

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

Институт машиностроения, химии и энергетики
(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 раздаточного редуктора
Лада Нива Спорт

Обучающийся

О.Ю. Иванова

(Инициалы Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

к.п.н., доцент Г.В. Нахратова

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

Консультанты

канд. экон. наук, доцент Е.Г. Смышляева

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

канд. геогр. наук, доцент В.В. Будко

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

Тольятти 2025

Аннотация

Цель данной выпускной работы заключается в разработке технологического процесса производства корпуса раздаточного редуктора для Лада Нива Спорт, при этом одним из основных требований является необходимость его соответствия всем конструкторским и технологическим конструкторским характеристикам.

В работе подробно рассмотрены типовые процессы изготовления корпусных деталей, для чего были проанализированы назначение и условия эксплуатации детали, а также особенности её производства. На основе этого определили задачи, которые нужно решить в следующих этапах выполнения работы. В частности, разработана проектная технология изготовления, выполнено технико-экономическое сравнение методов получения заготовок корпусных деталей и на основе анализа спроектирована заготовка и план ее производства. Далее выбрали требуемое оборудование, оснащение и инструменты необходимые для обработки заготовки детали. Был проведён анализ работы по базовой технологии, выявлены слабые стороны ряда типовых технологических процессов, которые могут снижать эффективность. В качестве основных мероприятий по проектированию проектного варианта технологии выбраны мероприятия по проектированию режущего инструмента на лимитирующих операциях и конструкции станочного приспособления

В итоге разработали специальное оборудование и инструменты для растачивания отверстий в корпусе. На финальном этапе оценили, насколько разработанный процесс безопасен и экологичен. Произвели анализ технико-экономических показателей предлагаемого метода, что позволило получить значения экономического эффекта как по качеству, так и по затратам. В итоге выполненные расчеты повели сделать заключение, что предложенные меры и разработанный технологический процесс достаточно эффективны.

Работа включает 52 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	8
1.4 Задачи работы.....	10
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.....	20
2.4 Проектирование операций технологического процесса	22
3 Разработка специальной технологической оснастки	24
3.1 Разработка станочного приспособления.....	24
3.2 Разработка режущего инструмента	28
4 Безопасность и экологичность технического объекта	35
4.1 Конструктивно-технологическая характеристика объекта	35
4.2 Идентификация профессиональных рисков.....	35
4.3 Обеспечение пожарной безопасности технического объекта	37
5 Экономическая эффективность работы	39
Заключение	42
Список используемых источников.....	43
Приложение А Технологическая документация.....	47
Приложение Б Спецификации к сборочным чертежам	51

Введение

В современном машиностроении важно уметь производить небольшие партии опытных изделий, особенно те, что могут составлять до половины годового плана. Это связано с необходимостью осваивать новые технологии, уметь оперативно переходить к подготовке производства в условиях обновления модельного ряда в короткие сроки, при изменении моделей автомобилей, которые делает головная компания.

Одним из ключевых моментов в проектировании технологий производства изделий является не только чтобы изделие было обработано, а чтобы оно соответствовало определённым технологическим требованиям. Для этого нужно учитывать возможности оборудования, станков и оснастки.

Повышение технического уровня и конкурентоспособности производства автокомпонентов сегодня требует не только снижения стоимости производства, но и внедрения новых или усовершенствования существующих технологий. Это особенно важно при производстве деталей к которым также относят корпус раздаточного редуктора Лады Нива Спорт.

В результате модернизации ответственного узла автомобиля, изменена геометрия многих поверхностей детали корпуса, увеличено количество обработанных элементов и повысились требования к точности и шероховатости поверхности. Например, заготовка которая получалась ранее методом литья в земляные формы, содержит много дефектов, а внутренние поверхности требуют дополнительных проходов при точении. Всё это ведет к перерасходу материала и повышению стоимости производства.

Таким образом, целью данной выпускной квалификационной работы является необходимость проектирования технологического процесса изготовления корпуса раздаточного редуктора для автомобиля Лада Нива Спорт, позволяющего изготовить программу деталей, согласно всем техническим требованиям и конструктивным характеристикам.

1 Определение задач работы на базе анализа исходных данных

1.1 Анализ функционального назначения детали и условий эксплуатации

Основная задача корпуса раздаточного редуктора для Лада Нива Спорт обеспечить нужный крутящий момент и передаточное отношение при провороте колес автомобиля. Для этого корпус содержит детали, опоры пар качения установленные в правильном взаимном расположении, чтобы передавать вращение от механизма распределения крутящего момента от двигателя на коленвал. «Для обеспечения равно нагруженного режима работы механизма раздаточного редуктора в полость заливается необходимый объем машинного масла (из расчета 0,19 л./ кг.)» [4].

«Работая в условиях постоянного воздействия внешней среды корпус, испытывает изгибающие нагрузки, толчки, удары, передаваемые ему от элементов подвески автомобиля. Эти условия работы корпуса определяют требования к его изготовлению – прочность, износостойкость поверхностей, их точность, шероховатость и взаимное расположение» [4].

«Анализ показал, что по своему функциональному назначению деталь является корпусной» [2]. Условия работы червячного колеса не относятся к тяжелым. Поэтому нет необходимости использовать дорогостоящие или очень прочные материалы. Нет необходимости применять специальные методы обработки. Это позволяет при проектировании технологического процесса использовать стандартные или типовые процессы производства. Исходя из проведенного анализа можно сделать заключение что технологический процесс будет спроектирован как последовательность типовых операций, исходя из того какие технологические параметры заданы у детали и каковы будут технологические требования для ее производства.

1.2 Анализ технологических показателей детали

Оцениваем назначение, форму и взаимное расположение поверхностей корпуса редуктора. Считаем материал марки АК9Т, который используется, технологичным. Этот материал легко использовать для изготовления заготовок. Также он хорошо обрабатывается механически. Далее необходимо учитывать, что для проектирования технологических операций нужно учитывать свойства материала. Свойства зависят от его химического состава. Это важно для получения нужных размеров и параметров точности детали [5].

Корпус «изготавливают из цветного сплава марки АК9Т ГОСТ 4784-65, относящийся к деформируемым сплавам. Сплав содержит 1,9 – 2,5% Cu, 1,4 – 1,8 % Mg, 0,4 – 0,8% Mn, 0,8 – 1,3% Ni, 0,8 – 1,3% Fe, 0,5 – 1,3% Si, остальное – Al. Никель вводят для увеличения прочности и улучшения обрабатываемости сплава. Твердость сплава 60 НВ. Механические свойства – коэффициент обрабатываемости $K_0=0,7$. Предел вязкости $\sigma_B = 34 – 38 \text{ кГ/мм}^2 = 340 – 380 \text{ МПа}$. Относительное отклонение $\delta = 4 – 8 \%$. Сплав подвергают термообработке Т6 – закалка, включающей в себя нагрев в течение 1,5 ч. до 515 C° , выдержку 2 ч., охлаждение 5 мин. в воде, далее неполное искусственное старение – нагрев 1,5 ч. до 90 C° и выдержка 2 часа, затем охлаждение на воздухе. Твердость материала после термообработки составляет 90 НВ» [25].

«Точность размеров, формы и расположения поверхностей конструкторских баз 8 – 9 квалитет, шероховатость обрабатываемых поверхностей Ra 1,6 – 12,5 мкм, рисунок 1» [2]. «Выдержать необходимые параметры корпуса, шероховатость при точности их исполнения без механической обработки не получится» [2].

Исполнительными поверхностями (И) являются поверхности 21, 36 и 45. «Токарная обработка (расточивание) поверхностей 46, 21, 20, 37, 36, 45, 44, 38, 6, 42 выполняется за несколько переходов (даже после фрезерования), что объясняется назначением больших припусков и напусков на рабочие

поверхности детали и отклонений пространственного положения поверхностей» [4].

