четырёх форм: квадратные, треугольные,

ромбические и круглые с размерами, аналогичными твердосплавным пластинам без отверстий.

Число граней пластины: $n = 5$.

Положение плоскости NN относительно главной режущей кромки определяется углом β :

$$tg\beta = \frac{tg\alpha \cdot Sin\varepsilon}{tg\alpha_1 + tg\alpha \cdot Cos\varepsilon};$$
$$\varepsilon = \frac{180^\circ(5 - 2)}{n} = \frac{180^\circ(5 - 2)}{5} = 110^\circ$$
$$tg\beta = \frac{tg11^\circ \cdot Sin110^\circ}{tg11^\circ + tg11^\circ \cdot Cos110^\circ} = 1,74$$
$$\beta = arctg1,74 = 60^\circ$$

Угол наклона пластины:

$$tg\mu = tg\alpha / Sin\beta = \frac{tg11^\circ}{Sin60^\circ} = \frac{0,123}{0,866} = 0,142$$
$$\mu = arctg0,142 = 8^\circ$$

Угол между осью державки резца и плоскостью NN:

$$\psi = \phi + \beta - 90^\circ = 67^\circ + 60^\circ - 90^\circ = 37^\circ$$

Значения поперечного γ_1 и продольного γ_2 передних углов:

$$tg\gamma_1 = tg\mu \cdot Cos\psi = 0,142 \cdot 0,643 = 0,091$$
$$\gamma_1 = arctg0,091 = 5^\circ$$
$$tg\gamma_2 = tg\mu \cdot Sin\psi = 0,142 \cdot 0,766 = 0,109$$
$$\gamma_2 = arctg0,109 = 6^\circ$$

Угол наклона пластины ω :

$$tg\omega = tg\gamma_2 \cdot Cos\gamma_1 = tg6^\circ \cdot Cos5^\circ = 0,105 \cdot 0,996 = 0,105$$
$$\omega = arctg0,105 = 6^\circ$$

Смещение паза для пластин устанавливаемых в гнёзда, расположенные в корпусе инструмента:

$$E = R \cdot \sin\gamma_1 - C \cdot \cos\omega = 18,5 \cdot 0,087 - 4,5 \cdot 0,98 = -2,8(\text{мм})$$

Для сборки фрезы нужно подготовить все необходимые детали, включая корпус, 5 втулок, 5 державок, 5 цилиндрических штифтов, пружины, шайбы и болты для крепления режущих пластин. Установить шайбу и пружины на болт. Вставить втулки в соответствующие отверстия в корпусе. Вставить державки с установленными режущими пластинами на штифты в пазы корпуса и закрепить их болтами.

Проверить радиальное и торцовое биение режущих кромок пластин в отношении отверстия и базового торца корпуса с помощью специального приспособления.

Конструкция спроектированной фрезы представлена в графической части работы.

В разделе были проведены технические мероприятия, направленные на улучшение технологии создания детали путем выявления недостатков лимитирующих операций, после чего было разработано оснастка и инструменты для фрезерования с целью устранения выявленных недостатков.

4 Безопасность и экологичность технического объекта

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

Важной задачей работы является обеспечение безопасности производства на участке по изготовлению корпуса. Это достигается анализом технологических процессов. «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
технологический процесс изготовления корпуса	агрегатная операция	оператор станков с числовым программным управлением	SAMAT 400XC, приспособление УСП, резец проходной отогнутый правый ГОСТ 18868-73	сталь 40Х ГОСТ 4543-71, ветошь, смазочно-охлаждающая жидкость

«Как можно заметить из представленного технологического паспорта, особенностью этого технологического процесса является широкое применение станков, управляемых системами числового программного обеспечения. Поэтому, при выполнении технологических операций, необходимо использовать соответствующие средства технологического оснащения и технические жидкости» [6].

4.2 Идентификация профессиональных рисков

Путем анализа таблицы 8 определим потенциально опасные и вредные производственные факторы, которые могут возникнуть в процессе производства детали на рассматриваемом участке. Кроме того, требуется определить источники происхождения этих факторов. Результаты приведены в таблице 9.

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	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]

Таблица 9 содержит информацию о возможных опасных и вредных факторах, которые могут негативно сказаться на здоровье работников и качестве производства. Они могут происходить от различных источников.

