

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 вала-шестерни привода экскаватора
ЕК-12

Обучающийся

В.А. Варламова

(Инициалы Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

канд. техн. наук, доцент А.А. Козлов

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

Консультанты

А.Н. Кирюшкина

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

М.А. Кривова

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

Тольятти 2025

Аннотация

Актуальность выпускной квалификационной работы обусловлена ключевой ролью вала-шестерни в приводной системе экскаватора ЕК-12, эксплуатация которого связана с экстремальными нагрузками в горнодобывающей и строительной отраслях.

Цель работы – разработка оптимизированного технологического процесса производства вала-шестерни, обеспечивающего повышение эксплуатационных характеристик детали при сокращении себестоимости изготовления.

В работе проведен анализ конструктивных особенностей вала-шестерни, требований к материалу, а также оценка существующих методов механической обработки. «Особое внимание уделено этапам проектирования, с применением CAD-моделирования, выбору режимов резания, зубонарезанию и термоупрочнению» [9]. «Рассмотрены современные технологии, включая использование станков с числовым управлением» [9] и высокопроизводительных средств технологического оснащения. Выполнено проектирование высокоэффективных специальных средств оснащения и режущего инструмента.

Результатом работы стал технологический процесс, включающий последовательность операций, рекомендации по оборудованию, оснастке и инструментам, а также меры по минимизации брака. Практическая значимость работы заключается в снижении себестоимости производства за счет оптимизации структуры технологического процесса и снижения времени обработки, а также в повышении эксплуатационных характеристик детали.

Структура выпускной квалификационной работы организована в соответствии с требованиями к техническим проектам и содержит графическую часть в объеме 7 листов формата А1 и пояснительную записку из 56 страниц. Такая структура обеспечивает комплексный подход к решению поставленной задачи, объединяя теорию и инженерную практику.

Содержание

Введение.....	4
1 Определение задач работы на базе анализа исходных данных.....	5
1.1 Анализ функционального назначения детали и условий эксплуатации..	5
1.2 Анализ технологических показателей детали.....	6
1.3 Анализ типа производства	9
1.4 Задачи работы.....	11
2 Разработка технологии изготовления	12
2.1 Обоснование выбора и разработка заготовки	12
2.2 Разработка плана изготовления детали	20
2.3 Выбор оборудования и технологической оснастки.....	21
2.4 Проектирование операций технологического процесса	26
3 Разработка технологической оснастки и режущего инструмента	29
3.1 Разработка станочного приспособления	29
3.2 Разработка режущего инструмента.....	36
4 Безопасность и экологичность технического объекта	41
4.1 Конструктивно-технологическая характеристика технического объекта	41
4.2 Идентификация профессиональных рисков.....	42
4.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков	43
4.4 Обеспечение пожарной безопасности технического объекта.....	44
4.5 Обеспечение экологической безопасности технического объекта.....	46
5 Экономическая эффективность работы	48
Заключение	52
Список используемых источников.....	53
Приложение А Технологическая документация.....	57
Приложение Б Спецификации к сборочным чертежам	67

Введение

Экскаваторы, такие как ЕК-12, являются ключевым оборудованием в горнодобывающей и строительной отраслях, где их надежность и производительность напрямую влияют на эффективность технологических процессов.

Одним из наиболее ответственных узлов привода экскаватора выступает вал-шестерня, «обеспечивающий передачу крутящего момента и синхронизацию работы механизмов» [9]. «В условиях экстремальных нагрузок, вибраций и абразивного износа требования к прочности, точности и долговечности этой детали становятся критически важными» [9]. «Надежность этой детали напрямую влияет на производительность и безопасность оборудования» [9]. Однако существующие технологии изготовления валов-шестерен не всегда соответствуют современным стандартам, что приводит к преждевременному выходу узлов из строя, увеличению затрат на ремонт и простоям техники. Это определяет актуальность совершенствования технологического процесса производства данной детали с целью повышения её эксплуатационных характеристик и снижения себестоимости.

Современные тенденции в машиностроении, такие как цифровизация проектирования и применение ресурсосберегающих методов обработки, открывают возможности для создания более эффективных технологических цепочек. Результаты их внедрения позволяют сократить время производства, уменьшить долю брака и повысить ресурс детали, что способствует росту конкурентоспособности техники.