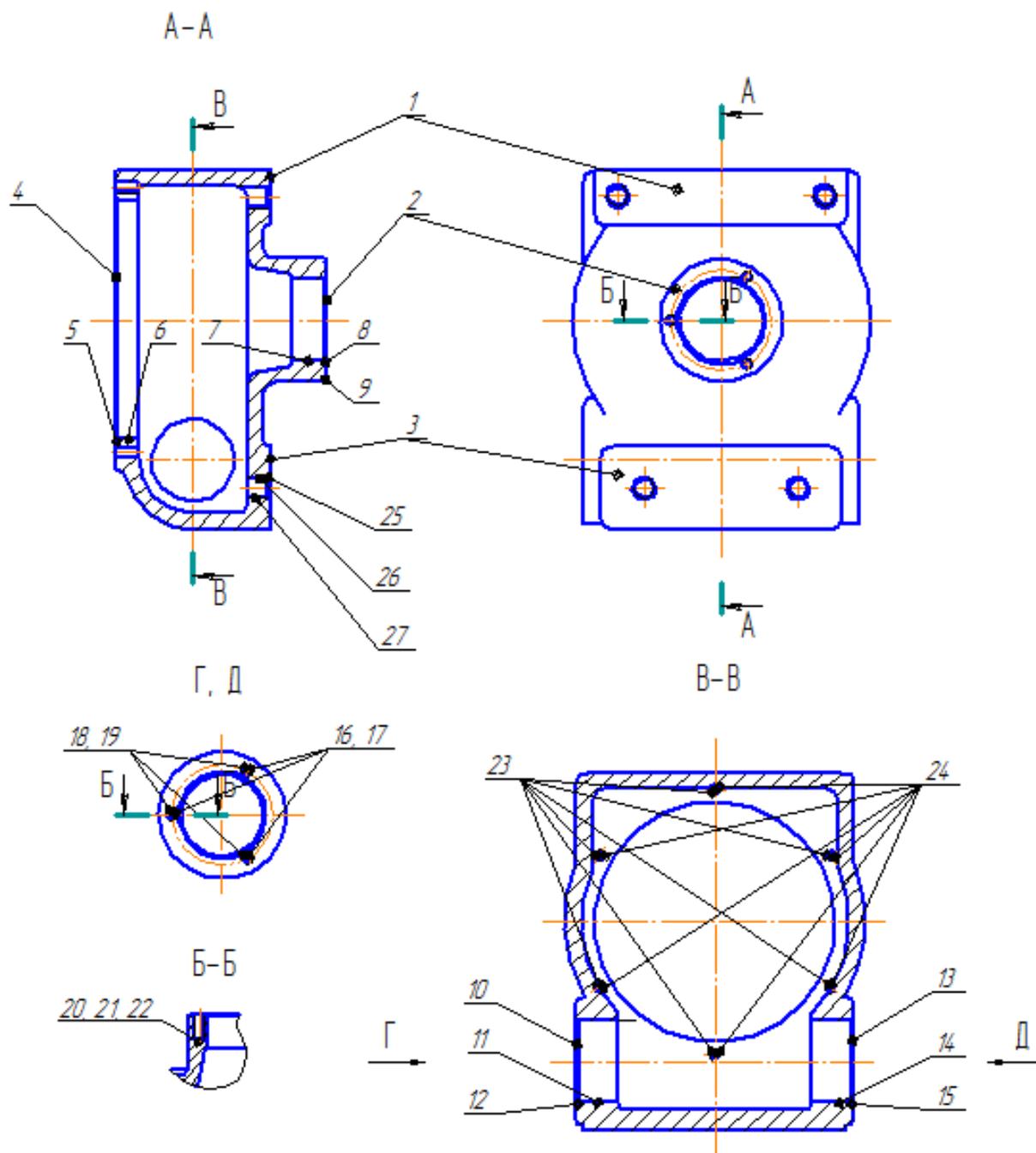


Рисунок 1 – Эскиз детали

Для определения положения корпуса важны конструкторские базовые поверхности, обозначенные как О – основные, это «поверхности 66, 26, 59, 65, 62, 61, 64, 63, 60, 30 и 67. Также есть вспомогательные базовые поверхности

(В), к которым относятся 21, 35, 42, 1, 6, 44, 20 и 49» [5] они помогают точно установить положение присоединяемых деталей. Остальные поверхности свободные (С).

1.3 Анализ типа производства

«Анализ типа производства на основе имеющихся данных, и наиболее подходящей, в данном случае, технологической последовательности операций, определим исходя из расчета массы детали и заданной годовой программы выпуска» [14]. «В данном случае при массе 1,6 кг и программе выпуска 10000 штук тип производства среднесерийный» [1].

Технология изготовления создаётся на основе типовых маршрутов и планов последовательных операций, когда чистовая и черновая обработка разделены на разные этапы. На первом этапе необходимо выполнить анализ производительности производства. Анализ производственной производительности направлен на оценку производственной доступности оборудования и оснастки. Производственная доступность определяется как доля времени, в течение которого система работает в соответствии с требуемыми производственными спецификациями. Она учитывает как надежность, так и ремонтпригодность системы. Производственная доступность может быть улучшена за счет внедрения стратегий технического обслуживания, таких как корректирующее и профилактическое обслуживание. Анализ производительности производственных систем безопасности требует построения моделей, которые точно отражают поведение систем. Однако построение таких моделей является сложной задачей, так как системы в процессной промышленности часто большие и сложные. Также, модели должны учитывать различные аспекты, такие как отказы компонентов, ремонт, техническое обслуживание и зависимости между компонентами. Они должны быть достаточно эффективными для вычисления показателей производительности. Традиционные подходы к моделированию, такие как

деревья неисправностей и размерные цепи, имеют ограничения при работе с большими и сложными системами. Деревья неисправностей становятся громоздкими для производственных систем с большими ресурсными зависимостями. Размерные цепи таких систем страдают от комбинаторного срыва цепей состояний оборудования. Следовательно, необходимы более эффективные методы моделирования.

Эффективным решением поиска является оценка совокупных производственных потерь, которые могут негативно сказаться на финансовых показателях [12], в то время как производительность станочных систем имеет важное значение для получения неявных выгод промышленными предприятиями. Необходимость повторного использования опыта моделирования может быть эффективно, но только путем разработки типовых в процессе моделирования операций проектируемой технологии. Преимущество такого подхода двояко. Во-вторых, это позволяет использовать опыт моделирования, рассматривая компоненты в библиотеках типовых переходов систем ЧПУ в качестве прототипов, которые должны быть адаптированы для конкретной детали.

Методы моделирования производственных процессов являются гибкими и позволяют с высокой точностью прогнозировать производительность системы. Однако использование методов моделирования обычно требует много времени. Существует три основных способа разработки инструментов для исследования эксплуатационной готовности промышленных систем [12]. Расчет погрешностей в существующих типовых производственных процессах, специальные пакеты программного обеспечения, и технологическая оптимизация производства на основе применения универсальных моделей. Большинство анализов эксплуатационной производительности, выполняемых в промышленности, проводятся с помощью программного обеспечения для моделирования по методу Монте-Карло. Для удовлетворения потребностей высокопроизводительных технологических систем для массового

производства были разработаны шаблоны или типовые маршруты обработки.

Таким образом, действия, связанные с планированием технического обслуживания, ремонтом, рассматриваются как незначительные при расчете производительности системы. Эти два компонента технологической операции работают последовательно, поэтому также используется последовательный шаблон при проектировании технологического процесса [5].

В нашем случае обработки корпуса, каждая операция технологического процесса может быть смоделирована с использованием единого шаблона корректирующего обслуживания и технологического перехода. Формируем маршрут обработки, ориентируясь на либо разделение, либо интенсивное наполнение операций технологическими переходами, в зависимости от того какое оборудование выбираем в цехе и какие возможности по повышению производительности оно располагает.

Исходя из выбранной стратегии проектирования производственного процесса изготовления детали определим задачи работы.

1.4 Задачи работы

«В первом разделе работы проведён анализ технологической составляющей детали, определён тип производства и выявлены основные недостатки исходной технологии изготовления» [4]. В связи с этим сформулированы задачи проекта, которые можно обозначить следующим образом.

Во-первых, необходимо выполнить проектирование заготовки детали. Создание новой заготовки детали предполагает решение сложных проблем. Проектирование формы и материалы каждой детали (или компонента) должны определяться в соответствии с геометрическими или механическими нагрузками, которым они подвергаются. Эта проблема проектирования решена, если определен силовой характер способа формования металла, способный производить эти заготовки в объемах заданным заданием на

проектирование. Решить обе поставленные таким образом задачи (проектирование деталей и проектирование технологии изготовления) можно только путем проектирования заготовки с оптимальным соотношением напусков на поверхности детали. В обоих случаях можно провести расчеты на этапах проектирования и оптимизации величины расхода металла. Для корпусных деталей в качестве основного способа принимаются решения полученные методами получения заготовки литьем в землю, а в качестве второго метода принимают метод литья позволяющий получить заготовку близкую по конфигурации к детали или процессы, которые уже известны и освоены предприятием. Тогда речь идет об улучшении производительности процесса производства заготовки или адаптации его к новым условиям без каких-либо фундаментальных изменений базовой технологии.

Третьей задачей необходимо разработать технологический процесс изготовления детали, опираясь на анализ типового технологического процесса [4].

Четвертым блоком задач, целесообразно подготовить технические мероприятия по совершенствованию базовой технологии, чтобы повысить её эффективность и качество [1].

И, на пятом этапе, следует провести комплексную оценку новой технологии с точки зрения безопасности и требований экологичности, выбора комплексных мероприятий по пожаробезопасности.

В завершении, шестым этапом, необходимо выполнить анализ экономической эффективности спроектированной технологии изготовления детали и сделать выводы о целесообразности ее внедрения в производственные условия [12].

2 Разработка технологии изготовления

2.1 Обоснование выбора и разработка заготовки

«Выбор метода получения заготовки выполняем расчетным методом» [4]. Методика основана на технико-экономическом обосновании процесса предварительной разработки новой заготовки. В основе способа экспертная оценка путем быстрого поиска удовлетворительные решения. Экспертные системы работают на основе использования опыта известных производств [4]. Информация и опыт, полученные при проектировании уже реализованных серий заготовок, включаются в виде баз данных. С помощью ряда правил они затем позволяют определить некоторые стандартные принципы проектирования заготовки для нового продукта [4].