4.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков

Для уменьшения воздействия опасных и вредных факторов, возникающих при выполнении технологических процессов и их приведения к нормативному уровню, требуется разработать технические методы и выбрать соответствующее оснащение. «Полученные результаты приведены в таблице 10» [6].

Таблица 10 – «Организационно-технические методы и технические средства устранения или снижения негативного воздействия опасных и вредных производственных факторов» [6]

«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
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, нарукавники, перчатки трикотажные с точечным полимерным покрытием
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 естественного освещения	инструктаж по охране труда, устройства местного 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, на рукавники,
физическая динамическая нагрузка	инструктаж по охране труда, периодические регламентируемые перерывы	–
стереотипные рабочие движения	инструктаж по охране труда, регламентируемые перерывы» [6]	–

Меры безопасности, представленные в таблице 10, ведут к сокращению воздействия опасных и вредных факторов на производстве. Это позволит создать благоприятные условия для работы, уменьшить вероятность травматизма и появления профессиональных заболеваний.

«Выполнение раздела позволило проанализировать меры по обеспечению производственной безопасности выполнения технологического процесса» [6]. Станки с ЧПУ (числовым программным управлением) позволяют автоматизировать производственный процесс и повысить его эффективность. Однако, при работе с таким оборудованием необходимо соблюдать меры безопасности для предотвращения несчастных случаев. Был проанализирован процесс выполнения технологических операций, оборудование, используемые материалы и средства оснащения, идентифицированы опасные и вредные производственные факторы и их источники. Обязательным требованием является наличие пожаротушения и правил пожарной безопасности. На участке должны быть установлены средства пожаротушения и операторы должны знать, как их использовать в случае возникновения пожара. Рядом со станками с ЧПУ должны находиться таблички с указанием экстренных телефонных номеров. Использование современного оснащения рабочих мест на участке, позволяет обнаруживать неисправности и проводить профилактику. На станках должны быть установлены шторы безопасности, которые защитят оператора от резких движений инструментов. Все элементы станка должны быть проверены на безопасность перед началом работы.

На основании этого в данном разделе были сформулированы специальные мероприятия по обеспечению безопасности и подобраны соответствующие средства и мероприятия, чтобы ослабить воздействие выявленных вредных и опасных факторов.

5 Экономическая эффективность работы

В данном разделе выполним расчет технико-экономических показателей для проектируемого технологического процесса и проведении сравнительного анализа с базовым вариантом, а также определении экономического эффекта от использования предложенных технических решений.

В разделах 2 и 3 работы было предложено изменить конструктивное исполнение фрезы на агрегатной операции 030; применить механизированное приспособление на агрегатной операции 030; были пересчитаны режимы резанья на агрегатной операции 030.

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

«В данном разделе проводится также оценка экономических аспектов, а для расчета всех необходимых технических параметров, таких как время выполнения, оборудование, инструмент и оснастка, используются данные из предыдущих разделов работы, а также различные источники, включая паспорт станка, данные по тарифам на энергоносители, сайты с ценами на оборудование и инструменты, и другие» [12].

«Кроме перечисленных источников для расчета применялось программное обеспечение Microsoft Excel» [12]. 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].

«Далее представлены основные результаты проведенных расчетов. На рисунке 5, показаны величины, из которых складываются капитальные вложения, которые составят 2224938,67 рублей» [12].