Целью выпускной квалификационной работы является разработка оптимизированного технологического процесса изготовления вала-шестерни привода экскаватора ЕК-12, обеспечивающего повышение надежности и ресурса детали.

1 Определение задач работы на базе анализа исходных данных

1.1 Анализ функционального назначения детали и условий эксплуатации

«Вал-шестерня привода экскаватора ЕК-12 участвует в передаче крутящего момента от двигателя» [9] к рабочим органам, обеспечивая синхронизацию механизмов.

Его работа сопровождается циклическими нагрузками, включая статические, динамические и ударные воздействия, возникающие при взаимодействии с твердыми грунтами. Эти условия требуют высокой точности изготовления зубчатого зацепления для минимизации вибраций и шума, а также устойчивости к экстремальным нагрузкам.

Эксплуатация детали происходит в широком температурном диапазоне от минус 30°C до плюс 50°C, с локальным нагревом зубьев до 300°C под воздействием сил трения в зацеплении. Внешние факторы, такие как абразивное воздействие частиц грунта, пыли и повышенная влажность, ускоряют износ и провоцируют коррозию. В таких условиях материал вала-шестерни должен сочетать высокую прочность, ударную вязкость и термостойкость.

Наибольший износ наблюдается на рабочих поверхностях зубьев, где возникают выкрашивание и адгезионный износ, а также в областях концентрации напряжений, таких как галтели. Усталостные трещины и пластические деформации становятся основными причинами выхода детали из строя. Наиболее подвержены повреждениям такие элементы вала-шестерни как зубчатый венец, шейки подшипников и переходные сечения.

1.2 Анализ технологических показателей детали

Технологичность вала-шестерни определяется степенью соответствия его конструкции требованиям эффективного производства, включая минимизацию трудоемкости, себестоимости и сложности обработки при сохранении эксплуатационных характеристик [18].

Сталь 30ХМА ГОСТ4543-71 относится к группе конструкционных сталей, ориентированных на применение в высоконагруженных узлах. «Химический состав: углерод от 0,26% до 0,33%, хром от 0,8% до 1,1%, марганец от 0,4% до 0,7%, кремний 0,17% до 0,37%, никель до 0,3%, , сера до 0,025%, фосфор до 0,025%, медь до 0,3%» [19]. «Механические свойства: предел текучести 750 МПа, предел прочности 950 МПа, относительное удлинение 12 %, относительное сужение 50 %, твердость по шкале Бринелля от 259 до 279 единиц» [19]. Проведем анализ полученных данных.

Материал обладает достаточной пластичностью при нагреве до температур до 1200°C, что позволяет выполнять ковку заготовок. Однако наличие легирующих элементов повышает сопротивление деформации, требуя точного контроля температурного режима для предотвращения образования трещин. Послековки рекомендуется нормализация для устранения внутренних напряжений и улучшения структуры.

Сталь 30ХМА относится к материалам средней обрабатываемости резанием из-за высокой прочности и твердости в закаленном состоянии. Для токарной и зубофрезерной обработки целесообразно использование твердосплавного инструмента с износостойкими покрытиями, а также применение смазочно-охлаждающих жидкостей для снижения нагрева и увеличения стойкости резцов.

Материал подвергается таким видам термической обработки как закалка, высокий отпуск, поверхностное упрочнение закалкой токами высокой частоты.

Сталь 30ХМА демонстрирует высокую технологичность для

изготовления валов-шестерен, сочетая хорошую прокаливаемость, прочность и адаптивность к механической обработке. Основные ограничения связаны с необходимостью строгого контроля термообработки и защиты от коррозии. Для снижения себестоимости целесообразно внедрение ЧПУ-оборудования с адаптивным управлением режимами резания и использованием модульного инструмента. Материал полностью соответствует требованиям к деталям, работающим в условиях экстремальных нагрузок.

«Оценку технологичности конструкции начнем с определения служебного назначения поверхностей» [6]. «Эскиз вала-шестерни с пронумерованными поверхностями представлен на рисунке 1» [6].