Одним из основных ограничений этой методики для корпусных деталей является сложность сбора и формализации исходных данных. Для одного и того же процесса, в зависимости от запроса разработчиков, выбранные решения действительно могут быть разными. Кроме того, прошлый опыт иногда трудно, если не невозможно, перенести на новые решения. Развитие методов искусственного интеллекта позволило частично устранить некоторые несоответствия, с которыми мы сталкивались в прошлом. В целом они основаны на расчете отклонений величины напуска на поверхности детали [4].

Таким образом, экспертные системы могут оказаться весьма полезными, особенно для ограничения числа рассматриваемых решений. Однако затем выбранные решения должны быть подтверждены расчетами или экспериментом. Таким образом, становится интересным сочетать использование экспертных систем с методами оптимизации, подобными методам конечных элементов. Этот этап оптимизации выполняется статистическим методом с использованием расчетных программ. Заготовка тестируется путем моделирования сил методом конечных элементов, что позволяет подтвердить выбор, а также обогатить базу данных для дальнейших

расчетов. Эта задача может оказаться еще более сложной, учитывая сложную геометрию заготовки корпусной детали. Кроме того, этот метод вряд ли применим к материалам, поведение которых зависит от скорости деформации. Но основное ограничение связано с необходимостью задать граничные условия в узлах контакта формы и металла. При прямом моделировании прибитие узлов в контакт является необратимым процессом. Определение узлов, находящихся в контакте в момент времени подачи металла, невозможно. Применительно к квадратичной форме корпусной детали этот алгоритм позволяет получить обратную величину функции расхода металла. Кроме того, он нечувствителен к неточностям в процедуре литейного распределения металла форме. Тем не менее, общая сходимость при расчетах заготовки обеспечивается только в том случае, если алгоритм периодически дорабатывается.

Существует множество методов линейного исследования расширения металла в литейной форме. Этап расчета является наиболее трудоемкой частью вычислений, так как если заготовка криволинейна, то его необходимо повторять на каждой итерации. Методы Ньютона или секущего используются очень редко. Наиболее распространенными методами являются метод золотого сечения [5] и полиномиальная интерполяция и, в частности, метод параболической интерполяции. Параболическая интерполяция состоит в том, чтобы выбрать минимум точек на поверхности детали из которых доступные сохраняются, и процесс расчета повторяется снова. Этот метод имеет линейную скорость сходимости, однако требует двух дополнительных оценок, прежде чем он станет эффективным. Когда значения производных скорости течения металла известны, тогда можно использовать двухточечную кубическую интерполяцию или метод описанный в источнике [5].

Описанные методы направлены на получение более точного приближения контура заготовки к оптимальному (которое может быть не только в случае минимального напуска). Если выполняется точный линейный поиск, то процедура расчета величины напуска упрощается, если принять

интервал решения меньше заданного значения номинального размера детали. Таким образом, согласно [5] для среднесерийного производства корпусных деталей сходимость результатов соответствует точному линейному значению искомого размера заготовки корпусной детали.

«В соответствии с этим назначаем по ГОСТ 26645-85 и ГОСТ 8908-88 литейные уклоны 2 градуса и направление их в сторону увеличения размеров и литейные радиусы в пределах 3 мм, в зависимости от значений номинальных размеров. После определения размеров отливки необходимо определить стоимость заготовки по формуле:

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

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_{Π} – 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 детали задана в чертеже графической части. «Это позволит рассчитать массу заготовок сравниваемых методов получения» [4].

Масса заготовки получаемой литьем в землю равна 1,688 руб.

Стоимость заготовки получаемой литьем в металлические формы равна 1,883 р.

Проектирование заготовки выполняем согласно [7]. На первом этапе спроектируем «маршруты обработки каждой поверхности. После этого определяют величины припуски поверхностей на механическую обработку. Затем определяют характеристики проектируемой заготовки, технологические напуски и допуски на размеры» [7]. Определяют значения трех параметров, определяющих радиусы и высоту заготовки, такие, чтобы толщина заготовки была однородной в конце процесса. Оптимальное значение было определено путем напуска на размер. Симплексный метод является эффективным при проектировании заготовок количество параметров технологических размеров которых, невелико [7]. Когда количество параметров одного размера превышает три, величина напуска металла на поверхность детали является неприемлемой с точки зрения затрат. Стоимость настолько высока, что авторы предлагают исключить пять размерных параметров методом Монте-Карло, для чего требуется сократить и количество технологических переходов, что затруднительно для обработки корпусных деталей. Эти параметры подвергаются геометрическим ограничениям, чтобы поддерживать минимальный диаметр на всех участках штампа.

«Проектирование маршрутов обработки поверхностей произведем по методике» [11]. «Маршрут обработки зависит от требуемой точности обработки, шероховатости обрабатываемой поверхности, материала детали и требуемой твердости» [11]. Применение данной методики позволяет получить заготовку, себестоимость которой намного дешевле, чем с применением точных форм литья, так как обеспечивается минимальное количество параметров размеров. Ценность этого подхода следует из преимуществ, связанных с простотой реализации и возможность учитывать различные параметры и законы поведения металла в упрощенном, стационарном процессе. В случае стационарных процессов основным недостатком является

выбор радиуса кривизны заготовки. При выборе маршрутов обработки крайне важно, чтобы узловые значения шероховатости, полученные с помощью схемы с применением нескольких позиций установки детали, были рассчитаны на одной и той же размерной сетке. Теперь определение базового положения заготовки, полученное путем расчета ее геометрических параметров, может привести к вырождению элементов погрешности базирования, следовательно, к различным схемам для установки и базирования заготовки в приспособлении.

«Для ответственных (самых точных) поверхностей применяем расчетно-аналитический способ» [21].

«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:

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

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

«Минимальный диаметр определяется по формуле:

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

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

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

«Максимальный диаметр определяется по формуле:

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

«Средний диаметр определяется по формуле:

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

«Общий минимальный припуск рассчитывается по формуле:

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

«Общий максимальный припуск рассчитывается по формуле:

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

«Общий средний припуск рассчитывается по формуле:

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

Результаты расчета сводим в таблицу 1, где «указываем значения каждого из указанных элементов припуска» [4].

Таблица 1 - Расчет припуска на поверхность

«Переход» [4]	«Элементы припуска» [4]					«Размер, мм» [4]	«Допуск мм» [4]	«Предельный размер, мм» [4]		«Предельные размеры припусков, мкм» [4]	
	Rz	T	ρ	ε	$2Z_{\text{min}}^p$			dmin	dmax	2Zmin	2Zmax
заготовительный	40	90	78			35,785	0,250	35,535	35,785		
черновой	12,8		2,7	180	277	36,977	0,100	36,877	36,977	1192	1342
получистой	10			9	210	37,021	0,062	36,959	37,021	44	82
чистой	6,4				41	37,041	0,041	37,000	37,041	20	41
Итого										1256	1465

«Смещение по поверхности разъёма форм 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» [19], [7].

«Остальные технологические параметры и требования к заготовке представлены на чертеже в графической части работы» [7].

В данном разделе проектирования были рассмотрены различные методы получения заготовки. Эти методы различаются по стоимости использования как с точки зрения расхода металла, так и с точки зрения времени изготовления. Для корпусной детали был выбран метод литья. При формировании заготовок данным способом упругая составляющая деформации мала по сравнению с пластической составляющей. Кроме того, мы не проводим расчет остаточных напряжений, а интересуемся только размерами заготовки в процессе литья. Кроме того, предполагаем, что явления теплообмена с инструментами и окружающим воздухом не оказывают существенного влияния на формирование заготовки. Поэтому мы ограничиваемся изотермическим подходом к процессу. В большинстве процессов литья невозможно получить желаемую деталь за одну операцию. Этот процесс действительно может оказаться слишком дорогостоящим или даже невозможным по многим причинам силы, необходимые для формовки, слишком велики, прямаяковка вызывает серьезные дефекты, такие как появление складок и т. д. Существуют также ограничения геометрического порядка, которые часто требуют выполнения нескольких операций. Следовательно, процесс литья обычно использует несколько промежуточных проходов. Хотя увеличение числа операций не создает принципиальных проблем, но форма чистовых литейных матриц обычно фиксирована и определяется геометрией обрабатываемой детали. В общем случае, если последовательность переходов литья включает в себя несколько операций формирования заготовки, для определения точности будет выбран последний инструмент формирования заготовки. В случае, когда ассортимент включает

только две операции (формование и чистовую обработку), исходная заготовка имеет простую форму чаще всего цилиндрическую или призматическую как для случая корпусных деталей.

Таким образом, этот метод предпочтительно применяется, в среднесерийном производстве с небольшим количеством размерных параметров детали.

2.2 Разработка плана изготовления детали

«План изготовления проектируем на основе анализа типовых маршрутов изготовления, согласно данным выполненного анализа детали» [13], [14].

Чтобы достичь заданных параметров детали, настройку станка выполняем пооперационно, используя метод последовательных шагов [18].