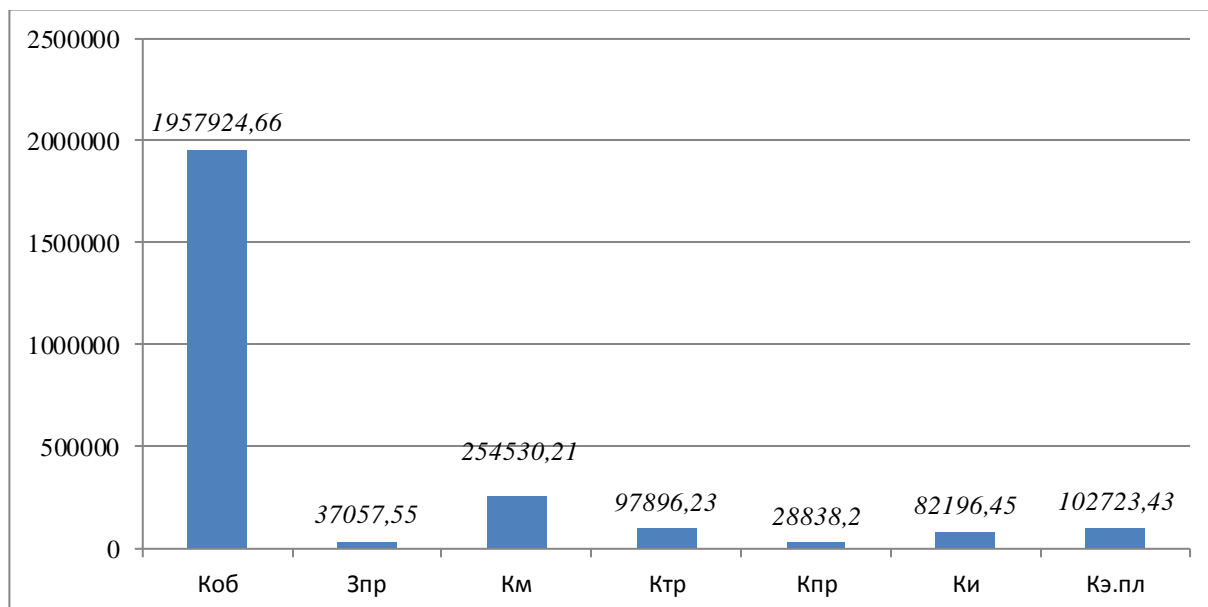


Рисунок 5 – Величина затрат, входящих в капитальные вложения, предложенного проекта, руб.

«Проведя анализ представленных на рисунке 5 данных, можно установить, что наиболее затратными являются затраты на основное технологическое оборудование (K_{OB})» [12], доля которых составляет 72,45 %. В то же время, остальные виды капитальных вложений составляют менее 10 % от общей суммы. Это вложения в новые технологии, производственное оборудование, развитие научных исследований. Инвестиции, направленные на развитие новых проектов, увеличивают конкурентоспособность предприятия. Также сюда можно отнести реконструкционные вложения. Эти вложения направлены на реконструкцию и модернизацию существующих объектов производства, строительство новых объектов, а также замену устаревшего оборудования.

Капитальные вложения являются основой развития производственного процесса и помогают увеличивать прибыль, сокращать расходы и увеличивать рыночную долю. Важно предварительно проанализировать себестоимость и возможности каждого вида вложений, чтобы достичь максимальной эффективности инвестиций. Рисунок 6 показывает параметры, определяющие

«технологическую себестоимость детали "корпус", в которых учитываются два варианта технологического процесса» [12].

