

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 червячного редуктора

Обучающийся

А.С. Гончаров

(Инициалы Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

канд. техн. наук, доцент Д.Г. Левашкин

(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. физ.-мат. наук, доцент Д.А. Романов

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

Тольятти 2024

Аннотация

Цель данной выпускной квалификационной работы заключается в разработке технологического процесса производства корпуса червячного редуктора, что обеспечит выполнение годовой программы по выпуску, соответственно всем техническим требованиям производства.

В работе учтены достижения в области моделирования процессов производства, что позволило выполнить в первом разделе анализ по многочисленным разработкам в области технологии изготовления корпусных деталей и ее приложений, включая решение для линейных производственных систем, что часто встречается в научных исследованиях, например, при решении задач в управления производственных процессов. Анализ показал важность оптимизации производственных процессов изготовления корпусных деталей. Во втором разделе представлена технология изготовления детали, основанная на типовом процессе, где был выбран технологический маршрут, план изготовления и спроектирована заготовка, подобрано необходимое оборудование и технологическая оснастка. Анализ выявил неэффективные технические операции, что привело к разработке механизированного приспособления для установки заготовок на и специального инструмента для расточной операции.

Завершает работу оценка предложенной технологии с точки зрения безопасности и экологичности, а также разработка мероприятий для минимизации негативных воздействий. Важно отметить, что при разработке мероприятий также рассматривается вопрос энергопотребления, что способствует созданию экологически чистых производств.

В пятом разделе представлена комплексная оценка экономических показателей разработанной технологии, что позволяет сделать вывод о её эффективности.

Работа включает 60 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.....	7
1.3 Анализ типа производства	10
1.4 Задачи работы.....	11
2 Разработка технологии изготовления	13
2.1 Обоснование выбора и разработка заготовки	13
2.2 Разработка плана изготовления детали.....	21
2.3 Выбор оборудования и технологической оснастки.....	24
2.4 Проектирование операций технологического процесса	27
3 Разработка специальной технологической оснастки	32
3.1 Разработка токарного патрона	32
3.2 Разработка зубострогального резца	38
4 Безопасность и экологичность технического объекта	42
4.1 Конструктивно-технологическая и организационно-техническая характеристики рассматриваемого технического объекта	42
4.2 Идентификация профессиональных рисков.....	43
4.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков.....	45
5 Экономическая эффективность работы	48
Заключение	52
Список используемых источников.....	53
Приложение А Технологическая документация.....	57
Приложение Б Спецификации к сборочным чертежам	63

Введение

В настоящее время в области машиностроительного производства механическая обработка представляет значительную долю в общей структуре трудозатрат, достигая, порой, пятидесяти процентов. Это факт подчеркивает важность эффективности процессов механической обработки, поскольку от этих процессов зависит не только качество продукции, но также и оперативность её создания, включая себестоимость, которая в конечном итоге влияет на конкурентоспособность предприятия.

Одним из наиболее перспективных направлений для увеличения производительности механической обработки, а также сокращения связанных с ней затрат, является внедрение оборудования, оснащённого системами числового программного управления (ЧПУ). Эти системы позволяют значительно повысить точность и качество обработки, а также оптимизировать время выполнения операций. В результате, обрабатывающие центры, оборудованные данными системами, становятся востребованными и находят широкое применение в современных производственных процессах.

В данной работе особое внимание уделяется технологии изготовления корпуса червячного редуктора. Разработка технологии и производство редукторов на основе червячной передачи ставит перед инженерами ряд задач, связанных с выбором оптимальных методов механической обработки, материалов и технологий, которые позволят обеспечить необходимую прочность и долговечность данной детали.

Рассмотрение отдельных операций, позволяет глубже понять весь цикл разработки и производства, что в конечном итоге приводит к улучшению качества продукции и повышению её стоимости на рынке. Следовательно, цель данной выпускной квалификационной работы заключается в разработке технологического процесса изготовления корпуса червячного редуктора обеспечивающего выпуск его годовой программы в соответствии всем техническим требованиям.

1 Определение задач работы на базе анализа исходных данных

1.1 Анализ функционального назначения детали и условий эксплуатации

Функциональное назначение корпуса червячного редуктора заключается в передачи крутящего момента от входного вала источника крутящего момента, редуцирование передаваемого усилия через передаточное отношение червячной передачи в редукторе и его передача на исполнительный механизм в виде момента вращения выходного вала. Ввиду большого передаточного отношения червячные редукторы широко применяются в различных отраслях, таких как машиностроение, строительство, сельское хозяйство и других. В данной работе будет рассмотрено служебное назначение корпуса червячного редуктора, его конструктивные параметры, технические требования, назначение, а также важные аспекты эксплуатации, выведенные на чертеж графической части.

Корпус червячного редуктора выполняет несколько важных функций защиты внутренних компонентов от внешних воздействий, обеспечение жесткости и устойчивости конструкции, упрощение монтажа и демонтажа редуктора, функционирование системы смазки и охлаждения в редукторе.

Корпус червячного редуктора изготавливается из прочных материалов, таких как чугун или высокопрочная сталь, которые способны выдерживать высокие нагрузки и обеспечивают долговечность. Важные конструктивные признаки корпуса включают в себя наличие втулок и подшипников, обеспечивают опору и вращение валов, стенки корпуса обеспечивают защиту от загрязнений и механических повреждений, соединительные элементы обеспечивают возможность крепления редуктора к другим машинам или механизмам, и доступ для обслуживания через специальные отверстия для заливки масла, вентиляции и контроля состояния внутреннего механизма.

Анализ конструктивных характеристик корпуса червячного редуктора проведем исходя из требований к нагрузке, условиям эксплуатации и предполагаемому режиму эксплуатации редуктора [1].

Параметры корпуса червячного редуктора можно разделить на несколько ключевых аспектов. Корпус обеспечивает жесткость конструкции, что является критически важным для стабильной работы редуктора. Без жесткого корпуса редуктор может деформироваться под нагрузкой, что приведет к увеличению износа и сокращению срока службы. Также полость корпуса защищает внутренние компоненты редуктора от пыли, влаги и других загрязнений, которые могут негативно повлиять на работу механизма. Для этого корпус служит объемом для хранения масла, который необходим для снижения трения и нагрева во время работы редуктора. Призматическая форма корпуса и наличие специальных каналов для циркуляции масла способствует лучшему его распределению [2].

С точки зрения технологичности конструкция корпуса должна обеспечивать легкий доступ к внутренним элементам редуктора для обслуживания и замены деталей. В нашем случае деталь имеет съемные крышки и съемные элементы, упрощающие техническое обслуживание.

С учетом приведенного выше корпус должен быть изготовлен с учетом следующих условий эксплуатации, нормальная температура, нормальный уровень влажности помещения, температура смазочного материала не выше 35...55 градусов [4].

Как показал анализ технических условий эксплуатации редуктора важным аспектом его работы является тепловой баланс. Конструкция корпуса должна обеспечивать естественную конвекцию и, активное охлаждение, если это требуется условиями работы. Изготовленный корпус без учета данных параметров может привести к перегреву редуктора и ускоренному износу деталей, возникновению заклиниваний в процессе эксплуатации.

Следующим аспектом технологичности конструкции корпуса редуктора является фактор снижения вибрации при его работе. Необходимо минимизировать вибрации и шум, возникающие в процессе работы. Это особенно важно в случаях, когда редуктор установлен внутри рабочих помещений [3].

В нашем случае такие условия эксплуатации обеспечивает применение коробчатой конструкции корпуса правильной формы. Также это позволяет упростить технологию изготовления заготовок корпусов редуктора, а правильная геометрия корпуса, распределение масс и жесткость конструкции позволяют распределить внутренние напряжения, что, в свою очередь, повышает срок службы редуктора в сборе.

Для обеспечения долговечности и надежности работы червячного редуктора важно проводить регулярные проверки уровня смазки, ее качества и состояния. Неправильная смазка может привести к повреждению внутренних компонентов. Вести контроль температуры редуктора. Перегрев может сигнализировать о проблемах в системе смазки или лучшее охлаждение. Выполнять осмотр состояния подшипниковых опор.

Грамотное проектирование технологии изготовления корпуса и качественное исполнение условий эксплуатации напрямую влияют на долгосрочную работу редуктор. Анализ служебного назначения показал, что выбранная конструкция корпуса, его материалы и механическая обработка соответствуют области применения червячного редуктора в различных областях промышленной деятельности.

1.2 Анализ технологических показателей детали

«Показатели технологичности анализируемой детали будут определены с учетом рекомендаций, изложенных в источнике» [5]. «Материал считается технологичным, если он допускает применение различных методов для получения заготовки, обладает высокой обрабатываемостью при резании и

гарантирует выполнение заданных эксплуатационных свойств детали. Формирование этих характеристик во многом зависит от химического состава и механических свойств самого материала. Корпус детали имеет призматическую форму и изготавливается методом литья из чугуна марки СЧ15, согласно стандарту ГОСТ 1412-79» [5]. Этот материал отличается хорошей прочностью и устойчивостью к деформациям, что делает его оптимальным выбором для данной конструкции. Кроме того, важно учитывать, что правильный выбор материала не только влияет на технологичность, но и на долговечность изделия в целом. «Химический состав и механические свойства указаны в таблицах 1 и 2 соответственно. Корпус является основной деталью в приводе установки электрохимической обработки детали рычага автомобиля ЛАДА, на который после обработки монтируются отдельные сборочные узлы и детали подвески» [5].

Таблица 1 – Химический состав

Содержание элементов, %				
С	Si	Mn	S	P
2,2-3,7	1-3	0,2-1,1	0,02-0,15	0,02-0,3

Таблица 2 – Механические свойства

Предел текучести, МПа	Предел прочности при растяжении, МПа	Относительное сужение, %	Относительное удлинение после разрыва, %	Твердость по Бринеллю
150	155	-	-	165-168

«Согласно предоставленным данным, материал детали демонстрирует отличные характеристики обрабатываемости с использованием различных инструментальных материалов, что позволяет применять разнообразные методы получения заготовок. Наиболее предпочтительными являются методы штамповки, однако при использовании аналогичного материала с

улучшенными литейными свойствами также возможно применение литья, что расширяет возможности производства» [15].