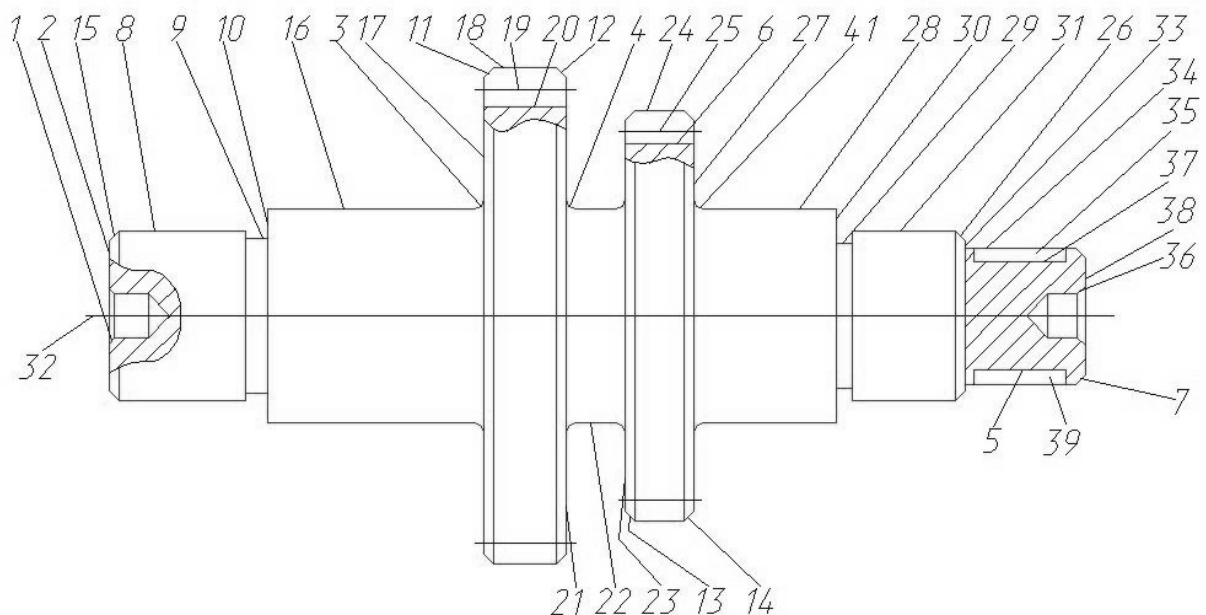


Рисунок 1 – Эскиз детали

«Основные конструкторские базы поверхности: 8, 10, 29. Вспомогательные конструкторские базы поверхности 5, 28, 33, 34, 37. Исполнительные поверхности 19, 25, 35, 39. Все остальные поверхности являются свободными» [6].

Конструкция детали представляет собой комбинированный элемент, совмещающий функции вала и зубчатого колеса. Такая комбинированная

конструкция требует сложной многоступенчатой обработки.

Переходные поверхности и галтели выполнены с радиусами, снижающими концентрацию напряжений, но их обработка требует использования специального профильного инструмента. Посадочные поверхности под подшипники и уплотнения стандартизированы под общепромышленные размеры, что упрощает подбор комплектующих и снижает затраты на оснастку. Зубчатый венец имеет модуль зацепления, соответствующий стандартным фрезам, что позволяет использовать серийное зубообрабатывающее оборудование. Однако высокие требования к точности профиля диктуют необходимость финишного шлифования или шевингования. Осевые канавки и шпоночные пазы выполнены в соответствии с ГОСТ, что обеспечивает совместимость с универсальным инструментом. Центровые отверстия на торцах вала стандартизированы, упрощая установку заготовки на токарных и шлифовальных станках. Унификация размеров обеспечивает применение стандартных измерительных инструментов.

Из недостатков конструкции следует отметить высокую точность соосности зубчатого венца и посадочных шеек, что требует использования точных станков и тщательного контроля.

Конструкция детали обладает высокой технологичностью за счет стандартизации элементов, адаптации к серийному оборудованию и минимизации операций.

Технологичность механической обработки оценивается через сложность выполнения операций, соответствие оборудования и инструмента требованиям материала, а также возможность минимизации трудоемкости и себестоимости. Сталь 30ХМА, обладающая высокой прочностью и износостойкостью, предъявляет специфические требования к режимам резания и выбору инструмента.