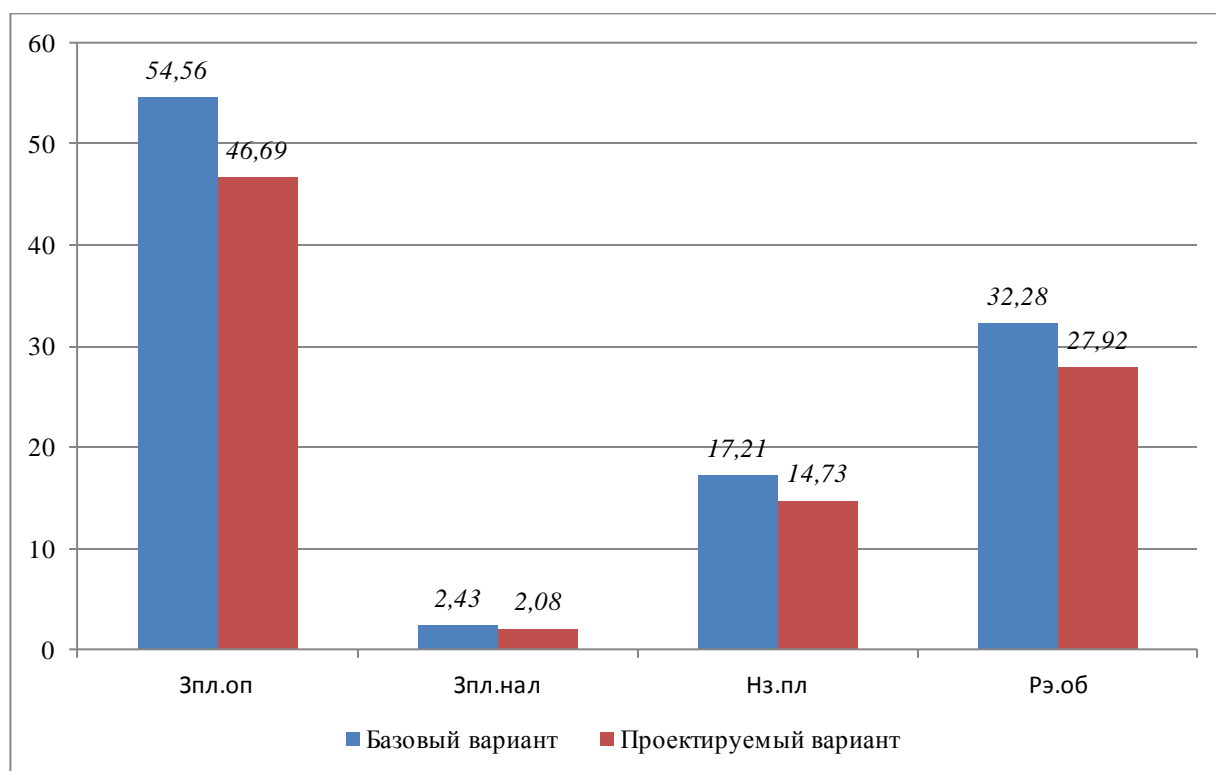


Рисунок 6 – Слагаемые технологической себестоимости изготовления детали «корпус», по вариантам, руб.

«Как показывает рисунок 6, значение величины основных материалов после вычета отходов не учитывалось при определении данного параметра, так как в процессе улучшения технологического процесса способ получения заготовки остался неизменным. Это значит, что данная величина останется неизменной и не повлияет на разницу в себестоимости между вариантами. Изучая диаграмму на рисунке 6, можно заметить, что две величины занимают наибольшую долю в общей технологической себестоимости. Первая из них – заработная плата операторов (*Зпл.оп*), занятых на перечисленных выше операциях. Ее доля составляет 50,25 % для базового варианта и 50,08 % для проектируемого варианта. Вторая величина – расходы на содержание и эксплуатацию оборудования – имеет объем 31,31 % для базового варианта и

31,54 % для проектируемого варианта от общей технологической себестоимости. Благодаря этим параметрам вычислена полная себестоимость процесса изготовления редуктора. Результаты расчета себестоимости обработки детали по операции 030 технологического процесса можно увидеть на рисунке 7» [12].