«Другим важным аспектом технологичности конструкции детали является количество ответственных поверхностей, для обработки которых требуются высокоточные финишные операции. Для определения таких поверхностей необходимо классифицировать их по назначению согласно методологии. На рисунке 1 представлен эскиз детали, где основные ответственные конструкции включают базы 1, 2 и 3, в то время как вспомогательные базы — 4, 5 и 6, а также исполнительные поверхности 1 и 2. Для их обработки необходимы точные и дорогие методы. Тем не менее, количество этих поверхностей небольшое, и требуемая точность может быть достигнута стандартными методами финишной обработки, что не оказывает значительного влияния на общую технологичность конструкции детали» [5].

«Технологичность механической обработки также оценивается как удовлетворительная. Этот вывод основан на том, что изготовление детали может быть выполнено на основе типового технологического процесса с использованием стандартного оборудования и средств технологического оснащения. Таким образом, выбор материала и конструктивных решений детали способствует оптимизации базового производственного процесса и обеспечению качества готовой продукции. При обработке будем использовать типовые схемы базирования, что позволит не только соблюдать все принципы базирования, но и значительно ускорить процесс проектирования» [15].

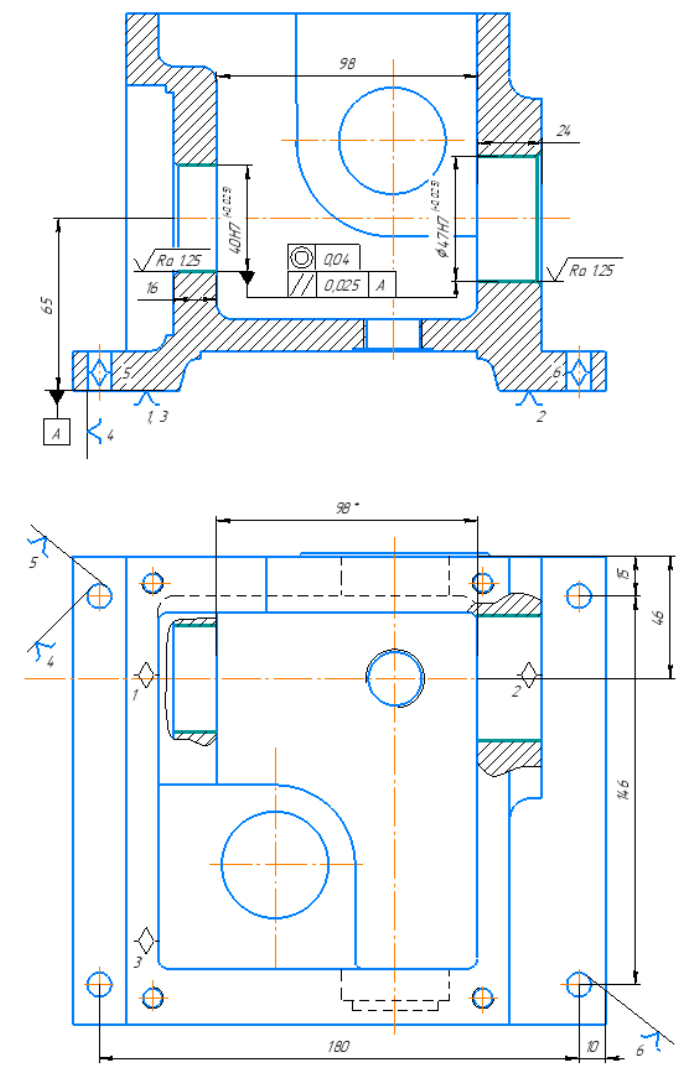


Рисунок 1 – Эскиз корпуса

Использование стандартизированного оборудования и средств технологического оснащения позволит повысить эффективность и качество производственного процесса, а также сократит время на выполнение операций. Таким образом, конструкция детали является высоко технологичной и готовой к серийному производству.

1.3 Анализ типа производства

«Анализ типа производства требует его предварительного определения, что является важным этапом в проектировании. На основе имеющихся

данных наиболее целесообразной в данном случае оказывается методика, описанная в источнике, которая предполагает определение типа производства исходя из массы детали и годовой программы выпуска» [14]. «При массе 1,2 кг и программе выпуска 10 000 штук тип производства можно считать среднесерийным. Данный анализ будет осуществлен с использованием данных, представленных в источнике» [1].

«Технология изготовления разрабатывается на основе типовой в маршрутном и маршрутно-операционном виде, что упрощает дальнейшую реализацию. Маршрут обработки формируется на основе экстенсивной или интенсивной концентрации операций, что зависит от характеристик имеющегося на предприятии оборудования и его технологических возможностей. Базирование заготовок должно осуществляться с учетом соблюдения принципов постоянства и единства баз, что критически важно для стабильности процесса. Режимы резания в техпроцессе определяются с использованием эмпирических формул и справочных данных, что позволяет повысить эффективность работы» [15].

«Производственный участок формируется по групповому принципу расстановки оборудования, что способствует улучшению взаимодействия между рабочими. Основные производственные работники участка должны обладать высокой квалификацией, что позволяет им успешно работать на универсальном оборудовании и производить настройку станков с числовым программным управлением, обеспечивая тем самым высокое качество выпускаемой продукции» [15].

1.4 Задачи работы

«По результатам выполнения анализа состояния вопроса проектирования проектного варианта технологического процесса обработки корпуса были сформулированы следующие задачи» [5]. Во-первых, в процессе проектирования необходимо осуществить выбор и создание

конструкции заготовки, из которой в дальнейшем будет изготавливаться деталь. Этот этап включает в себя анализ материалов, форм и характеристик, которые будут наиболее подходящими для производства детали. Затем следует разработать план, который определит последовательность изготовления детали, включая выбор необходимых операций и этапов.

Кроме того, важным аспектом является выбор оборудования и технологической оснастки, которые будут использованы в процессе производства. Это включает в себя как машины и устройства для обработки, так и инструменты, позволяющие эффективно выполнять необходимые операции.

Не менее важной задачей станет проектирование операций, входящих в технологический процесс. Каждая операция должна быть детально проработана, чтобы обеспечить высокое качество и точность производимой детали. Разработка станочного приспособления для повышения производительности обработки и режущего инструмента позволит повысить эффективность и точность обработки на лимитирующих операциях.

Кроме того, стоит уделить внимание оценке технологии изготовления детали с точки зрения безопасности выполнения работ и экологичности процессов. Необходимо будет проанализировать возможные риски и последствия, чтобы обеспечить безопасные условия труда и минимизировать воздействие на окружающую среду.

В заключение, финальной задачей станет комплексная оценка экономических показателей, связанных со спроектированной технологией. Это позволит не только проанализировать затраты на производство, но и выявить возможные пути оптимизации процессов для повышения экономической эффективности.

Комплекс задач позволит выполнить полноценное проектирование проектного варианта технологии и выполнить оценку ее практической применимости на производстве.

2 Разработка технологии изготовления

2.1 Обоснование выбора и разработка заготовки

Выбор оптимального метода получения заготовки – ключевой этап в процессе производства, напрямую влияющий на себестоимость, качество и производительность. Традиционно, обоснование выбора основывается на экономическом сравнении стоимости производства различных методов, как это описано в методике [4]. В данном случае, ограничиваем выбор тремя основными методами, литьем в земляные и металлические формы.

Проведя детальное изучение этих методов с использованием литературных источников [8], видно, что литье в землю, хотя и обладает некоторыми преимуществами в плане точности, окажется экономически невыгодной для данного случая. Это связано с высокими первоначальными затратами на оснастку и нецелесообразностью при ограниченном объеме производства.

Литье в кокиль (металлические формы), в свою очередь, представляется одним из наиболее оптимальных вариантов.

Важно отметить, что рациональный выбор метода получения заготовки не только влияет на экономические показатели, но также способствует снижению материалоемкости производства. Правильно подобранная форма и размеры заготовки позволяют сократить отходы металла, уменьшить вес конечного изделия и, как следствие, уменьшить нагрузку на механизмы. Это, в свою очередь, приводит к повышению производительности труда, улучшению качества и снижению себестоимости конечного продукта. Дальнейший выбор между этими методами будет осуществляться с учетом специфических требований к качеству, точности и объему производства. «Стоимость заготовки рассчитывается по формуле:

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

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_{II} – коэффициент объема производства;

S_{OTX} – стоимость отходов механической обработки в виде стружки, руб.;

q – масса детали, кг» [4].

Масса заготовки ориентировочно может быть определена по формуле:

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

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

Массу детали возьмем из чертежа графической части работы. Тогда можно рассчитать массу заготовки для каждого из сравниваемых методов получения.

Масса заготовки получаемой литьем в кокиль равна.

$$Q = 15 \cdot 1,2 = 18 \text{ кг.}$$

Масса заготовки получаемой литьем в песчаные формы равна.

$$Q = 16,7 \cdot 1,2 = 20 \text{ кг.}$$

«Все коэффициенты, а также базовая стоимость получения заготовок и стоимость отходов механической обработки в виде стружки в формуле (1) принимаем по справочным данным и выполняем соответствующие расчеты» [14].

Стоимость заготовки получаемой литьем в кокиль равна.

$$\begin{aligned} S_{3AG} &= (56,11 \cdot 18 \cdot 1,0 \cdot 0,84 \cdot 1,14 \cdot 1,0 \cdot 0,8) - 1,82 \cdot (18 - 1,2) = \\ &= 762,8 \text{ р.} \end{aligned}$$

Стоимость заготовки получаемой литьем в песчаные формы равна.

$$S_{\text{ЗАГ}} = (70,3 \cdot 20 \cdot 1,0 \cdot 0,84 \cdot 1,14 \cdot 1,0 \cdot 0,8) - 1,82 \cdot (20 - 1,2) = 958,5 \text{ р.}$$

Выбор литья в металлические формы основан на нескольких факторах. Во-первых, этот метод обеспечивает более высокую точность и шероховатость поверхности заготовки, что снижает затраты на последующую механическую обработку. Во-вторых, литье в металлические формы отличается высокой производительностью, позволяя получать заготовки с минимальными затратами времени и труда.

«Проектирование заготовки, полученной методом литья в металлические формы, будет выполняться в соответствии с рекомендациями и данными» [7]. Методика проектирования включает в себя несколько этапов, каждый из которых имеет свое особое значение.

«Разработка маршрутов обработки поверхностей "Корпуса" будет выполняться по методике» [11]. Полученные результаты сведены в таблицу 3.