Основными проблемами при механической обработке являются: ускоренный износ режущих кромок из-за абразивных включений в структуре

стали, риск образования наклепа при неправильном выборе скорости резания, высокие нагрузки на инструмент из-за твердости материала, засаливание шлифовальных кругов частицами стали.

Трудоемкость механической обработки высокая из-за многоступенчатой обработки, но снижается за счет применения оборудования с числовым программным управлением и унификации операций. Для проведения ряда операций, например зубофрезерование, требуется специализированное оборудование, что повышает капитальные затраты.

Таким образом, механическая обработка детали технологична при условии применения современного оборудования и инструмента.

1.3 Анализ типа производства

Тип производства определяется через анализ объема выпуска и массы детали. Правильная классификация помогает оптимизировать затраты, выбрать технологии и повысить эффективность. «В данном случае масса детали составляет 4,5 кг, годовой объем выпуска 5000 штук тип производства соответствует среднесерийному» [9].

«Проведем анализ данного типа производства с целью дальнейшего использования данной информации в ходе проектирования технологического процесса» [9].

Среднесерийное производство занимает промежуточное положение между мелкосерийным и крупносерийным, сочетая элементы гибкости и стандартизации. Оно ориентировано на выпуск продукции партиями, которые повторяются с определенной периодичностью, что позволяет оптимизировать затраты при сохранении адаптивности к изменениям спроса.

Рассмотрим основные особенности среднесерийного производства.

Годовой объем составляет от 1000 до 10000 единиц изделий партиями, которые формируются в зависимости от заказов, сезонности или плановых циклов.

Используется универсальное оборудование с числовым программным управлением, допускающее переналадку под разные задачи. Допускается использование полуавтоматических гибких линий. Для снижения времени переналадки применяются быстросменная оснастка и стандартизированные инструменты.

Производство организуется циклами с четким планированием партий. Рабочие процессы частично автоматизированы, но сохраняется необходимость в операторах для контроля качества и настройки оборудования. Используются поточные методы с выделением технологических участков.

Себестоимость ниже, чем в мелкосерийном производстве, за счет эффекта масштаба. Затраты на переналадку умеренные, так как партии достаточно крупные, чтобы распределить издержки. Рентабельность достигается за счет оптимизации загрузки оборудования и сокращения простоев.

Преимущества среднесерийного производства заключаются: в возможности выпускать разные модификации продукции в рамках одной партии; в соблюдении баланса между автоматизацией и ручным трудом, что позволяет снижать издержки без чрезмерных инвестиций в специализированное оборудование; в стандартизации процессов, что обеспечивает стабильность характеристик изделий.

Недостатки среднесерийного производства: переход между партиями требует времени на перенастройку оборудования; необходимость хранения промежуточных запасов сырья и готовых деталей; при ошибках в прогнозировании спроса возможен перепроизводство.

Современные тенденции среднесерийного производства: внедрение ERP-систем для управления запасами и планирования выпуска;

использование гибких линий, которые легко адаптируются под новые задачи; применение бережливых технологий для сокращения потерь.

Среднесерийное производство подходит для предприятий, которые работают с умеренным спросом, но требуют гибкости для адаптации к рыночным изменениям. Оно обеспечивает оптимальное соотношение между затратами, качеством и скоростью реагирования на запросы клиентов.

1.4 Задачи работы

Определим основные задачи выпускной квалификационной работы. «Разработать маршрутный технологический процесс изготовления вала-шестерни» [9], включая: формообразование заготовки, механическую обработку, термическую и химико-термическую обработку, методы контроля качества. Выполнить инженерные расчеты для обоснования режимов резания и нормирования. Спроектировать технологическую оснастку и инструмент, для операций требующих технического совершенствования. Проанализировать экологическую безопасность производства, включая оценку отходов и предложения по утилизации и снижению вредного воздействия. Оценить экономическую эффективность разработанного процесса, включая расчет себестоимости изготовления, сравнение с аналогами по трудоемкости и материалоемкости, определение сроков окупаемости при внедрении.

Поставленные задачи направлены на создание комплексного, экономически целесообразного и экологически безопасного технологического процесса, обеспечивающего выпуск заданного количества вала-шестерни привода экскаватора ЕК-12.