«При изготовлении детали особое внимание следует уделить обработке торцевых поверхностей» [18], это вспомогательные конструкторские базы 1, 20, 35, 42, 44, 49, исполнительные поверхности 45, 21, 36, основные конструкторские базы 26, 30, 60, 61, 63, 64, 65, 67.

Чертеж плана изготовления выведен в графической части работы. Маршрутная технология изготовления приведена в карте (приложение А, таблица А.1).

2.3 Выбор оборудования и технологической оснастки

«При выборе оборудования будем учитывать, что производительность, точность, габариты, станка должны быть достаточными для выполнения требований по производительности, точности, шероховатости и обеспечения точности обработки» [10], [22].

Информация по необходимому оборудованию и технологической оснастке приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Результаты выбора оборудования и технологической оснастки

№, наименование операции	СТО			
	Оборудование	Оснастка		
		Оснащение	Режущий инструмент	Средства контроля
000. заготовительная	литьевая установка	металлические формы		шаблон
010. агрегатная	фрезерно- расточной FC400P"Комп уст"	приспособлен ие специальное	«фреза Р6М5, сверло Р6М5, зенкер- развертка Р6М5, резец расточной Т15К6» [10]	«штангенциркуль ШЦ-1 0-125-0.05, нутрометр микрометрический "Tesa"10-12» [10]
020. агрегатная	«центр фрезерный с ЧПУ ИС500ПМ1Ф4 » [10]	«приспособле ние специальное» [10]	«фреза Р6М5, сверло Р6М5, метчик Р6М5, зенкер-развертка Р6М5, резец расточной ВК6, оправка расточная, цанга» [10]	«штангенциркуль ШЦ-1 0-125-0.05, нутрометр микрометрический "Tesa"10-12, пробка резьбовая» [10]
030. агрегатная	«центр фрезерный с ЧПУ ИС500ПМ1Ф4 » [10]	«приспособле ние специальное» [10]	«фреза Р6М5, сверло Р6М5, резец расточной ВК6, цанга» [10]	«штангенциркуль ШЦ-1 0-125-0.05, нутрометр микрометрический "Tesa"10-12» [10]
040. агрегатная	«центр фрезерный с ЧПУ ИС500ПМ1Ф4 » [10]	«приспособле ние специальное» [10]	«фреза Р6М5, сверло Р6М5, метчик Р6М5, зенкер-развертка Р6М5, резец ВК6, оправка расточная, цанга» [10]	«штангенциркуль ШЦ-1 0-125-0.05, нутрометр микрометрический "Tesa"10-12, пробка резьбовая» [10]
050. агрегатная	«центр фрезерный с ЧПУ ИС500ПМ1Ф4 » [10]	«приспособле ние специальное» [10]	«фреза Р6М5, сверло Р6М5, метчик Р6М5, зенкер-развертка Р6М5, резец ВК6, оправка расточная, цанга» [10]	«штангенциркуль ШЦ-1 0-125-0.05, нутрометр микрометрический "Tesa"10-12, пробка резьбовая» [10]

«При выборе средств контроля необходимо помнить, что точность измерительного инструмента принимается выше на порядок к точности размера подлежащего контролю» [3], [22].

Также данные таблицы 2 сформированы в карте маршрутной и пооперационной технологии (приложение А).

2.4 Проектирование операций технологического процесса

«На данном этапе выполняем проектирование операций технологического процесса. Точность поверхностей перед обработкой по 12 качеству и шероховатость $Rz = 40$ мкм. Заготовка проходит лезвийную обработку на всех операциях, поверхности необходимо обработать с необходимой точностью размеров и взаимного расположения согласно требованиям чертежа» [3], [25].

С учетом содержания операций производим расчет согласно [16], определяется глубина припуска на обработку. «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 материала;

K_2 – коэффициент, зависящий от характеристик материала;

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

«Далее по полученной расчетной скорости резания, определяется частота вращения шпинделя по формуле» [16]:

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

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

«Полученное значение частоты вращения корректирует скорость резания, которую и принимаем за фактическую» [16].

«Определяем операционное время, согласно методике расчетно-аналитического метода» [20]. «Рассчитывается длина рабочего хода инструмента на всю операцию по формуле:

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

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].

«Режимы резания и нормирование технологических операций выполняются для каждой операции механической обработки технологического процесса приведены в графической части работы, с учетом технических возможностей и конструктивных особенностей применяемого оборудования, технологической оснастки и режущего инструмента» [20].

«В ходе работы над разделом произведен выбор и проектирование заготовки, разработан план изготовления детали, произведен выбор оборудования и технологической оснастки, спроектированы операции технологического процесса» [1], результаты сведены в (Приложение А).

3 Разработка специальной технологической оснастки

3.1 Разработка станочного приспособления

«Станочное приспособление предназначено для операции 020. В базовом варианте одним из недостатков является ненадежное закрепление заготовки» [17]. При передаче рабочего усилия зажима механизированного приспособления силы направлены во внутрь полости корпуса, как на показано рисунке 2. Для сокращения потерь вследствие применения сжатой газовой среды и обеспечения более компактного расположения узлов и элементов привода на корпусе приспособления и в рабочей зоне станка, выбираем тип привода гидравлический, и на основе анализа операционного эскиза выполним расчет сил зажима, согласно [9], [26].

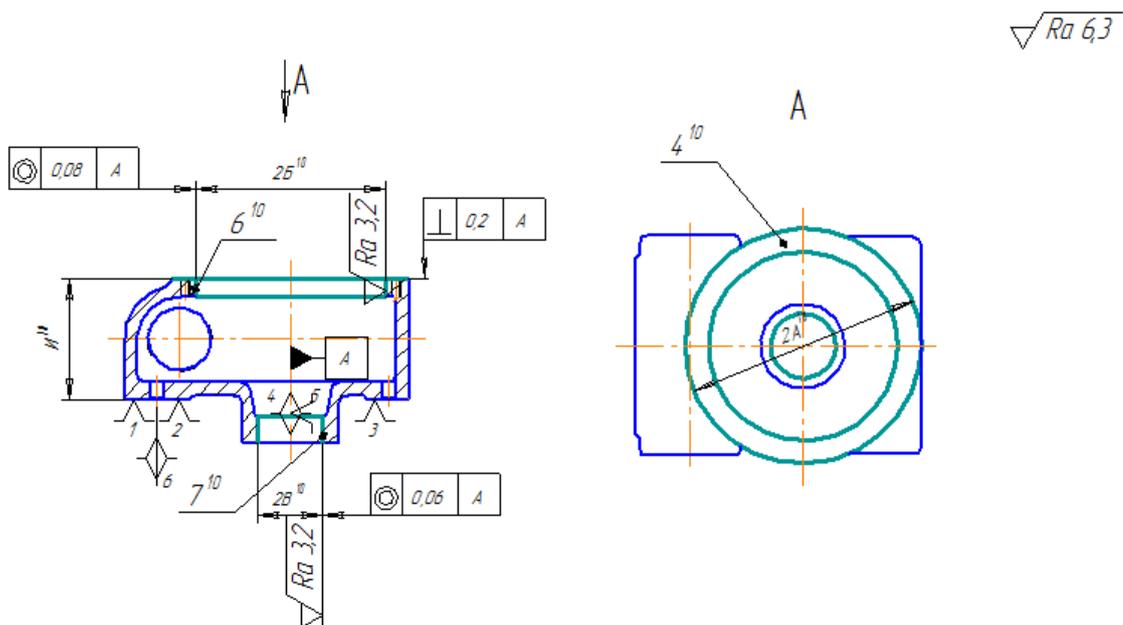


Рисунок 2 – Эскиз операции

«Как видно на рисунке 2, длина детали соответствует условию равновесия. Согласно чертежу, значение отношения предельной величины длины к высоте детали меньше 2,5. Это значит, что расчетная схема выбрана верно» [20].

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

$$P_0 \cdot 0,030 + M_{кр} = R \cdot 0,052 + R \cdot 0,005, \quad (19)$$

где P_0 – сила резания, Н;

$M_{кр}$ – момент силы резания, Нм;

R – компенсирующая сила, Н.

Преобразовав выражение (16) определим зависимость для расчета компенсирующей сила R :

$$R = \frac{P_0 \cdot 0,030 + M_{кр}}{0,057}, \quad (20)$$

Данная схема действия осевой силы и крутящего момента выбрана с учетом максимального значения как силы, так и момента» [9]. Выполним расчеты.

$P_0 = 696,6$ Н; момент: $M_{кр} = 48,6$ Нм.

Тогда значение силы будет равно:

$$R = \frac{696,6 \cdot 0,030 + 48,6}{0,057} = 1219,3 \text{ Н.}$$

Далее рассчитываем усилие зажима:

$$Q = 1219,3 \cdot 2,51 = 3060 \text{ Н.}$$

Принимаем расчётное усилие зажима равным $Q = 3110$ Н.

«Для обеспечения зажимающего усилия принимаем эксцентрик $\varnothing 28$ мм с эксцентриситетом 2 мм, при котором выполняется условие самоторможения:

$$\frac{D}{l} \geq 14, \quad (21)$$

где D – диаметр эксцентрика, мм;

l – длина эксцентрика, мм» [9].