Таблица 3 – Маршрут обработки корпуса

Номер операции	наименование и краткое содержание операции
000	заготовительная – литье в пгф
005	термообработка – отжиг. применяется для снятия остаточных напряжений в заготовке. отжиг низкотемпературный: медленный нагрев до 500-550 ⁰ с и медленное охлаждение до 200 ⁰ с
010	слесарная разметить с целью проерки литья и определения припусков на механическую обработку. линии разметки накернить.
015	расточная фрезеровать основание, торец, сверлить 4 отв. ø9, сверлить и нарезать резьбу м22х1,5-7н, расточить ø30 и ø40н9, сверлить и нарезать резьбу в 4 ^х отв. м5-7н; фрезеровать плоскость в размер 142, сверлить и нарезать резьбу в 4 ^х отв. м8-7н.
020	шлифовальная шлифовать основание

Продолжение таблицы 3

Номер операции	наименование и краткое содержание операции
025	расточная фрезеровать торец в р-р 177, расточить 2 отв. $\varnothing 40\text{H}7$, сверлить и нарезать резьбу в 4 ^х отв. м6-7н; сверлить и развернуть $\varnothing 8\text{H}7$ и $\varnothing 18\text{H}7$, расточить $\varnothing 25$, сверлить и нарезать резьбу м22х1,5-7н, расточить $\varnothing 30$
030	слесарная собрать с крышкой, закрепить
035	расточная фрезеровать торец, выдерживая размер 38, расточить отв. $\varnothing 40\text{H}9$ и окончательно $\varnothing 40\text{H}9$, сверлить и нарезать резьбу в 4 ^х отв. м6-7н; фрезеровать торец, выдерживая р-р 24, расточить отв. $\varnothing 47\text{H}9$, сверлить и нарезать резьбу в 4 ^х отв. м6-7н
040	слесарная разобрать узел
045	координатно-расточная расточить отв. $\varnothing 40\text{H}7$ и $\varnothing 47\text{H}7$
050	контрольная

«Выбор метода определения припусков зависит от точности поверхности. Для высокоточных поверхностей рекомендуется использовать расчетно-аналитическую методику» [21]. Расчет проводим для поверхности 2. «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].

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

«Минимальный диаметр определяется по формуле:

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

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

$$d_{(T0-1)min} = d_{(i-1)min} \cdot 0,999. \quad (9) \gg [21]$$

«Максимальный диаметр определяется по формуле:

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

«Средний диаметр определяется по формуле:

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

«Выполняем расчеты.

$$d_{4min} = 32,002 \text{ мм.}$$

$$d_{4max} = 32,018 \text{ мм.}$$

$$d_{4cp} = 0,5 \cdot (d_{4max} + d_{4min}) = 0,5 \cdot (32,018 + 32,002) = 32,100 \text{ мм.}$$

$$d_{3min} = d_{4min} + 2 \cdot z_{4min} = 32,002 + 2 \cdot 0,066 = 32,150 \text{ мм.}$$

$$d_{3max} = d_{3min} + Td_3 = 32,150 + 0,039 = 32,189 \text{ мм.}$$

$$d_{3cp} = 0,5 \cdot (d_{3max} + d_{3min}) = 0,5 \cdot (32,189 + 32,150) = 32,170 \text{ мм.}$$

$$d_{TO min} = d_{3min} + 2 \cdot z_{3min} = 32,189 + 2 \cdot 0,292 = 33,229 \text{ мм.}$$

$$d_{TO max} = d_{TO min} + Td_{TO} = 33,229 + 0,160 = 33,389 \text{ мм.}$$

$$d_{TO cp} = 0,5 \cdot (d_{TO max} + d_{TO min}) = 0,5 \cdot (33,389 + 33,229) = \\ = 33,309 \text{ мм.}$$

$$d_{2min} = d_{TO min} \cdot 0,999 = 33,229 \cdot 0,999 = 33,188 \text{ мм.}$$

$$d_{2max} = d_{2min} + Td_2 = 33,188 + 0,100 = 33,288 \text{ мм.}$$

$$d_{2cp} = 0,5 \cdot (d_{2max} + d_{2min}) = 0,5 \cdot (33,288 + 33,188) = 33,238 \text{ мм.}$$

$$d_{1min} = d_{2min} + 2 \cdot z_{2min} = 33,288 + 2 \cdot 0,268 = 33,824 \text{ мм.}$$

$$d_{1max} = d_{1min} + Td_1 = 33,824 + 0,250 = 34,074 \text{ мм.}$$

$$d_{1cp} = 0,5 \cdot (d_{1max} + d_{1min}) = 0,5 \cdot (33,074 + 34,824) = 33,949 \text{ мм.}$$

$$d_{0min} = d_{1min} + 2 \cdot z_{1min} = 33,074 + 2 \cdot 0,801 = 34,676 \text{ мм.}$$

$$d_{0max} = d_{0min} + Td_0 = 34,676 + 1,600 = 36,276 \text{ мм.}$$

$$d_{0cp} = 0,5(d_{0max} + d_{0min}) = 0,5(36,276 + 34,676) = 35,476 \text{ мм} \gg [21].$$

«Общий минимальный припуск рассчитывается по формуле:

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

$$2z_{min} = 34,676 - 32,018 = 3,658 \text{ мм.}$$

«Общий максимальный припуск рассчитывается по формуле:

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

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

«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 выбираем припуски на обработку с помощью статистических данных и на их основе вычисляем необходимые размеры заготовки» [19]. Результаты расчетов представлены в таблице 4.

Таблица 4 – Определение размеров заготовки

Размеры детали	Лин. или отв.	ДРО, мм, табл.2 с.582[19]	ОП, мм табл.3 с.582[19]	ДФР, мм, табл.	ОД, мм, табл.16	Размеры отливки
				ГОСТ 26645-85		
Ø40H7 ^{+0,025}	о	2,2	0,4	0,64	2,2	40-2*0,4=39,2±1,1
Ø47H7 ^{+0,025}	о	2,4	0,4	0,64	2,4	47-2*0,4=46,2±1,2
142-1	л	3,2	2,0	0,8	3,2	142+2*2,0=146±1,6
15-0,43	л	1,8	1,4	0,64	2,2	15+2*1,4=17,8±1,1
12-0,43	л	1,8	1,4	0,64	2,2	12+1,4=13,4±1,1
16-0,43	л	1,8	1,4	0,64	2,2	16+1,4=17,4±1,1
138-1	л	3,2	2,0	0,8	3,2	138+2*2,0=142±1,6
141-1	л	3,2	2,0	0,8	3,2	141+2,0=143±1,6
38 ^{+0,62}	о	2,2	1,8	0,64	2,4	38-1,8=39,8±1,2

После определения основных параметров заготовки, мы переходим к конкретизации ее характеристик, опираясь на данные [7]. В соответствии с этой информацией, заготовка будет иметь следующие параметры. Точность Т4 определяет степень точности размеров заготовки, соответствуя требованиям чертежа и производственным стандартам. Сложность С1 характеризует геометрическую сложность заготовки, отражая количество поверхностей, отверстий и других элементов конструкции. Сталь группы 2 определяет тип и сорт стали, из которой будет изготавливаться заготовка. Выбор материала основан на требованиях к прочности, твердости, устойчивости к коррозии и другим необходимым свойствам. Конструктивно

задаём плоский тип разъема штампа используемого для формирования заготовки. Плоский разъем обеспечивает более простую и эффективную процедуру штамповки.

«Дополнительные параметры заготовки, такие как Смещение по поверхности разъема 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, обеспечивают необходимые геометрические параметры заготовки и учитывают возможные деформации и отклонения в процессе производства» [7].

Все основные параметры заготовки, а также сама спроектированная заготовка представлены в виде чертежа в графической части работы.

2.2 Разработка плана изготовления детали

Разработка плана изготовления - ключевой этап, определяющий последовательность действий и ресурсы, необходимые для изготовления детали. В условиях среднесерийного производства, он формируется на основе типовых маршрутов обработки.

Для оптимизации производственного процесса и снижения затрат рекомендуется использовать типовые маршруты, представленные в литературе [13, 14]. Типовые маршруты представляют собой устоявшиеся последовательности операций, оптимизированные для определенных типов деталей и производственных условий.

Однако, при формировании маршрутов обработки для конкретной детали необходимо учитывать ее особенности, такие как точность размеров, шероховатость поверхности и необходимая твердость. Эти параметры являются критическими для функционирования детали и должны быть строго выдержаны.

В данном случае, деталь "Корпус" имеет несколько поверхностей с различными требованиями к точности и шероховатости, что видно на рисунке 2. Например, внутренняя поверхность "Корпуса" должна быть обработана с высокой шероховатостью, чтобы обеспечить герметичность и бесперебойную работу механизма. Внешняя поверхность "Корпуса" может иметь более грубую обработку, но должна быть достаточно прочной, чтобы выдерживать нагрузки в процессе эксплуатации.

Таким образом, формирование маршрутов обработки для конкретной детали это комплексный результат анализа ее специфических характеристик и учета требований по качеству и функциональности, рисунок 2.