Проведенный в данном разделе анализ исходных данных, включающий изучение функционального назначения детали, условий эксплуатации, требований к материалу и существующих технологических ограничений, позволил сформулировать задачи работы.

2 Разработка технологии изготовления

2.1 Обоснование выбора и разработка заготовки

Выбор метода получения заготовки для вала-шестерни из стали 30ХМА обосновывается следующими ключевыми особенностями. Сталь относится к легированным конструкционным сталям, обладающим высокой прочностью, износостойкостью и способностью к термообработке. Вал-шестерня работает под значительными механическими и ударными нагрузками, что требует отсутствия внутренних дефектов (пористость, ликвация) и однородной структуры металла. Исходя из этого, наиболее подходящими методами получения заготовки вала-шестерни являются горячая штамповка и прокат [1]. Прокат экономичен и прост, имеет менее плотную структуру по сравнению с кованными заготовками. Механическая обработка из проката приводит к большим отходам, особенно для крупных валов. Кроме того, волокна металла в прокате не ориентированы вдоль оси вала, что снижает усталостную прочность. Штамповка уплотняет металл, устраняет дефекты структуры, формирует направленное расположение волокон вдоль оси вала, что повышает прочность и сопротивление ударным нагрузкам. Кроме этого, штамповка обеспечивает близкую к конечной форму заготовки, сокращая припуски на механическую обработку. Штампованные заготовки лучше реагируют на последующую закалку, отпуск и нормализацию, что критично для стали 30ХМА.

«Сравнение этих методов будем производить на основе сравнения общих технологических затрат:

$$C = C_3 + C_{\text{обр}}, \quad (1)$$

где C_3 – затраты на получение заготовки, руб.;

$C_{\text{обр}}$ – затраты на снятие стружки, руб.» [1].

«Затраты на получение заготовки:

$$C_3 = \frac{C_m \cdot M_3}{1000} \cdot K_{сп} \cdot K_T \cdot K_{сл}, \quad (2)$$

где C_m – цена материала заготовки, руб.;

M_3 – масса заготовки, кг;

$K_{сп}$ – коэффициент, зависящий от способа получения заготовки;

K_T – коэффициент, зависящий от точности метода получения заготовки;

$K_{сл}$ – коэффициент, зависящий от сложности метода получения заготовки» [1].

«Определение массы заготовки производится по формуле:

$$Q = q \cdot K_P, \quad (3)$$

где K_P – коэффициент, зависящий от формы детали и способа ее получения» [1].

«Проводим расчеты по формуле (3).

$Q = 4,5 \cdot 3,6 = 16,2$ кг – для заготовки из проката.

$Q = 4,5 \cdot 1,33 = 6,0$ кг – для штампованной заготовки» [1].

«Определяем затраты на получение заготовки по формуле (2).

$C_3 = \frac{16370 \cdot 16,2}{1000} \cdot 1,1 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 292,07$ р. – для заготовки из проката.

$C_3 = \frac{19530 \cdot 6,05}{1000} \cdot 2,5 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 295,39$ р. – для штампованной

заготовки» [1].

«Затраты на снятие стружки:

$$C_{обр} = \frac{C_{уд} \cdot (\frac{1}{K_{им}} - 1) \cdot M_d}{K_o}, \quad (4)$$

где $C_{уд}$ – удельная стоимость снятия стружки, руб./кг;

$K_{им}$ – коэффициент использования материала;

K_0 – коэффициент обрабатываемости материала» [1].

«Коэффициент использования материала определяется по формуле:

$$K_{им} = \frac{M_d}{M_3}. \quad (5)» [1]$$

«Выполняем расчеты.

$$K_{им} = \frac{4,5}{16,22} = 0,27 \text{ – для заготовки из проката.}$$

$$K_{им} = \frac{4,5}{6,0} = 0,73 \text{ – для штампованной заготовки» [1].}$$

«По формуле (4) определяем затраты на снятие стружки.

$$C_{обр} = \frac{4,5 \cdot (\frac{1}{0,27} - 1) \cdot 4,5}{1,0} = 75,85 \text{ р. – для заготовки из проката.}$$

$$C_{обр} = \frac{4,5 \cdot (\frac{1}{0,73} - 1) \cdot 4,5}{0,7} = 10,47 \text{ р. – для штампованной заготовки» [1].}$$

«Общие технологические затраты согласно формуле (1) равны.

$$C = 292,07 + 75,85 = 367,92 \text{ р. – для заготовки из проката.}$$

$$C = 295,39 + 10,47 = 305,86 \text{ р. – для штампованной заготовки» [1].}$$

«Метод получения заготовки горячей штамповкой имеет лучшие экономические показатели, поэтому выбран в качестве основного для проектирования заготовки» [1].