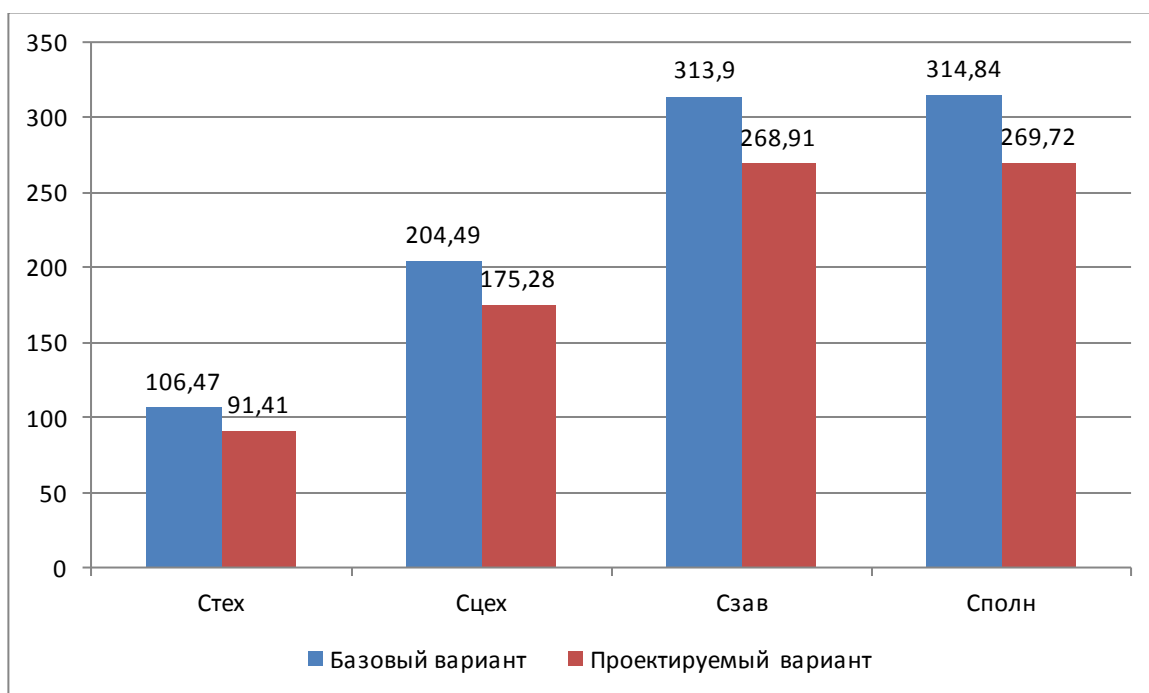


Рисунок 7 – Калькуляция себестоимости, по вариантам технологического процесса, руб.

«Согласно диаграмме 7, $C_{полн}$ составляет 312,5 руб. для базового варианта и 229,5 руб. для проектируемого варианта. После дополнительных расчетов стало ясно, что вложения в размере 2231166,71 руб. будут окупаться в течение 4-х лет, который является максимально допустимым сроком для улучшения технологического процесса. Исследуемой экономической величиной является интегральный экономический эффект или чистый дисконтируемый доход» [12], который составляет 521933,54 руб. Это свидетельствует о эффективности предложенных мероприятий, так как каждый вложенный рубль приходится доход 1,21 рубля..

Заключение

Данная выпускная квалификационная работа содержит следующие основные результаты. В первом разделе работы были сформулированы задачи, предшествующие проектированию технологического процесса изготовления корпуса редуктора. Для этого проведено детальное исследование функционального использования детали, условий ее эксплуатации, технологических характеристик и типа производства.

Во втором разделе работы была создана технология изготовления детали, основанная на типовом технологическом процессе, где рассмотрены возможные варианты получения заготовок, спроектирован план обработки корпуса, выбрано станочное оборудование и определены операции технологического процесса. В третьем разделе работы были разработаны технические мероприятия, направленные на усовершенствование базовой технологии производства корпуса. Для этого были выявлены недостатки в технологических операциях фрезерования и спроектированы станочное приспособление с автоматизированным механизмом установки заготовок на станках и торцевая фреза для фрезерования корпусов на агрегатной операции. В четвертом разделе работы была осуществлена проверка проектированной технологии производства корпуса на безопасность и экологичность воздействия на производственную среду, а также предложены мероприятия по устранению выявленных неблагоприятных производственных факторов. В разделе пять работы проведена комплексная проверка экономических показателей проектированной методики, что позволило сделать вывод об ее эффективности.

В результате выполнения работы были достигнуты все поставленные задачи по разработке технологического процесса изготовления корпуса редуктора, обеспечивающего выпуск годовой программы деталей, отвечающих всем техническим требованиям в условиях среднесерийного производства можно считать достигнутыми.

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: 15.03.2023).

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: 10.03.2023).

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: 19.03.2023).

10. Каталог продукции «Инвест-станок». [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.investstanok.ru> (дата обращения: 05.03.2023).

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: 18.03.2023).

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: 23.03.2023).

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. Первозников. – 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://metallicheskiy-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).

27. Alexander H. Slocum. Precision Machine Design. Society of Manufacturing Engineers, 1992, 750 p. - ISBN 0872634922, 9780872634923.

28. Bozina P. Vorrichtungen im Werkzeugmaschinenbau: Grundlagen, Berechnung und Konstruktion. Springer Berlin Heidelberg, 2013, 245 p. - ISBN3642327060, 9783642327063.

29. Davim J.P. Modern Machining Technology. A practice guide Woodhead Publishing, 2011. — 412 p. — (English)

30. Klocke F. Manufacturing Processes 2: Grinding, Honing, Lapping. Vol. 2 Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2009. XXIV, 433 p. 35 illus. — ISBN 978-3-540-92258-2, e-ISBN 978-3-540-92259-9, DOI 10.1007/978-3-540-92259-9.

31. Linke B. Life Cycle and Sustainability of Abrasive Tools Springer, 2016. — XVII, 265 p. — ISBN 978-3-319-28345-6; ISBN 978-3-319-28346-3 (eBook).