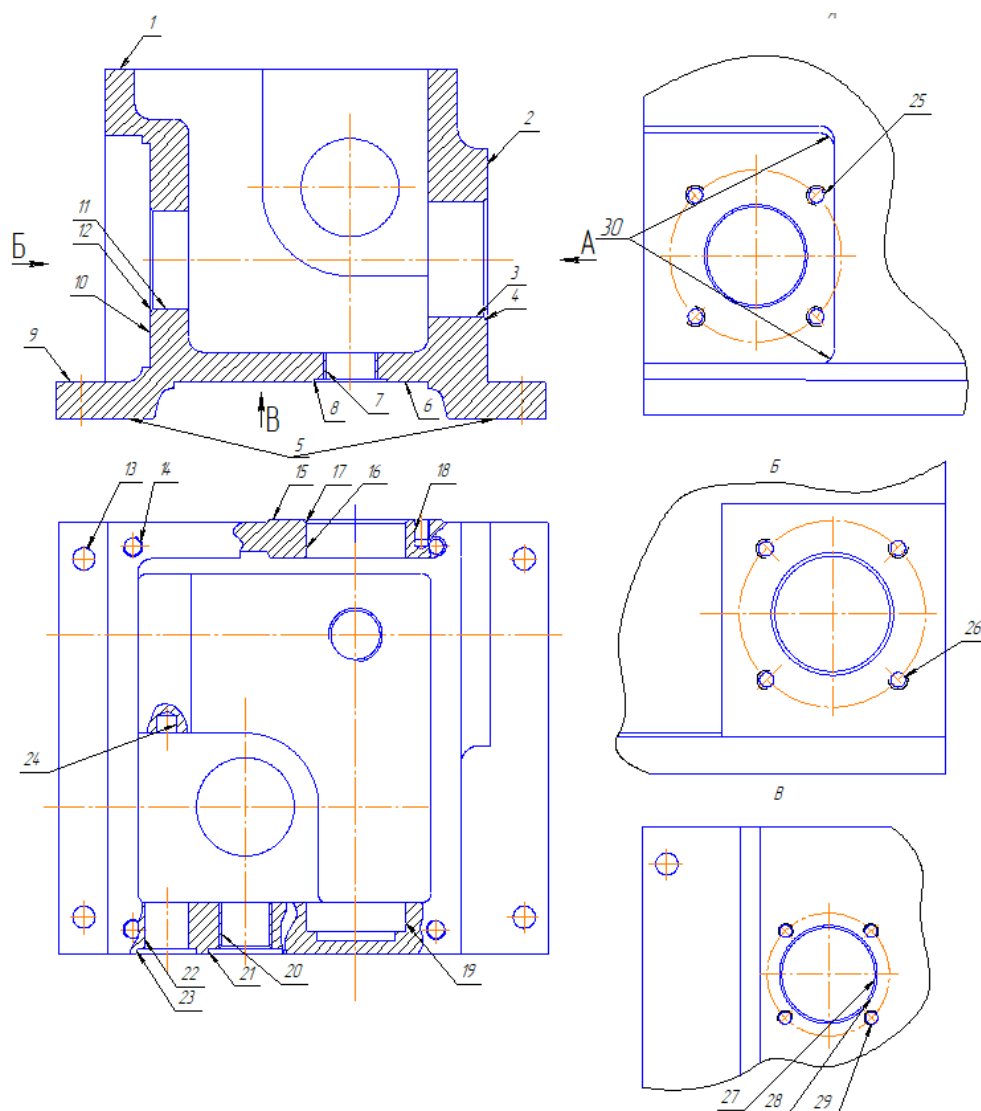


Рисунок 2 – Обрабатываемые поверхности корпуса

Достижение установленных параметров заготовки это последовательное выполнение ряда операций, каждая из которых имеет свое особое значение и влияет на конечный результат. Такой поэтапный подход обусловлен несколькими факторами.

Таким образом, поэтапный подход к достижению установленных параметров заготовки позволяет спроектировать производственный процесс с точки зрения экономической целесообразности и технической реализуемости, обеспечивая при этом необходимое качество и точность конечного изделия. Сформированный маршрут производства представлен в таблице 5.

Таблица 5 – Маршрут изготовления детали

Номер операции	Наименование и краткое содержание операции
000	заготовительная – литье в мф
005	термообработка – отжиг. применяется для снятия остаточных напряжений в заготовке. отжиг низкотемпературный: медленный нагрев до 500-550 ⁰ с и медленное охлаждение до 200 ⁰ с
010	контрольная
015	фрезерная фрезеровать основание в размер 144, фрезеровать поверхность шириной 104, сверлить 4 отв. ø9, фрезеровать по винтовой интерполяции ø40н7, снять фаску 1,5х45 ⁰ , сверлить и нарезать резьбу м22х1,5-7н, фрезеровать по круговой интерполяции ø30, сверлить и нарезать резьбу в 4 ^х отв. м5-7н; фрезеровать плоскость шириной 20.
020	расточная фрезеровать плоскость в размер 142, сверлить и нарезать резьбу в 4 ^х отв. м8-7н; фрезеровать плоскость шириной 70, фрезеровать по винтовой интерполяции два отв. ø40н7, снять фаску 1,5х45 ⁰ , сверлить и нарезать резьбу м6-7н; фрезеровать поверхность со стороны ø47н7, фрезеровать по винтовой интерполяции ø47н7, снять фаску 1,5х45 ⁰ , сверлить и нарезать резьбу м6-7н; сверлить и нарезать резьбу м22х1,5-7н, фрезеровать по круговой интерполяции ø30, сверлить и развернуть ø18н7, сверлить и развернуть ø8н7, фрезеровать по круговой интерполяции ø25; фрезеровать карман шириной 91, фрезеровать радиус искругления г6, фрезеровать по винтовой интерполяции ø40н7, снять фаску 1,5х45 ⁰ , сверлить и нарезать резьбу м6-7н
025	контрольная

Необходимо обеспечить экономическую целесообразность производственного процесса. Существуют технические ограничения используемых методов обработки. Не каждая операция способна обеспечить необходимую точность, шероховатость или твердость заготовки. Поэтому необходимо использовать разные методы обработки на разных этапах производства, чтобы постепенно добиться требуемых параметров.

«При базировании заготовки на операциях важно придерживаться принципов базирования и применять стандартные схемы базирования. Правильное базирование обеспечивает точность и качество обработки заготовки. В данном случае, в качестве черновых баз рекомендуется использовать поверхности 2 и 3, а в качестве чистовых - поверхности 4 и 5. Исключение составляют операции, касающиеся данных баз, а также зуборезные операции, в которых предлагается использовать поверхности 2 и 9. Графическое отображение плана изготовления оформляется в соответствии с рекомендациями» [18]. Маршрут изготовления также отображен в маршрутной карте (приложение А).

2.3 Выбор оборудования и технологической оснастки

Выбор оборудования и технологической оснастки требует внимательного анализа множества факторов, влияющих на эффективность и рентабельность производства. Ключевыми критериями являются: серийность производства, применяемые методы обработки, структура технологических операций и экономические показатели [10, 22].

Металлорежущий инструмент является ключевым элементом производственного процесса и должен гарантировать заданную точность и производительность обработки. Он должен обладать требуемой стойкостью, чтобы минимизировать простои и затраты на его замену. Кроме того, важна быстрая переналадка инструмента, которая позволит быстро переходить с одного типа обработки на другой, увеличивая гибкость и производительность

производства. Конкретные типоразмеры инструмента будут выбраны на основании данных [2, 22].

«Средства контроля необходимы для оценки качества изготовленной продукции. Они должны обеспечивать заданную точность контроля, чтобы гарантировать соответствие деталей требованиям чертежа. Средства контроля должны соответствовать требованиям безопасности, надежности и универсальности. Выбор типов и моделей средств контроля будет осуществлен на основе данных» [3, 23]. Результаты выбора оборудования и технологической оснастки представим в виде таблицы 6.

Таблица 6 – Результаты выбора оборудования и технологической оснастки

Номер поверхности	Номер инструмента	Способ обработки	Режущий инструмент	Вспомогательный инструмент
1	т1	фрезерование	фреза торцовая ø32 r390-032c5-36m (d46) пластина r390-11 t3 08m-kl (d48)	базовый держатель c5-390.272-40 040 (g27)
2	т2	фрезерование	фреза торцовая ø63 r390-063q22-17m (d45) пластина r390-17 04 08m-kl (d48)	оправка c4-391.05-22 025(g36) базовый держатель c4-390.272-40 060 (g27)
3,4	т3	черновое фрезерование	фреза ø20 r390-020c3-11m050 (d44) пластина r390-11 t3 08m-kl (d48)	базовый держатель c3-390.272-40 060 (g27)
	т4	чистовое растачивание	резцовая вставка r825b-af17stup0902a (f30) пластина tpmt 09 02 04-kf (a59)	корпус c4-r825b-aad039a (f30) базовый держатель c4-390.272-40 060 (g27)
5	т2	фрезерование	фреза торцовая ø63 r390-063q22-17m (d45) пластина r390-17 04 08m-kl (d48)	оправка c4-391.05-22 025(g36) базовый держатель c4-390.272-40 060 (g27)
6	т2	фрезерование	фреза торцовая ø63 r390-063q22-17m (d45) пластина r390-17 04 08m-kl (d48)	оправка c4-391.05-22 025(g36) базовый держатель c4-390.272-40 060 (g27)

Продолжение таблицы 6

Номер поверхности	Номер инструмента	Способ обработки	Режущий инструмент	Вспомогательный инструмент
7	т6	сверление,	г840-2000-30-а0а (е10)	патрон с5-391.21-16 080 (g43) базовый держатель с5-390.272-40 040 (g27)
	т7	нарезание резьбы	фреза г217.15с160150ак42п (d148)	патрон с4-391.20-16 055 (g42) базовый держатель с4-390.272-40 030 (g27)
8	т21	фрезерование	фреза ø16 г390-016а16-111 (d44) пластина г390-11 т3 08m-kl (d48)	базовый держатель с3-390.272-40 060 (g27)
9	т1	фрезерование	фреза торцовая ø32 г390-032с5-36m (d46) пластина г390-11 т3 08m-kl (d48)	базовый держатель с5-390.272-40 040 (g27)
10	т8	фрезерование	фреза торцовая ø25 г390-025с3-11m050 (d41) пластина г390-11 т3 08m-kl (d48)	базовый держатель с3-390.272-40 060 (g27)
11,12	т3	черновое фрезерование	фреза ø20 г390-020с3-11m050 (d44) пластина г390-11 т3 08m-kl (d48)	базовый держатель с3-390.272-40 060 (g27)
	т5	чистовое растачивание	резцовая вставка г825b-af17stup0902а (f30) пластина tpmt 09 02 04-kf (a59)	корпус с3-г825b-аас031а (f30) базовый держатель с3-390.272-40 060 (g27)
13	т9	сверление	г840-0900-30-а0а (е10)	патрон с4-391.19-10 075 (g41) базовый держатель с4-390.272-40 060 (g27)
14	т10	сверление,	г840-0690-30-а1а (е10)	патрон с4-391.19-08 075 (g41) базовый держатель с4-390.272-40 060 (g27)
	т11	нарезание резьбы	фреза г217.14с060125ак17п (d148)	патрон с3-391.20-06 045а (g42) базовый держатель с3-390.272-40 030 (g27)
15	т8	фрезерование	фреза торцовая ø25 г390-025с3-11m050 (d41) пластина г390-11 т3 08m-kl (d48)	базовый держатель с3-390.272-40 060 (g27)

Продолжение таблицы 6

Номер поверхности	Номер инструмента	Способ обработки	Режущий инструмент	Вспомогательный инструмент
16,17	t3	черновое фрезерование	фреза ø20 r390-020c3-11m050 (d44) пластина r390-11 t3 08m-kl (d48)	базовый держатель c3-390.272-40 060 (g27)
	t5	чистовое растачивание	резцовая вставка r825b-af17stup0902a (f30) пластина tpmt 09 02 04-kf (a59)	корпус c3-r825b-aac031a (f30) базовый держатель c3-390.272-40 060 (g27)
18	t12	сверление,	r840-0410-30-a1a (e10)	патрон c4-391.19-06 075 (g41) базовый держатель c4-390.272-40 060 (g27)
	t13	нарезание резьбы	фреза r217.13c045100ac13n (d148)	патрон c3-391.20-06 045a (g42) базовый держатель c3-390.272-40 030 (g27)
19	t3	черновое фрезерование	фреза ø20 r390-020c3-11m050 (d44) пластина r390-11 t3 08m-kl (d48)	базовый держатель c3-390.272-40 060 (g27)
	t5	чистовое растачивание	резцовая вставка r825b-af17stup0902a (f30) пластина tpmt 09 02 04-kf (a59)	корпус c3-r825b-aac031a (f30) базовый держатель c3-390.272-40 060 (g27)

Полученные в ходе проектирования результаты позволяют внести необходимые коррективы в маршрут обработки детали, что обеспечит более эффективный и оптимальный производственный процесс. Варианты маршрутной и операционных карт, представлены в Приложении А.