Далее необходимо определить оптимальные маршруты обработки поверхностей детали, что требует комплексного подхода, учитывающего требования к точности, шероховатости и твердости [16]. Особое внимание следует обратить на поверхности с качеством 8 и точнее и шероховатостью от 0,63. Финишная обработка данных поверхностей требует применения абразивных методов обработки. Результаты разработки маршрутов поверхностей приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Маршруты обработки поверхностей

Номера поверхностей	Точность	Шероховатость, мкм	Маршрут обработки
1, 36	9	3,2	сверление, термообработка, фрезерование
2, 38	14	12,5	фрезерование, термообработка
3, 4	14	12,5	точение, термообработка
5, 37	9	3,2	фрезерование, термообработка
6	9	2,5	долбление, термообработка
7, 11, 12, 13, 14, 15, 26, 30	14	12,5	точение чистовое, термообработка
8, 31	6	0,63	точение, точение чистовое, термообработка, шлифование, шлифование чистовое
9, 29	14	12,5	точение, термообработка
10, 33	12	2,5	точение, точение чистовое, термообработка, шлифование, шлифование чистовое
16, 22, 28	14	12,5	точение, термообработка
17, 21, 23, 27	14	12,5	точение, термообработка
18, 24	11	3,2	точение, точение чистовое, термообработка
19	7-C	0,8	фрезерование, шевингование, термообработка, шлифование
20	9	2,5	фрезерование, термообработка
25	7-C	0,8	долбление, шевингование, термообработка, шлифование
34	8	1,6	точение, точение чистовое, термообработка, шлифование
35, 39	9	3,2	фрезерование, термообработка

Далее необходимо произвести расчет припусков на обработку.

Расчет припусков на обработку поверхностей ключевой этап проектирования технологического процесса, который определяет количество материала, удаляемого на каждой операции. Для детали из стали припуски зависят от метода получения заготовки, точности обработки, термообработки и требований к качеству поверхности. «Ниже приведен расчет припусков на обработку поверхности диаметром $40k6^{+0,018}_{+0,002}$ мм расчетно-аналитическим методом» [14].

«Определение минимального припуска для каждого перехода:

$$z_{imin} = a_{i-1} + \sqrt{\Delta_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2}, \quad (6)$$

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» [14].

«Определение максимального припуска для каждого перехода:

$$z_{i \max} = z_{i \min} + 0,5 \cdot (Td_{i-1} + Td_i), \quad (7)$$

где Td_i – допуск размера на текущем переходе, мм;

Td_{i-1} – допуск размера на предыдущем переходе, мм» [14].

«Определение среднего припуска для каждого перехода:

$$z_{срi} = 0,5 \cdot (z_{i \max} + z_{i \min}). \quad (8)» [14]$$

«Проводим расчеты.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

$$z_{cp4} = 0,5 \cdot (z_{4max} + z_{4min}) = 0,5 \cdot (0,094 + 0,066) = 0,080 \text{ мм} \gg [14].$$