«Момент, необходимый для поворота эксцентрика определяется по формуле:

$$M = Q \cdot [tg(\alpha + \varphi_1) + tg\varphi_2] \cdot (R + l), \quad (22)$$

где Q – требуемое усилие зажима, Н;

$\alpha = 5^\circ 43'$ - угол наклона силы Q ;

φ_1 – угол трения между эксцентриком и контактирующей деталью;

φ_2 – угол трения в оси эксцентрика;

l – эксцентриситет, мм;

R – радиус эксцентрика, мм» [9].

$$M = 3100 [tg(5^\circ 43' + 9^\circ 5') + tg 9^\circ 5'] \cdot (14 + 2) = 20,8 \text{ Нм.}$$

«Далее рассчитываем погрешность установки заготовки в приспособлении, используя формулу:

$$\varepsilon_y = \sqrt{\varepsilon_0^2 + \varepsilon_3^2 + \varepsilon_{н.з.}} \quad (23)$$

где ε_0 – погрешность базирования приспособления, мм;

ε_3 – погрешность установки заготовки в приспособлении, мм;

$\varepsilon_{н.з.}$ – погрешность закрепления и положения заготовки, мм» [9].

«В целом, погрешность в установке приспособления можно определить с помощью схемы, показанной на рисунке 2:

$$\varepsilon_0 = TD + S_{min} + Td, \quad (24)$$

TD – допуск базового отверстия, мм;

S_{min} – минимальный зазор в сопряжении, мм;

Td – допуск установочного элемента, мм» [9].

«При расчете мы учитываем, что на расположение детали влияет допуск базового отверстия, минимальный зазор в соединении посадки установочного пальца и втулки, а также допуск установочного элемента приспособления, рисунок 2, $\varepsilon_3 = \varepsilon_{н.з.} = 0$.

$$\varepsilon_6 = 0,043 + 0,006 + 0,011 = 0,06 \text{ мм} \text{» [9].}$$

Таким образом, величина погрешности установки спроектированного приспособления составит:

$$\varepsilon_y = \sqrt{0,06^2 + 0^2} + 0 = 0,06 \text{ мм.}$$

«Погрешность данного приспособления меньше минимального припуска на чистовую обработку, равного 0,096 мм» [23]. «Делаем вывод о выполнении условия по точности обработки детали с применением приспособления» [24].

«Спроектированное приспособление состоит из корпуса 7, на котором смонтирована зажимной механизм. Фиксация заготовки осуществляется с помощью двух прихватов 15 и 16. Они соединены с траверсой 19 нежесткой связью, что позволяет им поворачиваться вокруг своей оси.

Работа механизма происходит следующим образом. При движении траверсы штифт 22, закрепленный в нижней части тяги прихватов, перемещается по пазу в траверсе, сообщая вращательное движение всей системе прихватов. Поступательное движение траверсе передается через пару "вал-палец" 1 и 10. На валу выполнена спиральная прорезь, переходящая в прямую канавку. При вращении вала головка пальца следует по этой спиральной канавке, в то время как ножка пальца, закрепленная в траверсе, обеспечивает ее перемещение. Одновременно эксцентричная часть вала (с

смещением 2 мм) воздействует на траверсу, заставляя ее опускаться вниз вместе с прихватами, что и обеспечивает надежный зажим заготовки» [9].

Полный цикл зажима осуществляется за 180 градусный поворот рычага 18. Такая конструкция обеспечивает плавное и синхронное движение всех элементов зажимного механизма приспособления, а следовательно и рациональное распределение усилия зажима, что и было необходимо обеспечить для того чтобы исключить силовые деформации тонкостенной детали при зажиме в приспособлении.

В данном разделе спроектирована конструкция станочного приспособления для механизации закрепления заготовки. Спроектированная конструкция соответствует требованиям по точности, чертеж приведен в графической части работы.

3.2 Разработка режущего инструмента

«Расчет режущего инструмента будем производить для механической обработки на токарных и расточных операциях лимитирующих операций 015 и 020 Агрегатная и необходимости спроектировать конструкцию режущего инструмента сборного для выполнения расточки двух соосных отверстий диаметром $\varnothing 62+0,036\text{мм}$, $\varnothing 59,8+0,052\text{мм}$, оснащенный сменной многогранной пластиной» [17].

Для обеспечения высокой точности и производительности, обработку будем выполнять ступенчатым сверлом. Режущий инструмент данного типа позволяет совместить две технологические операции в одну. Вместо того чтобы сначала сверлить, а затем отдельно снимать фаску, ступенчатое сверло делает это одновременно. Такой подход исключает возможную погрешность и обеспечивает высокую соосность отверстия и фаски, что является необходимым техническим требованием для обработки качественной резьбы. Схема расположения режущих кромок ступенчатого сверла представлена на рисунке 3.

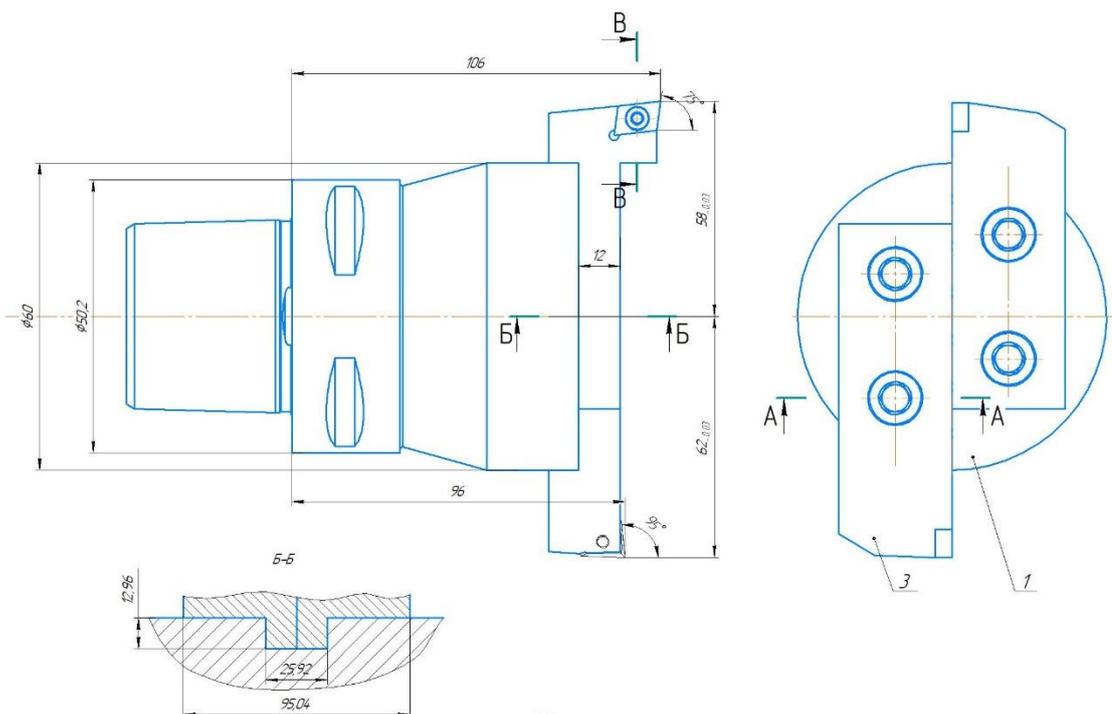


Рисунок 3 – Геометрия проектируемого инструмента

«Для проектирования инструмента использовались рассчитанные режимы резания. Поскольку обрабатывается два диаметра одновременно одним сверлом за один проход, все параметры (подача, скорость, глубина) для этой комбинированной операции приведены в совмещенной таблице 3» [22].

Таблица 3 - Режимы резания при обработке ступенчатого отверстия

«Обрабатываемый диаметр, мм» [17]	$\varnothing 62^{+0,036}$	$\varnothing 59,8^{+0,052}$
«точность обработки (квалитет)» [17]	9	9
«глубина резания, мм» [17]	0,5	0,58
«длина резания, мм» [17]	3	19,5
«подача, мм/об» [17]	0,147	0,147
«скорость резания, м/мин» [17]	18,8	48,9
«частота вращения, мин ⁻¹ » [17]	800	800
«осевая сила, Н» [17]	34,1	39,6

Как видно из таблицы, при «одинаковых значениях подачи и частоты вращения (т.е. при одновременной обработке двух отверстий) наибольшая нагрузка (39,6 Н) и крутящий момент (3,47 Нм) возникают при обработке отверстия $\varnothing 62^{+0,052}$ мм. Именно по этому размеру целесообразно провести расчет и его результаты скорректировать для отверстия $\varnothing 59,8^{+0,036}$ мм» [17].