2.4 Проектирование операций технологического процесса

«На заключительном этапе разработки технологии изготовления детали необходимо осуществить проектирование операций технологического процесса. Для проектирования операций требуется информация о структуре операций, применяемом оборудовании и средствах технологического оснащения, а также о режимах резания и нормах выполнения операций» [16].

«С учетом типа производства режимы резания будут определены по методике, основанной на использовании опытно-статистических данных» [16].

«Согласно этой методике, сначала устанавливается глубина резания, которая равна максимальному припуску на выполнение операции. Однако глубина резания может быть ограничена техническими возможностями станка. В этом случае глубина резания задается с учетом обеспечения станком необходимой мощности резания» [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].

«Затем полученное значение частоты вращения округляют до ближайшего по паспорту станка и пересчитывают заново скорость резания, которую и принимают за фактическую» [20].

«Нормы на выполнение операций определяются с применением расчетно-аналитического метода» [20]. Согласно данной методике сначала рассчитывается длина рабочего хода инструмента на всю операцию по

формуле:

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

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 осуществляются для каждой операции механической обработки технологического процесса с учетом их структуры, технических характеристик и конструктивных особенностей используемого оборудования, технологического оснащения и режущего инструмента» [20]. Полученные результаты приведены в таблице 7.

Таблица 7 – Режимы резания и нормирование технологических операций

Номер перехода	Номер инструмента	Глубина, t мм	Подача, S мм/об	Скорость, V м/мин	Число оборотов, n об/мин	Время, мин
операция 015						
1	T2	2	0,5	299	1510	0,65
2	T2	2	0,5	299	1510	0,65
3	T3	2,4	0,2	299	4760	0,41
4	T5	1,2	0,1	320	2547	0,1
5	T9	4,5	0,3	120	4246	0,07
6	T6	10	0,6	150	2388	0,012
7	T21	1	0,2	322	5120	0,03
8	T7	1	0,33	97	1625	0,07
9	T12	2,05	0,25	90	6900	0,037
10	T9	1	0,3	100	3500	0,015
11	T19	0,45	0,06	80	5000	0,32

Продолжение таблицы 7

Номер перехода	Номер инструмента	Глубина, t мм	Подача, S мм/об	Скорость, V м/мин	Число оборотов, n об/мин	Время, мин
12	T1	2	0,3	419	4160	0,23
Итого						2,794
операция 020						
13	T1	2	0,3	419	4160	0,64
14	T10	3,45	0,25	90	4155	0,07
15	T9	1	0,25	100	3500	0,015
16	T11	0,55	0,12	90	3820	0,32
17	T8	2	0,3	299	3800	0,3
18	T3	2,4	0,2	299	4760	0,5
19	T3	2,4	0,2	299	4760	0,3
20	T4	1,2	0,1	320	2547	0,1
21	T4	1,2	0,1	320	2547	0,1
22	T12	2,05	0,2	90	7030	0,04
23	T9	1	0,25	100	3500	0,015
1	2	3	4	5	6	7
24	T13	0,95	0,08	90	6360	0,18
25	T2	2	0,5	299	1510	0,64
26	T3	2,4	0,2	299	4760	0,7
27	T5	1,2	0,1	320	2168	0,13
28	T12	2,05	0,2	90	7030	0,06
29	T9	1	0,25	100	3500	0,015
30	T13	0,95	0,08	90	6360	0,41
31	T6	10	0,6	150	2388	0,02
32	T14	8,9	0,6	150	2683	0,017
33	T16	3,9	0,3	130	5300	0,006
34	T17	0,1	0,015	80	3180	0,02
35	T15	0,1	0,2	100	1769	0,07
36	T21	2	0,2	299	4760	0,02
37	T21	2	0,2	299	4760	0,03
38	T7	1	0,33	97	1625	0,09
39	T8	2	0,3	299	3808	0,42
40	T20	2	0,1	250	6600	0,015
41	T3	2,4	0,2	299	4760	0,38
42	T5	1,2	0,1	320	2168	0,1
43	T18	2,05	0,2	90	7030	0,045
44	T9	1	0,25	100	3500	0,015
45	T13	0,95	0,08	90	6360	0,22
Итого						8,553
ИТОГО						11,347

Установление норм времени играет ключевую роль в оптимизации производственных процессов, что в свою очередь способствует повышению

качества продукции, снижению производственных издержек, и более точной оценке эффективности использования производственного оборудования [22].

В процессе анализа важно определить лимитирующие операции, их последовательность и условия выполнения. Проведение такого анализа позволит определить лимитирующие операции и подобрать эффективные методы для повышения производительности этих операций [20]. К примеру, для операций 15, 20 и 25, связанных с обработкой деталей, характерны режимы с переменным припуском, а также наличие ударной нагрузки, что требует особого внимания.

Во время разработки данного раздела мы осуществили выбор и проектирование заготовки. Был разработан детализированный план изготовления детали, который определяет последовательность и переходы всех технологических операций. Также был произведен выбор соответствующего оборудования и технологической оснастки, что является неотъемлемой частью процесса проектирования технологии изготовления детали.

«Таким образом, в разделе 2 были определены расчетные параметры, которые влияют на точность обработки заданной детали. Были проведены расчеты параметров обработки и подобрано оборудование с учетом необходимости гарантировать точность обработки размеров детали с учетом их отклонений, формы и взаимного расположения» [15].

Это позволило успешно решить задачу разработки технологии изготовления детали

3 Разработка специальной технологической оснастки

3.1 Разработка станочного приспособления

В разделе осуществляется проектирование технологических наладок, которые представляют собой специальные устройства и приспособления, используемые для обеспечения точности и эффективности производственного процесса. «Технологические наладки детально описаны на листах графической части данной выпускной квалификационной работы» [21].

Проектирование технологических наладок включает в себя разработку приспособления, их конструкции, а также определение параметров их работы. Правильно спроектированные технологические наладки позволяют увеличить производительность труда, снизить потери материала и повысить качество изготавливаемой детали.

Обработка детали "Корпус" на втором установе представляет собой комплексную операцию, которая включает в себя сверление, фрезерование и расточку. Эта операция выполняется на станке с ЧПУ 630VN, что позволяет обеспечить высокую точность и качество обработки.

«Использование станка с ЧПУ 630VN имеет ряд преимуществ. Обеспечивает высокую точность и повторяемость обработки, что является критическим фактором для обеспечения качества изготовленной детали» [9, 26]. Позволяют автоматизировать процесс обработки, что увеличивает производительность труда и снижает погрешность обработки. Станки с ЧПУ могут быть программируемы для выполнения сложных траекторий обработки, что позволяет изготавливать детали сложной конфигурации.

Таким образом, использование станка с ЧПУ 630VN для выполнения сверлильно-фрезерно-расточной операции на втором установе является эффективным решением, которое позволяет обеспечить высокую точность,

производительность и качество обработки детали "Корпус". Эскиз операции приведен на рисунке 3.

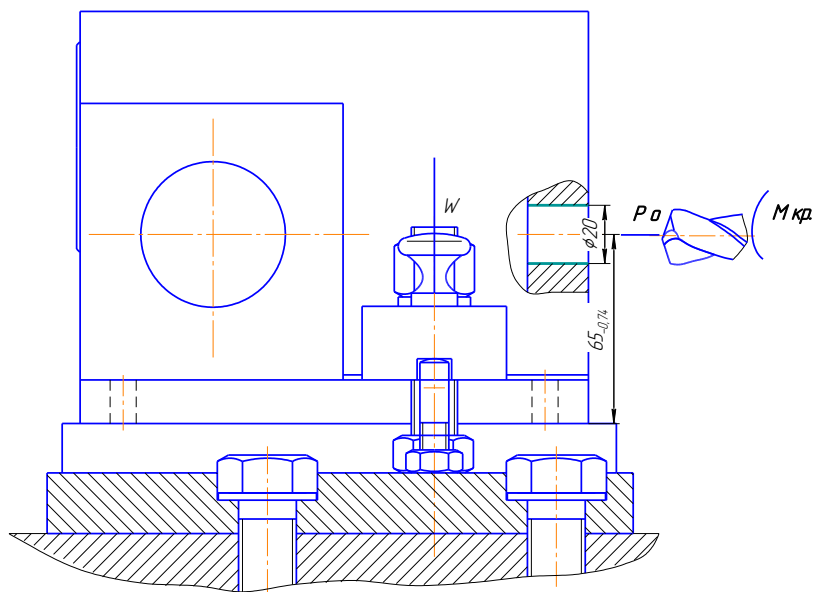


Рисунок 3 – Эскиз операции

«В первую очередь необходимо определить схему закрепления заготовки. Согласно эскизу операции, для закрепления заготовки рекомендуется использовать консольную схему. Чтобы подтвердить правильность этого выбора, необходимо проверить отношение среднего диаметра детали к ее длине. В данном случае это соотношение составляет менее 2,5, что подтверждает правильность выбранной схемы закрепления заготовки. Далее определяем момент от основной составляющей силы резания P_Z , действующей на заготовку» [9, 26]. Расчет выполняем по формуле:

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

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

Для надежного закрепления заготовки необходимо создать уравновешивающий момент от силы закрепления, определяемый по формуле:

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

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:

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

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

«Коэффициента условий выполнения операции рассчитывается по формуле:

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

где: K_0 – гарантированный коэффициент запаса;

K_1 – коэффициент, учитывающий влияние неровностей обрабатываемой поверхности;

K_2 – коэффициент, учитывающий состояние режущего инструмента;

K_3 – коэффициент, учитывающий непостоянство сил резания;

K_4 – коэффициент, учитывающий колебания усилия на приводе;

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

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

По формуле (21) рассчитываем усилие зажима.