«Определение минимального операционного размера:

$$d_{(i-1)min} = d_{imin} + 2 \cdot z_{imin}. \quad (9) \gg [14]$$

«Определение максимального операционного размера:

$$d_{(i-1)max} = d_{(i-1)min} + Td_{i-1}. \quad (10) \gg [14]$$

«Определение минимального диаметра на переходе предшествующем термическому переходу:

$$d_{(то-1)min} = d_{(i-1)min} \cdot 0,999. \quad (11) \gg [14]$$

«Определение среднего операционного размера:

$$d_{i\text{ cp}} = 0,5 \cdot (d_{imax} + d_{imin}). \quad (12) \gg [14]$$

$$d_{4min} = 40,002 \text{ мм.}$$

$$d_{4max} = 40,018 \text{ мм.}$$

$$d_{4cp} = 0,5 \cdot (d_{4max} + d_{4min}) = 0,5 \cdot (40,018 + 40,002) = 40,100 \text{ мм.}$$

$$d_{3min} = d_{4min} + 2 \cdot z_{4min} = 40,018 + 2 \cdot 0,066 = 40,150 \text{ мм.}$$

$$d_{3max} = d_{3min} + Td_3 = 40,150 + 0,039 = 40,189 \text{ мм.}$$

$$d_{3cp} = 0,5 \cdot (d_{3max} + d_{3min}) = 0,5 \cdot (40,189 + 40,150) = 40,170 \text{ мм.}$$

$$d_{то min} = d_{3min} + 2 \cdot z_{3min} = 40,189 + 2 \cdot 0,292 = 41,229 \text{ мм.}$$

$$d_{то max} = d_{то min} + Td_{то} = 41,229 + 0,160 = 41,389 \text{ мм.}$$

$$d_{\text{То ср}} = 0,5 \cdot (d_{\text{То max}} + d_{\text{То min}}) = 0,5 \cdot (41,389 + 41,229) = 41,309 \text{ мм.}$$

$$d_{2\text{min}} = d_{\text{То min}} \cdot 0,999 = 41,229 \cdot 0,999 = 41,188 \text{ мм.}$$

$$d_{2\text{max}} = d_{2\text{min}} + Td_2 = 41,188 + 0,100 = 41,288 \text{ мм.}$$

$$d_{2\text{ср}} = 0,5 \cdot (d_{2\text{max}} + d_{2\text{min}}) = 0,5 \cdot (41,288 + 41,188) = 41,238 \text{ мм}$$

$$d_{1\text{min}} = d_{2\text{min}} + 2 \cdot z_{2\text{min}} = 41,288 + 2 \cdot 0,268 = 41,824 \text{ мм.}$$

$$d_{1\text{max}} = d_{1\text{min}} + Td_1 = 41,824 + 0,250 = 42,074 \text{ мм.}$$

$$d_{1\text{ср}} = 0,5 \cdot (d_{1\text{max}} + d_{1\text{min}}) = 0,5 \cdot (42,074 + 41,824) = 41,949 \text{ мм.}$$

$$d_{0\text{min}} = d_{1\text{min}} + 2 \cdot z_{1\text{min}} = 42,074 + 2 \cdot 0,801 = 43,676 \text{ мм.}$$

$$d_{0\text{max}} = d_{0\text{min}} + Td_0 = 43,676 + 1,600 = 45,276 \text{ мм.}$$

$$d_{0\text{ср}} = 0,5(d_{0\text{max}} + d_{0\text{min}}) = 0,5(45,276 + 43,676) = 44,476 \text{ мм} \gg [14].$$

«Определение минимального общего припуска:

$$2z_{\text{min}} = d_{0\text{min}} - d_{4\text{max}}. \quad (13) \gg [14]$$

$$2z_{\text{min}} = 43,676 - 40,018 = 3,658 \text{ мм.}$$

«Определение максимального общего припуска:

$$2z_{\text{max}} = 2z_{\text{min}} + Td_0 + Td_4. \quad (14) \gg [14]$$

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

«Определение среднего общего припуска:

$$2z_{\text{ср}} = 0,5 \cdot (2z_{\text{min}} + 2z_{\text{max}}). \quad (15) \gg [14]$$

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

«Операционные припуски на обработку других поверхностей определяются табличным методом определения припусков на обработку» [21]. Это практичный подход, основанный на использовании нормативных

данных, где припуски указаны в зависимости от типа заготовки, её размеров и требуемой точности обработки. Этот метод широко применяется в машиностроении для быстрого расчета без сложных вычислений. «Результаты определения припусков приведены в таблице 2» [18].