«Минимальный диаметр отверстия:

$$D_{min} = 58,502 \text{ мм.}$$

Максимальный диаметр отверстия:

$$D_{max} = 62,048 \text{ мм.}$$

Для получения обрабатываемого отверстия размеров $\varnothing 58,45^{+0,052}$ мм необходимо использовать инструмент с размером, равным минимальному диаметру отверстия плюс половина допуска на этот диаметр» [17]:

$$\langle D_{инстр} = D \frac{TD}{2 \text{ min}}, \quad (25)$$

где TD – допуск на обрабатываемый размер, мм» [17].

$$D_{инстр} = 59,450 + \frac{0,052}{2} = 59,476 \text{ мм;}$$

$$D_{инстр} = 59,476 \text{ мм.}$$

«Обрабатываемое отверстие обрабатывается по 9 качеству, тогда допуск на исполнительный размер инструмента целесообразно принять по 7 качеству. Таким образом принимаем размер инструмента: $\varnothing 59,476_{-0,021}$ мм» [17].

«Согласно (25) для получения обрабатываемого отверстия размером $\varnothing 62^{+0,036}$ мм необходимо использовать инструмент с размерами:

$$D_{инстр} = 62,306 \text{ мм;}$$

$$D_{инстр} = 62,518 \text{ мм} \rangle [17]$$

При обработке «рекомендуется в качестве материала режущей части (при окончательной обработке) использовать твердый сплав Т15К6» [17]. Это «полностью исключает образование наклепа при обработке» [17] отверстий корпусных деталей.

«Корпусную часть инструмента целесообразно выполнить в виде цельного корпуса» [17], с фасонной заточной на корпус инструмента, что существенно снизит его себестоимость инструмента. «Хвостовик сверла – конический» [17].

«Расчетный диаметр для определения номера конуса Морзе вычисляется по формуле» [17]:

$$d = \frac{6\mu_{cp} \cdot \sin \theta}{\mu \cdot P_0(1 - 0,04\Delta\theta)}, \quad (26)$$

где μ_{cp} – момент сопротивления силам резания, Нм;

θ - угол, характеризующий конусность;

μ – коэффициент трения;

P_0 – осевая сила, Н;

$\Delta\theta$ - допуск на угол θ » [17].

$$d = \frac{6 \cdot 3,47 \cdot \sin 1^\circ 30'}{0,1 \cdot 39,6(1 - 0,04 \cdot 5)} \approx 17,9 \text{ мм.}$$

«Согласно ГОСТ 25557 – 82 принимаем конус Морзе №2» [12].

«Для обработки разных материалов требуются пластины с различными геометрическими параметрами. Например, для твердых материалов лучше использовать резцы с большими углами резания, а для мягких – с меньшими. Также важно правильно подбирать материал пластины и обеспечивать эффективное охлаждение, чтобы продлить срок службы инструмента и улучшить качество обработки» [3].

«Одним из путей повышения периода работоспособности инструмента до его полного износа является использование современных покрытий (например, TiN или TiAlN) для повышения износостойкости режущих пластин. Это потребует для конструкции проектируемого инструмента внедрение систем автоматической замены пластин для сокращения времени переустановки пластин, а также внедрения регулярного контроля геометрических параметров резца для поддержания точности обработки на протяжении всего процесса изготовления ступицы» [3].

«Здесь необходимо отметить, что данный функционал присутствует в современных системах числового управления и программного управления современного автоматизированного станочного оборудования. Например, такие системы ЧПУ как Фанук серии i0, Сименс 800 и другие» [12].

«Правильный выбор углов λ и φ позволяет значительно повысить эффективность обработки и продлить срок службы инструмента, принимаем $\varphi = 90^\circ$

Вспомогательный угол в плане φ_1 при жесткой технологической системе принимаем в пределах $\varphi_1 = 10...15^\circ$, при нежесткой системе - $\varphi_1 = 20...30^\circ$, а при обработке с врезанием $\varphi_1 = 30...45^\circ$. Выберем $\varphi_1 = 30^\circ$,» [12].

«Переходную режущую кромку выполняют по радиусу или в виде фаски под углом $\varphi_0 = \varphi/2$ и длиной $f = 0,5...3,0\text{мм}$ в зависимости от размеров резца. Задний угол на переходной кромке $\alpha_0 = \alpha$. Выберем $f = 2,0\text{мм}$ » [10].

«Главный передний угол γ уменьшает излом стружки, оказывает влияние на величину и направление сил резания, прочность режущей кромки, стойкость резца и качество обрабатываемой поверхности. Выберем $\gamma = 12^\circ$.

Главный задний угол α выбираем в зависимости от используемого материала. Выберем $\alpha = 5^\circ$ » [10].

«Вспомогательный задний угол α_1 принимаем равным главному заднему углу: $\alpha_1 = \alpha = 5^\circ$ » [10].

«Значение радиуса вершины резцовой пластины влияет на ее работу, аналогично, как и угол наклона. Увеличение радиуса - улучшается качество обработки и срок долговечности пластины. Рекомендуемые радиусы вершин резцов приведены в таблице 7» [10]. Выбираем 2 мм.

«По полученным данным для державки сборного проходного резца, оснащенного сменной многогранной пластины из нитрида титана, криволинейной формы и с нанесением покрытия на передней поверхности и керамики, с радиусов скругления при вершине пластины $\rho = 0,5\text{мм}$ выбираем следующие геометрические параметры:

– угол наклона главной режущей кромки $\lambda=0$, главный угол в плане $\varphi = 90^{\circ}$;

– вспомогательный угол в плане $\varphi_1 = 30^{\circ}$;

Соответственно $\alpha_0 = \alpha = 5^{\circ}$ и $f = 2,0\text{мм}$, главный передний угол $\gamma = 12^{\circ}$, главный задний угол $\alpha = 5^{\circ}$, вспомогательный задний угол $\alpha_1 = \alpha = 5^{\circ}$, радиус вершины резца 2 мм, радиус скругления главной режущей кромки $\rho = 10\text{мм}$, ленточка передней поверхности лезвия $f = 0,2\text{мм}$ » [10].

«Используя геометрические параметры выполним расчеты геометрии сборного инструмента, для его настройки в станке с ЧПУ.

Угол при вершине пластины $\varepsilon = 60^{\circ}$. Тангенс этого угла будет равен:

$$\text{tg}\beta = \frac{\text{tg}\alpha_1 \sin \varepsilon}{\text{tg}\alpha_1 + \text{tg}\alpha \cos \varepsilon} = \frac{\text{tg}5 \sin 60}{\text{tg}5 + \text{tg}5 \cos 60} = 0,57$$

Угол $\beta=30^{\circ}$

Угол μ рассчитываем по формуле 27:

$$\text{tg}\mu = \frac{\text{tg}\alpha}{\sin \beta} = \frac{\text{tg}5}{\sin 35} \quad (27)$$

$$\text{tg}\mu = \frac{\text{tg}\alpha}{\sin \beta} = \frac{\text{tg}5}{\sin 35} = 0.174 \quad \mu=10 \text{ градусов} \text{» [10].}$$

«Определенные углы μ и β необходимы для фрезерования паза под пластину в корпусе расточной оправки. Для обработки паза корпус державки закрепляют в поворотных тисках и поворачивают в горизонтальной плоскости на угол ψ , а в вертикальной на угол μ , рисунок 4» [10].

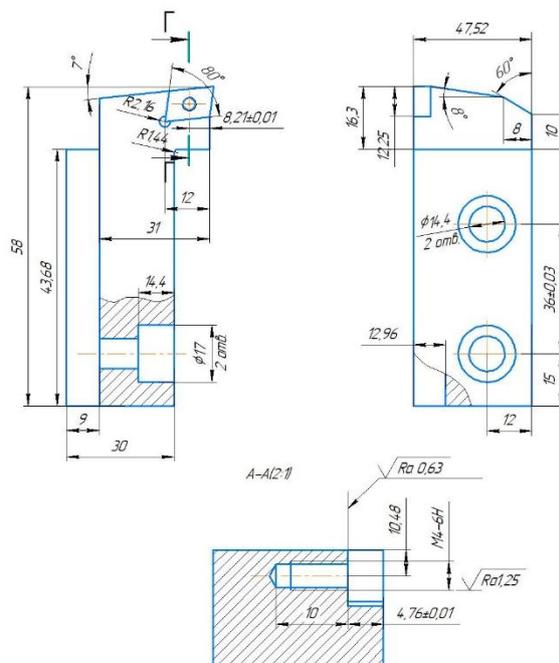


Рисунок 4 – Геометрия резца применяемая при сборке оправки

«В результате применения оправки обеспечивается оптимальное распределение углов на режущей части, возможно задание на каждой режущей кромке нескольких значений углов α и ϕ ». [17]. «Преимущества данной конструкции оправки позволяют повысить точность и качество обработки» [17]. Чертеж оправки со всеми расчетными параметрами и техническими характеристиками приведен в графической части работы.

Таким образом, можно сделать положительное заключение о достижении целей и задач работы при выполнении данного раздела.

4 Безопасность и экологичность технического объекта

4.1 Конструктивно-технологическая характеристика объекта

«Раздел посвящен анализу безопасности и экологичности технологического процесса изготовления корпуса» [6] раздаточного редуктора Лада Нива Спорт. В ходе проектирования были выявлены лимитирующие операции технологического процесса. Это агрегатные операции, содержащие переходы растачивания и сверления основных конструкторских баз корпуса. При выполнении этих операций наиболее вероятно возникновение опасных и вредных факторов.