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

Исходя из конструкции проектируемого приспособления, усилие зажима на постоянных кулачках изменится. Величину данного усилия можно рассчитать по формуле:

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

где l – вылет кулачка, мм;

H – длина направляющей постоянного кулачка, мм;

f_1 – коэффициент трения в направляющих» [9].

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

В качестве зажимного механизма предлагается использовать клиновой зажимной механизм, так как он обеспечивает широкий диапазон регулировок.

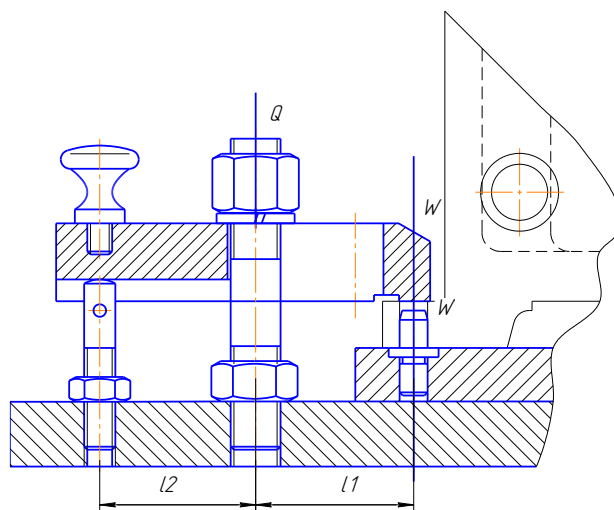


Рисунок 4 – Схема действия сил при зажиме детали

Усилие, создаваемое данным зажимным механизмом, рассчитывается по формуле:

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

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

Передаточное отношение зажимного механизма рассчитывается по формуле:

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

где α – угол клина, град;

φ – угол трения наклонной поверхности клина, град;

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

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

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

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

С целью механизации закрепления заготовки и создания необходимого усилия на приводе применим гидроцилиндр, диаметр поршня которого определим по формуле:

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

где d – диаметр штока поршня, мм;

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

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

«Расчетный диаметр следует округлить до ближайшего большего стандартного значения. Это обеспечит более простую и доступную реализацию конструкции привода и патрона» [26]. В результате устанавливаем диаметр поршня привода равным 90 мм.

«Следующим шагом является расчет точности спроектированного устройства. Для этого необходимо определить соответствующую расчетную схему, которая отразит взаимодействие элементов устройства и позволит определить величину возможных ошибок» [9]. Расчетная схема представлена на рисунке 5. Расчет точности проводим для размера $30 \pm 0,033$.

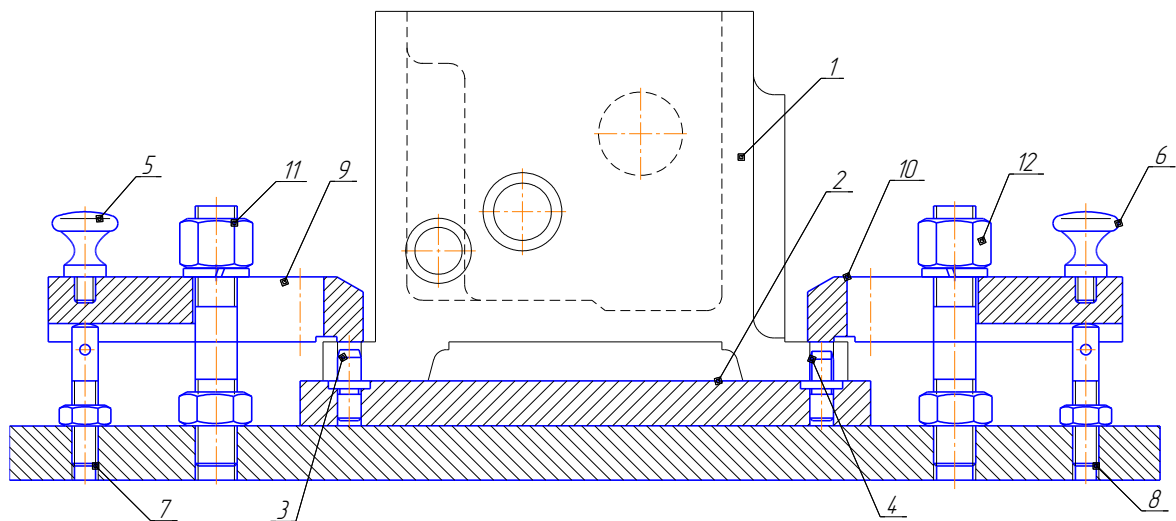


Рисунок 5 – Схема для расчета точности приспособления

Из представленной схемы составляем уравнение для определения погрешности установки в проектируемом патроне:

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

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.

$$\varepsilon_y = \frac{1}{2} \sqrt{0,025^2 + 0,026^2 + 0,027^2 + 0,026^2 + 0,026^2} = 0,040 \text{ мм.}$$

«Допускаемая погрешность для данного приспособления равна минимальному припуску на чистовую обработку, то есть 0,096 мм. Как показали расчеты точность проектируемого патрона больше, чем требуемая допустимая точность обработки» [26].

Приспособление состоит из основания 2, в котором установлены цилиндрический 3 и срезанный 4 пальцы и двух комбинированных зажимных устройств - винтовых прихватов, состоящие из винтового и рычажного зажимов. Рычаги прихватов (9 и 10) выполнены передвижными. Регулируемые опоры (7 и 8) предназначены для фиксации по высоте.

В приспособление (рис. 5) заготовка 1 устанавливается базовой плоскостью на основание 2 и двумя цилиндрическими поверхностями на два пальца (цилиндрический 3 и срезанный 4). С помощью рукояток 5, 6 и регулируемых опор 7, 8 подводятся прихваты 9, 10. При завинчивании гаек 11, 12 прихваты зажимают заготовку. Конструкция приспособления представлена в графической части работы и в Приложении Б.

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

3.2 Разработка сверла ступенчатого

«Выполним проектирование инструмента для обработки его базирующих отверстий $\varnothing 21$ расположенных в его основании с

использованием методики и справочных данных» [9, 17]. «Данные отверстия используются в качестве установочных баз на агрегатной операции, которая является лимитирующей в спроектированном технологическом процессе» [9].

Режущий инструмент представляет собой комбинацию из двух типоразмеров сверла $\varnothing 21$ и калибрующей части $\varnothing 42$. «Режущая часть изготовлена из быстрорежущей стали Р6М5, хвостовик инструмента - из стали 40Х» [9]. На рисунке 6 изображена геометрия режущей части инструмента.

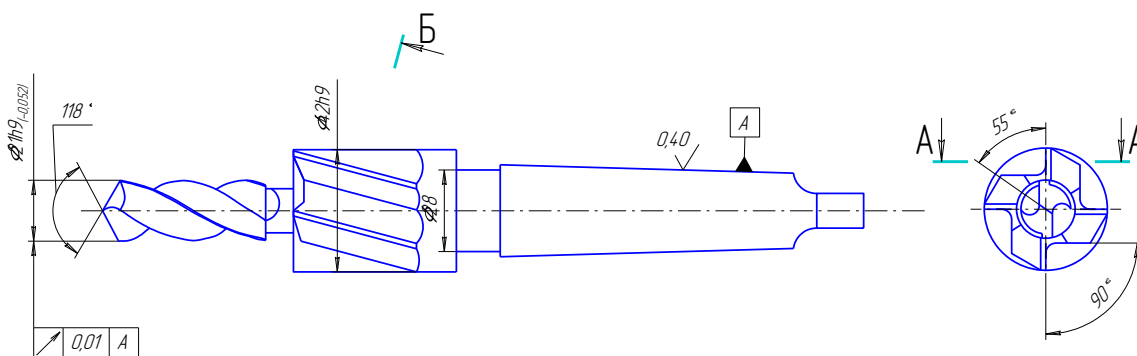


Рисунок 6 – Геометрия сверла ступенчатого

Диаметр сверла принимаем «равным диаметру обрабатываемого отверстия с учетом допуска» [9]. Из ГОСТ12509-85 принимается для сверла $D = 21$ мм. Диаметр калибрующей части принимается равным $D = 42$ мм по ГОСТ885-82 [24].

Диаметр сверла $D = 21$ мм. «Угол наклона винтовой канавки $W = 30^\circ$. Задний угол $\gamma = 12^\circ$. Передний угол $\alpha = 30^\circ$. Длина рабочей части сверла $l_o = 55$ мм. Длина рабочей части цековки $l = 55$ мм. Длина хвостовика $l_1 = 124$ мм. Общая длина инструмента $L = 260$ мм» [17], [24].

Для обеспечения условия непрерывности схода стружки углы двух ступеней сверла должны быть рассчитаны так, чтобы обеспечивать равный угол наклона стружечных канавок в обеих ступенях инструмента, с

поправкой на разницу диаметров обеих ступеней [17]. Кинематический угол наклона α_k , «определяется из выражения:

$$\operatorname{tg} \alpha_k = \operatorname{tg} \alpha_0 \cdot \cos \theta_f, \quad (25)$$

где α_k – кинематический угол наклона стружечной канавки, град;

α_0 – теоретический угол наклона стружечной канавки, град;

θ_f – угол наклона наружной стружечной канавки к внутреннему радиусу сверла, град» [17].

$$\operatorname{tg} \alpha_k = \operatorname{tg} 20^\circ \cdot \cos 6^\circ = 0,3235.$$

Выполнив расчеты получаем значение угла $\alpha_k = 19^\circ 54' 16''$.

«Аналогично производим расчеты переднего угла α_1 для первой ступени сверла:

$$\operatorname{tg} \alpha_1 = \frac{\operatorname{tg} \alpha_0 \cdot \cos \theta_f}{\cos \gamma}. \quad (26)$$

$$\operatorname{tg} \alpha_1 = \frac{\operatorname{tg} 20^\circ \cdot \cos 6^\circ}{\cos 12^\circ} = 0,3293.$$

Выполнив расчеты получаем значение угла $\alpha_1 = 20^\circ 21' 58''$.

Угол наклона стружечной канавки $\alpha_{0\phi}$ второй ступени рассчитываем по формуле:

$$\operatorname{tg} \alpha_{0\phi} = \frac{\operatorname{tg} \alpha_k}{\cos \theta_f}. \quad (30)$$

$$\operatorname{tg} \alpha_{0\phi} = \frac{\operatorname{tg} 20^\circ}{\cos 6^\circ} = 0,3264.$$

Выполнив расчеты получаем значение угла $\alpha_{0\phi} = 20^\circ 2' 48''$.

Далее определим разницу углов $\Delta\alpha$ используя выражение:

$$\Delta\alpha = \alpha_{0\phi} - \alpha_0 \quad [17] \quad (31)$$

$$\Delta\alpha = 20^{\circ}2'48'' - 20^{\circ} = 2'48''.$$

«Расчеты показали, что разница в углах не значительная» [17], поэтому принимаем углы стружечных канавок двух секций ступенчатого сверла равными $\alpha_0 = \alpha_1 = \alpha_k = 20^{\circ}$.

В ходе выполнения данного раздела «разработаны технические мероприятия, направленные на совершенствование базовой технологии изготовления детали. Для этого сначала были выявлены технически несовершенные операции. С целью устранения выявленных недостатков спроектирован приспособления для установки заготовок на агрегатной операции и сверло ступенчатое для обработки уступочных баз детали, то есть цель его проектирования можно считать достигнутой» [17].

Конструкция спроектированного инструмента представлена в графической части работы и в приложении Б.

«В ходе выполнения данного раздела был осуществлен детальный анализ существующего технологического процесса, выявивший ряд технически несовершенных операций» [17], которые препятствовали достижению оптимальных показателей качества и производительности. «Для устранения выявленных недостатков, был разработан специальное приспособление станочное для точной и надежной установки заготовок на рассточных операциях. Кроме того, был спроектирован специальный инструмент ступенчатое сверло, оптимизированный для выполнения рассточной обработки с более производительностью» [17].

4 Безопасность и экологичность технического объекта

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

«Обеспечение производственной безопасности на участке по изготовлению корпуса является важной задачей. Ее решение основано на анализе выполняемых технологических операций, используемого оборудования, материалов веществ и средств оснащения. Данную информацию представим в виде паспорта (таблица 8), составленного на основе рекомендаций» [6].

Таблица 8 – Технологический паспорт технического объекта

«Технологический процесс»	Технологическая операция, вид выполняемых работ	Наименование должности работника, выполняющего технологический процесс, операцию	Оборудование, техническое устройство, приспособление	Материалы, вещества
технологический процесс изготовления корпуса	агрегатная чпу	оператор станков с числовым программным управлением	обрабатывающий центр ЧПУ, резец проходной отогнутый правый ГОСТ 18868-73	сталь 40Х ГОСТ 4543-71, ветошь, смазочно-охлаждающая жидкость
	агрегатная чпу	оператор станков с числовым программным управлением	обрабатывающий центр ЧПУ, специальное зажимное приспособление, резец зубострогальный для прямозубых конических колес	сталь 40Х ГОСТ 4543-71, ветошь, смазочно-охлаждающая жидкость» [6]

«Как видно из представленного технологического паспорта

особенностью технологического процесса является широкое использование станков оснащенных системами числового программного управления. Это приводит к необходимости использования соответствующих средств технологического оснащения и технических жидкостей при выполнении технологических операций» [6].

4.2 Идентификация профессиональных рисков

«На основе анализа таблицы 8 проведем идентификацию опасных и вредных производственных факторов, возникновение которых возможно на рассматриваемом производственном участке при изготовлении детали. Также необходимо определить источники возникновения данных факторов» [6]. Результаты приведем 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 операция чпу	неподвижные режущие, колющие, обдирающие, разрывающие части твердых объектов, воздействующие на работающего при соприкосновении с ним	станок, средства технологического оснащения, технологический транспорт
	опасные и вредные производственные факторы, связанные с чрезмерно высокой или низкой температурой материальных объектов, могущих вызвать ожоги (обморожения) тканей организма человека	станок, средства технологического оснащения
	опасные и вредные производственные факторы, связанные с повышенным уровнем общей вибрации	станок, средства оснащения, транспорт»[6]

Продолжение таблицы 9

«Производственно-технологическая и/или эксплуатационно-технологическая операция, вид выполняемых работ	Опасный и/или вредный производственный фактор	Источник опасного и/или вредного производственного фактора
	опасные и вредные производственные факторы, связанные с акустическими колебаниями в производственной среде и характеризующиеся 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]

«Приведенные в таблице 9 опасные и вредные факторы могут нанести вред работникам производства, а часть из них повлиять на качество выполняемых работ. Основными источниками опасных и вредных факторов являются технологическое оборудование и средства технологического оснащения» [6].

4.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков

«С целью снижения влияния выявленных опасных и вредных факторов, возникающих при выполнении технологического процесса, а также приведения их к нормативным значениям, необходимо разработать специализированные меры и произвести выбор специальных технических средств» [6]. Полученные результаты приведены в таблице 10.

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

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

«Разработка приведенных в таблице 10 мер позволит снизить влияние опасных и вредных факторов до нормативных значений, что обеспечит соответствующие условия труда, снизит риск травматизма и появления профзаболеваний» [6].

«Выполнение данного раздела позволило рассмотреть вопросы обеспечения производственной безопасности выполнения технологического процесса. Для этого проведен анализ выполняемых технологических операций, используемого оборудования, материалов веществ и средств оснащения. На основе данного анализа проведена идентификация опасных и вредных производственных факторов, возникновение которых возможно на рассматриваемом производственном участке. Определены источники их возникновения. Разработаны специализированные меры и произведен выбор специальных технических средств, позволяющие снизить влияние выявленных опасных и вредных факторов» [6].

5 Экономическая эффективность работы

Цель раздела – рассчитать технико-экономические показатели проектируемого технологического процесса и произвести сравнительный анализ с показателями базового варианта, определить экономический эффект от предложенных в проекте технических решений.

При написании бакалаврской работы было предложено изменить:

- оборудование на операции 020;
- оборудование на операциях 030;

«Эти изменения привели к сокращению трудоемкости выполнения описанных операций, что с технологической точки зрения доказывает эффективность данного изменения. Однако, это предстоит подтвердить еще и с экономической точки зрения, что и будет выполнено в рамках раздела 5 бакалаврской работы» [12].

«Все необходимые технические параметры, такие как: основное и штучное время, модель оборудования, наименование инструмента и оснастки, применяемые на операциях 020 – 030, были взяты из предыдущих разделов бакалаврской работы. Для сбора информации по остальным параметрам, необходимым для расчета: мощность и занимаемая площадь оборудования, цены оснастки и инструмента, часовые тарифные ставки, тарифы по энергоносителям и многое другое, использовались разные источники: паспорт станка, данные предприятия по тарифам на энергоносители, сайты с ценами на оборудование, оснастку и инструмент, и другие источники» [12].

«Кроме перечисленных источников для расчета применялось программное обеспечение Microsoft Excel» [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, с. 15–23].

Далее представлены основные результаты проведенных расчетов. На рисунке 7, показаны величины, из которых складываются капитальные вложения, которые составят 2333538,17 рублей.

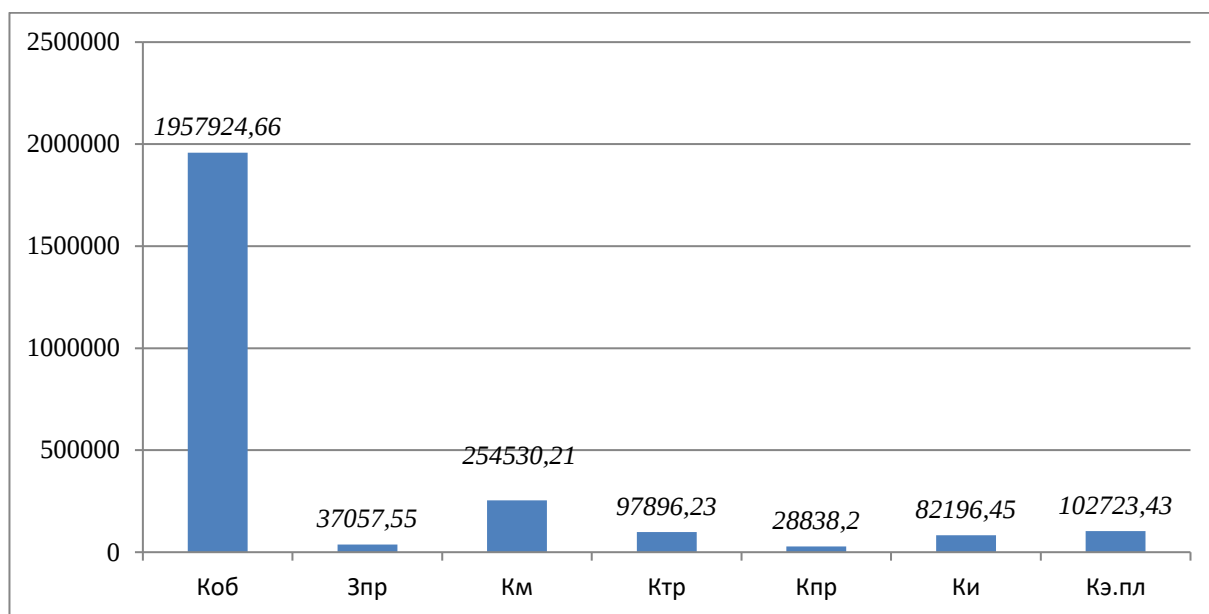


Рисунок 7 – Величина затрат, входящих в капитальные вложения, предложенного проекта, руб.

«Анализируя, представленные на рисунке 7, данных, можно сделать вывод о том, что самыми капиталоемкими затратами являются затраты с основное технологическое оборудование (K_{OB}), величина которых составляет 76,45 %, Все остальные затраты находятся в объеме менее 10 % от общей величины капитальных вложений» [12].

На рисунке 8 представлены параметры, из которых складывается технологическая себестоимость детали «корпус», по двум сравниваемым вариантам технологического процесса.