Таким образом, в данном разделе проанализируем конструктивные и технологические особенности процесса изготовления, чтобы выявить опасные и вредные факторы, угрожающие безопасности персонала и состоянию окружающей среды. На основе этого анализа будут предложены конкретные меры и технические мероприятия, призванные минимизировать негативное воздействие производства на окружающую среду.

4.2 Идентификация профессиональных рисков и средств по обеспечению безопасности технического объекта

«В таблице 4, выполнен анализ рисков, каждая операция технологического процесса связана с определенными профессиональными рисками. Совокупность этих рисков формирует набор конкретных опасных и вредных факторов на производстве» [6].

Результат анализа приведен в таблицах 4, 5 как и информация об источниках пожарной безопасности, и предназначенных для устранения угрозы пожара средствах.

Таблица 4 - Идентификация классов и опасных факторов пожара

«Первичные средства пожаротушения» [6]	«Мобильные средства пожаротушения» [6]	«Стационарные установки системы пожаротушения» [6]	оборудование	инструмент	Средства индивидуальной защиты	Пожарные сигнализация, связь, оповещение
огнетушители, ящики с песком, ведра	автомобили, передвижные огнетушители	система пожаротушения автоматическая	рукава, гидранты	ведра, лопаты	противогазы, спецодежда, пожарный щит	звуковые автоматические оповещатели

«Задача служб безопасности или соответствующих сотрудников заключается в создании механизмов контроля за потенциальными угрозами производственной безопасности и рисками, их порождаемыми в виде мероприятий инструктажа персонала, задействованном на производстве» [6].

Таблица 5 - Средства по обеспечению пожарной безопасности

«Наименование технологического процесса» [6]	«Наименование видов реализуемых организационных мероприятий» [6]	«Предъявляемые нормативные требования по обеспечению пожарной безопасности» [6]
«технологический процесс изготовления корпуса» [6]	«разработка и реализация приказов и распоряжений в части организации проведения работы по обеспечению пожарной безопасности объекта, а также разработку инструкций о мерах пожарной безопасности и действиях при возникновении пожара; обучение работников объекта мерам пожарной безопасности; применение средств наглядной агитации по обеспечению пожарной безопасности» [6]	«пожарные инструктажи, наличие пожарной сигнализации, автоматической системы пожаротушения, первичных средств пожаротушения» [6]

«В рамках организационного направления определены мероприятия предварительного контроля, которые включают утверждение и внедрение в

практику деятельности соответствующих сотрудников и подразделений производственного участка» [6].

4.3 Обеспечение экологической безопасности технического объекта

Текущие мероприятия должны предусматривать «сооружение или установление специальных предохраняющих сооружений и приборов (например, молниеотводов (громоотводов), противопожарной сигнализации)» [6]. Результаты анализа приведены в таблицах 6 и 7.

Таблица 6 - Определение экологически опасных факторов объекта

«Технологический процесс» [6]	«Структурные элементы техпроцесса» [6]	Опасное воздействие на атмосферу	Опасное воздействие на гидросферу	Опасное воздействие на литосферу
изготовление корпуса	фрезерный центр FC400P"Компист фрезерный центр ИС500ПМ1Ф4	стружка, пыль, токсические испарения	стружка, пыль, технические жидкости, растворы	стружка, пыль, технические жидкости, растворы, ветошь

«Разработаем мероприятия для снижения антропогенного из воздействия на предприятии. Рекомендации приведены в таблице 19» [6].

Таблица 7 - Разработанные мероприятия для снижения антропогенного негативного воздействия

«воздействие» [6]	«Технологический процесс изготовления корпуса» [6]
«на атмосферу» [6]	«фильтрационные системы для системы вентиляции участка» [6]
«на гидросферу» [6]	«локальная многоступенчатая очистка сточных вод» [6]
«на литосферу» [6]	«разделение, сортировка, утилизация на полигонах отходов» [6]

«На основе анализа исходных данных было проведено исследование технологического процесса изготовления корпуса. В ходе работы мы детально рассмотрели ключевые операции спроектированной технологии.

Отдельное внимание уделено экологически опасным факторам. Разработан комплекс мероприятий, направленных на снижение вредного воздействия на окружающую среду и минимизацию рисков для здоровья персонала.

Таким образом, предлагаемые меры позволяют исключить на рабочих местах риски несанкционированного или неуправляемого выхода энергии, накопленной в технологическом оборудовании, инструментах, материалах и других компонентах производственного процесса непосредственно самих работающих, или во внешнюю относительно людей технику и среду» [6].

Таким образом, можно заключить, что достигнуты все поставленные в данном разделе цели.

5 Экономическая эффективность работы

Основные решения в конструкторской части касались изменения режущего инструмента для операции 020 Агрегатная и технологического оснащения станочного оборудования, используемого для этой операции.

Изменения в технологических переходах снизили трудоемкость изготовления детали. Это показывает, что изменения были технологически эффективными по сравнению с базовым вариантом. Однако, чтобы подтвердить это, нужно выполнить экономический анализ. «Анализ будет выполнен в разделе 5 бакалаврской работы» [12].

«Далее представлены основные результаты проведенных расчетов. На рисунке 5, показаны величины, из которых складываются капитальные вложения, которые составят 1878607,3 рублей» [12].

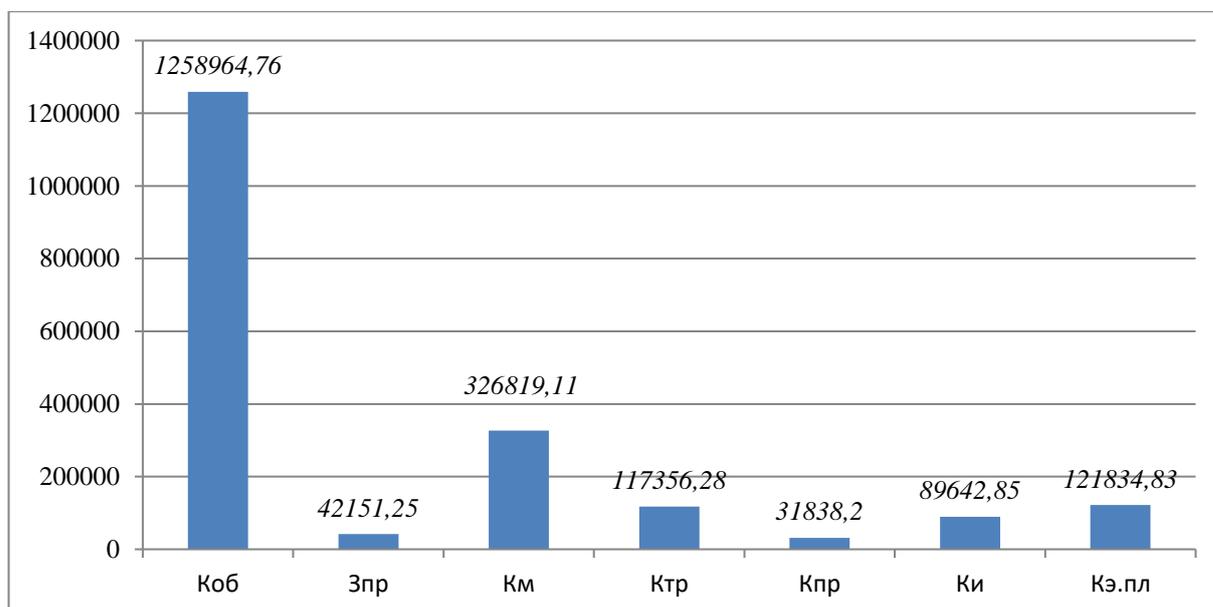


Рисунок 5 – Величина затрат, входящих в капитальные вложения, предложенного проекта, руб.

На рисунке 5, показано, что «самыми капиталоемкими затратами являются затраты с основное технологическое оборудование (K_{OB}), величина которых составляет 75,85 %, Все остальные затраты находятся в объеме менее

12 % от общей величины капитальных вложений» [12].

«На рисунке 6 представлены параметры, из которых складывается технологическая себестоимость детали, по двум сравниваемым вариантам технологического процесса» [12].

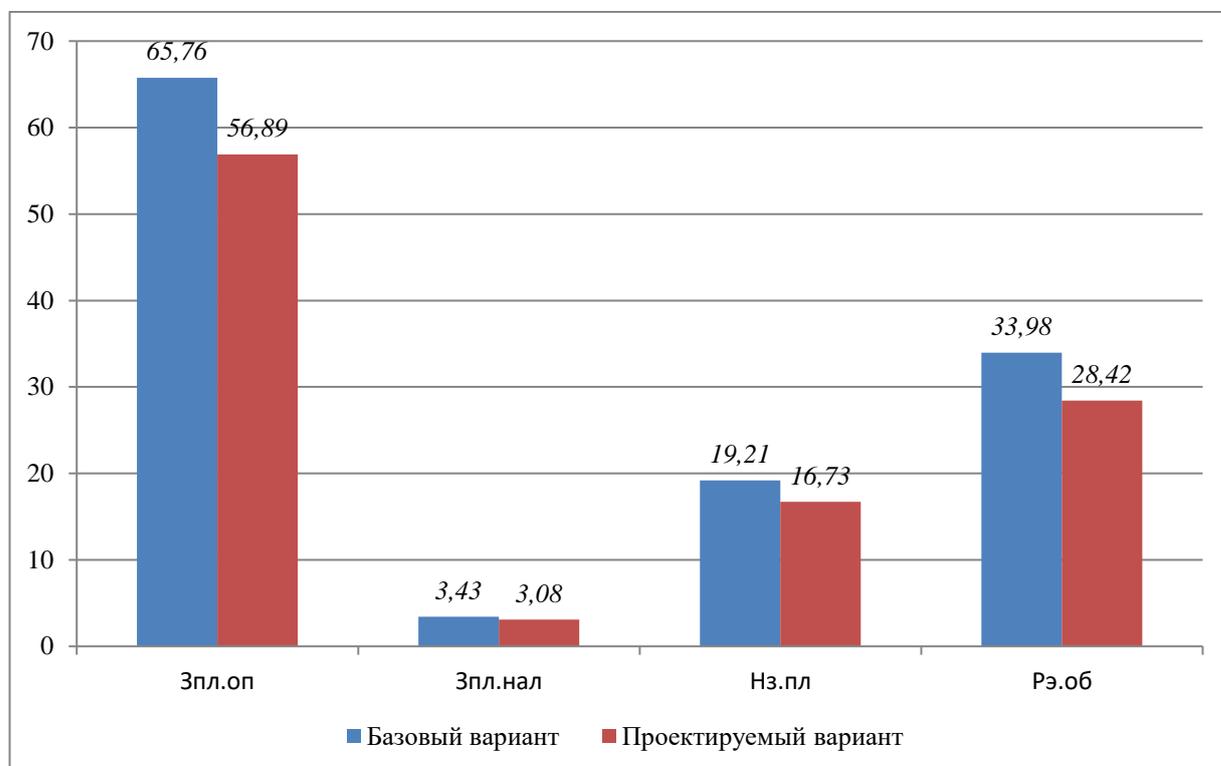


Рисунок 6 – Слагаемые технологической себестоимости изготовления детали, по вариантам, руб.

«Анализируя диаграмму на рисунке 6, видно, что две величины имеют максимальные доли в общей величине технологической себестоимости. Первая это заработная плата оператора (*Зпл.оп*), необходимая на оплату труда рабочих операторов, занятых на перечисленных выше операциях, доля которой составляет 55,65 % для базового варианта и 54,28 % для проектируемого варианта, в размере технологической себестоимости» [12]. «Вторая это расходы на содержание и эксплуатацию оборудования, с объемом величины 34,31 % для базового варианта и 33,54 % для проектируемого варианта, от всего значения технологической себестоимости» [12].

«Данные параметры позволили сформировать значение полной

себестоимости. Результаты калькуляции себестоимости обработки детали по операциям технологического процесса, представлены на рисунке 7» [12].

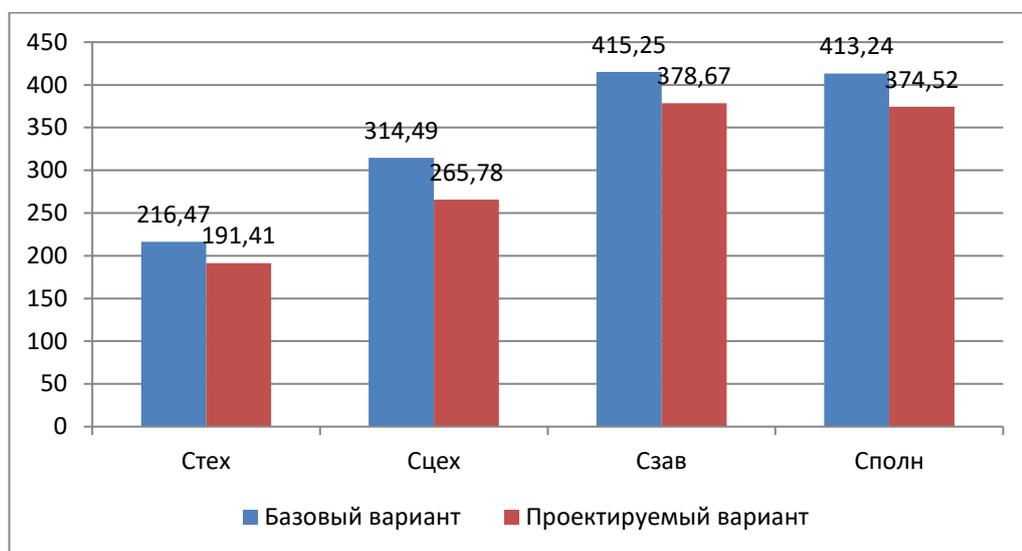


Рисунок 7 – Калькуляция себестоимости, по вариантам технологического процесса, руб.

«Согласно рисунку 7, значение полной себестоимости ($C_{полн}$) для базового варианта составило 413,24 рубля, а для проектируемого варианта – 374,52 рубля» [12].

«Дальнейшие расчеты показали, что капитальные вложения, в размере 1878607,3 рублей, окупятся в течение 4-х лет. Такой срок является максимально допустимым для совершенствования технологического процесса. Проанализируем такой экономический параметр как интегральный экономический эффект или чистый дисконтируемый доход. Величина данного показателя составляет 387389,63 рубля, что доказывает эффективность предложенных мероприятий» [12]. Значит, на каждый вложенный рубль будет получен доход 1,28 рублей.

Заключение

В работе выполнен расчет и проектирование технологического процесса и оборудования для изготовления детали.

Машиностроение является основой производственной и промышленной отраслей, обеспечивая создание машин и механизмов для выпуска средств производства. Как наиболее активная часть основных производственных фондов, машины и оборудование определяют темпы научно-технического прогресса и направления развития таких комплексов, как топливно-энергетический, транспортный, строительный, логистический и нефтехимический.

На машиностроительные предприятия приходится значительный объем всей промышленной продукции страны, в этой отрасли занято большое количество промышленно-производственных фондов и персонала.

В этой связи в первом разделе анализируется назначение детали, ее условия эксплуатации и характеристики производства. Задачи работы определены как создание технологии производства детали. Проектируется заготовка и план изготовления. Выбирается оборудование и инструменты. Анализируются показатели проектных операций по сравнению с типовой технологией. Обнаружены недостатки, снижающие эффективность процесса. В качестве решения разработаны технологические инструменты для растачивания отверстий.

Одним из последних этапов работы является проверка безопасности и экологичности процесса изготовления. Анализируется технико-экономическая эффективность выбранного варианта. В результате получены количественные и качественные показатели, подтверждающие эффективность процесса.

В результате можно сделать положительное заключение о достижении цели работы по разработке технологии изготовления корпуса редуктора в условиях среднесерийного производства..

Список используемых источников

1. Горяинов, Д. С. Разработка технологии изготовления и программирование обработки на станках с ЧПУ и ОЦ : учебное пособие для СПО / Д. С. Горяинов, Ю. И. Кургузов, Н. В. Носов. — Саратов : Профобразование, 2022. — 105 с. — ISBN 978-5-4488-1404-4. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/116290.html> (дата обращения: 18.10.2025).

2. Батршина, Г. С. Проектирование 3D-моделей композиционных изделий в среде Компас-3D : учебно-методическое пособие / Г. С. Батршина. — Москва : Ай Пи Ар Медиа, 2022. — 102 с. — ISBN 978-5-4497-1592-0. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/119110.html> (дата обращения: 22.10.2025).

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: 12.09.2025).

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: 11.10.2025).

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: 12.10.2025).

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: 19.10.2025).

10. Каталог продукции «Инвест-станок». [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.investstanok.ru> (дата обращения: 05.10.2025).

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: 16.09.2025).

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: 12.10.2025).

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: 18.10.2025).

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: 19.10.2025).

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: 09.10.2025).

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: 23.10.2025).

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: 16.10.2025).

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: 07.10.2025).

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: 26.10.2025).

25. Химический состав и физико-механические свойства стали 40X [Электронный ресурс]. – URL: http://metallicheckiy-portal.ru/marki_metallov/stk/40X (дата обращения: 06.10.2025).

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: 23.09.2025).

Продолжение Приложения А

Продолжение таблицы А.1

Материал		Твердость	МЗ	МД	СОЖ	
□		□	□	□	□	
□		□	□	□	□	
□		□	□	□	□	
□		НВ 200±30	14,5	1	Эмульсия: 4-5% Укислитель: 1%	
Наименование оборудования				Код обозн. оборудования		
Двухшпиндельный горизонтально-расточной станок 26202ВФ				381884		
Время расчетное					Обозначение	
T _м	T _в	T _{бл}	T _{сум}	кол. дет. за цикл	T _{шт}	Произв.
□	□	□	0,27	□	0,49	□

расточивать: 17, 20 в размер 3, 4, 5, 6

□
□
□
□
□