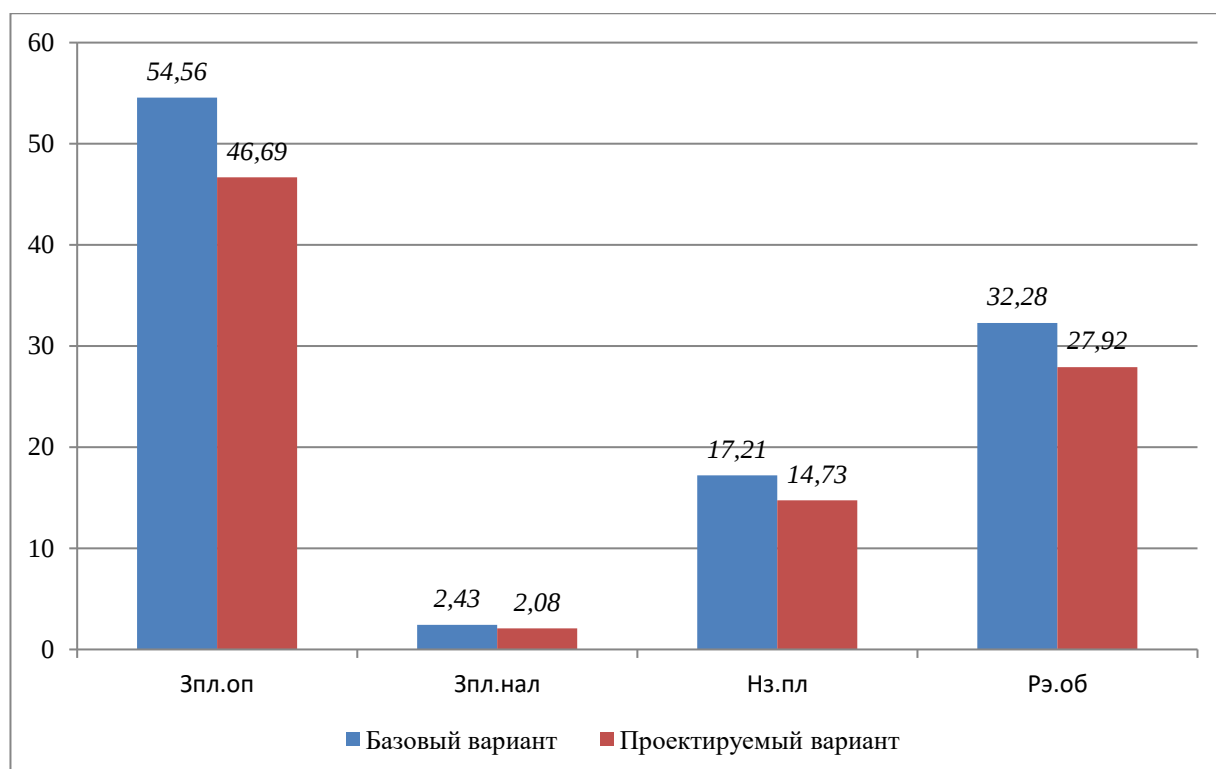


Рисунок 8 – Слагаемые технологической себестоимости изготовления детали «корпус», по вариантам, руб.

«Как видно из рисунка 8, значение величины основных материалов за вычетом отходов не использовалось для определения вышеуказанного параметра, так как в процессе совершенствования технологического процесса, способ получения заготовки не менялся, поэтому эта величина остается без изменения, а при определении разницы в себестоимости между вариантами она не окажет влияния» [12].

«Анализируя диаграмму на рисунке 8, видно, что две величины имеют максимальные доли в общей величине технологической себестоимости. Первая это заработная плата оператора ($З_{пл.оп}$), необходимая на оплату труда рабочих операторов, занятых на перечисленных выше операциях, доля которой составляет 51,25 % для базового варианта и 51,08 % для проектируемого варианта, в размере технологической себестоимости. Вторая это расходы на содержание и эксплуатацию оборудования, с объемом величины 30,31 % для базового варианта и 30,54 % для проектируемого

варианта, от всего значения технологической себестоимости» [12].

Данные параметры позволили сформировать значение полной себестоимости. Результаты калькуляции себестоимости обработки детали по операциям 020-030 технологического процесса, представлены на рисунке 9.

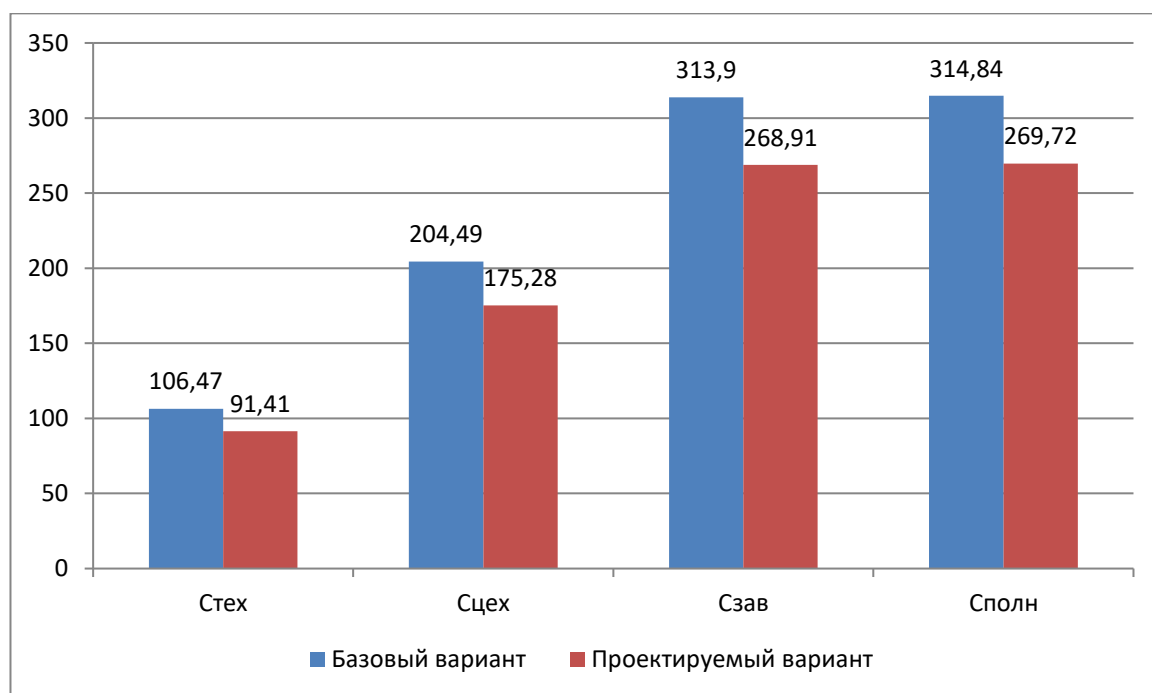


Рисунок 9 – Калькуляция себестоимости, по вариантам технологического процесса, руб.

Согласно рисунку 7, значение полной себестоимости ($C_{полн}$) для базового варианта составило 314,84 рубля, а для проектируемого варианта – 279,72 рубля.

«Дальнейшие расчеты показали, что капитальные вложения, в размере 2761166,75 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 523933,54 рубля, что доказывает эффективность предложенных мероприятий. Значит, на каждый вложенный рубль будет получен доход 1,27 рублей» [12].

Заключение

Одним из наиболее перспективных направлений для увеличения производительности механической обработки, а также сокращения связанных с ней затрат, является внедрение оборудования, оснащённого системами числового программного управления (ЧПУ). Эти системы позволяют значительно повысить точность и качество обработки, а также оптимизировать время выполнения операций. В результате, обрабатывающие центры, оборудованные данными системами, становятся востребованными и находят широкое применение в современных производственных процессах.

В данной работе особое внимание уделяется технологии изготовления корпуса червячного редуктора. Разработка технологии и производство редукторов на основе червячной передачи ставит перед инженерами ряд задач, связанных с выбором оптимальных методов механической обработки, материалов и технологий, которые позволят обеспечить необходимую прочность и долговечность данной детали.

Рассмотрение отдельных операций, позволяет глубже понять весь цикл разработки и производства, что в конечном итоге приводит к улучшению качества продукции и повышению её стоимости на рынке. Следовательно, цель данной выпускной квалификационной работы, которая заключается в разработке технологического процесса изготовления корпуса червячного редуктора обеспечивающего выпуск его годовой программы в соответствии всем техническим требованиям можно считать обоснованной и актуальной.

Все задачи, поставленные в ходе выполнения работы, достигнуты. В связи с этим цель данной выпускной квалификационной работы, которая заключалась в разработке технологического процесса изготовления корпуса червячного редуктора, обеспечивающего выпуск годовой программы деталей отвечающих всем техническим требованиям в условиях среднесерийного производства можно считать достигнутой.

Список 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: 15.08.2021).
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: 18.09.2021).
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: 15.08.2021).
5. Горбачев А.Ф. Курсовое проектирование по технологии машиностроения: учебное пособие для вузов / А.Ф. Горбачев, 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: 10.10.2021).
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: 16.08.2021).

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: 19.09.2021).

10. Каталог продукции «Инвест-станок». [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.investstanok.ru> (дата обращения: 05.09.2021).

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: 16.08.2021).

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: 12.10.2021).

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: 18.09.2021).

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: 19.08.2021).

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: 09.09.2021).

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: 23.09.2021).

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: 13.08.2021).

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: 07.09.2021).

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: 26.09.2021).

25.Химический состав и физико-механические свойства стали 40X [Электронный ресурс]. – URL: http://metallicheckiy-portal.ru/marki_metallov/stk/40X (дата обращения: 06.08.2021).

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: 23.09.2021).

Таблица А.1 – Технологическая документация

Форма 2

57

Продолжение Приложения А

Продолжение таблицы А.1

[illegible]

Продолжение Приложения А

Продолжение таблицы А.1

[illegible]

Продолжение Приложения А

Продолжение таблицы А.1

[illegible]

Продолжение Приложения А

Продолжение таблицы А.1

[illegible]

Продолжение Приложения А

Продолжение таблицы А.1

[illegible]

Приложение Б

Спецификации к сборочным чертежам

Таблица Б.1 – Спецификации к сборочным чертежам

Форм.	Лист	Поз	Обозначение	Наименование	Кол.	Примеч.
				<u>Документация</u>		
A1				Сборочный чертеж		
				<u>Детали</u>		
A1	1			Плита	1	
A3	2			Основание	1	
A4	3			Прихват	2	
A4	4			Ручка	2	
A4	5			Винт	2	
				<u>Стандартные изделия</u>		
	6			Винт М16-6г	4	
				ГОСТ 11738-72		
	7			Гайка М10-6Н	2	
				ГОСТ 5927-70		
	8			Гайка М16-6Н	2	
				ГОСТ 5927-70		
	9			Гайка М16-6Н	2	
				ГОСТ 5931-70		
	10			Опора ГОСТ 4084-68	2	
	11			Палец ГОСТ 12209-66	1	
	12			Палец ГОСТ 12210-66	1	
	13			Шайба 16Л.65Г.016	2	
				ГОСТ 6402-70		

Продолжение таблицы Б.1

24.БР.ОТМП.000.000.СБ