Таблица 2 – Результаты определения припусков

Номер поверхности	Номер перехода	Минимальный припуск, мм	Максимальный припуск, мм
16, 28, 22, 18, 24	1	2,2	3,5
17, 21, 23, 27	1	1,5	3,2
34	1	2,2	3,31
	2	0,35	0,50
	3	0,6	0,68
10, 30, 33	1	1,6	3,23
	2	0,7	1,04
	3	0,4	0,57
	4	0,04	0,13
19, 25	1	0,6	1,05
	2	0,18	0,42
	3	0,01	0,04

Ключевые принципы проектирования штампованной заготовки включают минимизацию припусков для снижения расхода материала, обеспечение технологичности формы заготовки и учет деформаций при термообработке.

С целью снижения расхода материала необходимо провести определение технологических напусков элементов заготовки. «Для этого определяем параметры заготовки: класс точности заготовки Т4; группа марки материала М2; степень сложности заготовки С2; исходный индекс. В результате получаем следующие величины напусков: величина остаточного облоя 1,2 мм; уклоны наружные 7°; радиусы скруглений 3 мм» [15].

«Для автоматизации расчетов и моделирования используем CAD-систему. Результаты моделирования приведены в графической части работы» [18].

2.2 Разработка плана изготовления детали

«Проектирование плана изготовления детали базируется на разработке технологического маршрута изготовления» [18]. «Для среднесерийного типа производства рекомендуется опираться на стандартные маршруты обработки [18], представленные в литературных источниках [12], [16]. Методология формирования маршрута предполагает объединение в рамках одной операции методов обработки поверхностей, имеющих схожие целевые параметры качества, такие как точность и шероховатость. «При этом в ходе проектирования операций необходимо учитывать конструктивные особенности детали, взаимное расположение поверхностей и требования к согласованности их геометрии» [18]. «Технологический маршрут для вала-шестерни, включающий последовательность операций и применяемые методы обработки, приведен в таблице 3» [18].

Таблица 3 – Технологический маршрут

Операции	Поверхности	Метод обработки
005 Фрезерно-центровальная	1, 2, 36, 38	фрезерование, сверление
010 Токарная	3, 4, 5, 16, 17, 18, 22, 23, 24, 27, 28, 30, 33, 34	точение
015 Токарная	7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 26, 29, 30, 31, 33, 34	точение
020 Фрезерная	5, 39	фрезерование
025 Фрезерная	35, 37	фрезерование
030 Зубофрезерная	19, 20	фрезерование
035 Зубофасочная	–	фрезерование
040 Зубодолбежная	6, 25	долбление
045 Зубофасочная	–	фрезерование
050 Шевинговальная	19	шевингование
055 Шевинговальная	25	шевингование
060 Термическая	все	закалка, отпуск
065 Шлифовальная	1, 36	шлифование
070 Шлифовальная	10, 8	шлифовальная
075 Шлифовальная	30, 31, 34, 33	шлифовальная
080 Шлифовальная	10, 8	шлифовальная
085 Шлифовальная	30, 31, 34, 33	шлифовальная
090 Притирочная	19, 25	притирка
095 Моечная	все	моечная
100 Контрольная	все	контрольная

«Формирование плана изготовления вала-шестерни осуществляется на основании приведенного технологического маршрута» [12]. Данный план включает. «Визуализацию последовательности операций в виде структурированной схемы» [12]. «Номенклатуру задействованного оборудования с указанием его технических характеристик» [18]. «Операционные эскизы, отражающие: обрабатываемые поверхности; базирование заготовки, разработанное в соответствии с принципами, изложенными в [12]; операционные допуски и размеры, а также технические требования, регламентирующие параметры качества на каждом этапе обработки» [18].

«Применение научно обоснованных схем базирования позволяет минимизировать погрешности установки заготовки, что способствует сокращению операционных припусков, уменьшению числа технологических переходов, повышению точности обработки при соблюдении экономической эффективности» [9].

«План изготовления, включающий графические материалы и технологическую документацию, приведен в графических материалах, а также в приложении А «Технологическая документация»» [9].

2.3 Выбор оборудования и технологической оснастки

«Решения, принимаемые на этапе проектирования технологического процесса, оказывают влияние на его экономическую эффективность, включая себестоимость, производительность и ресурсоемкость» [18]. «Ключевыми компонентами технологического оснащения являются» [18]:

- «производственное оборудование, выбор которого зависит от типа производства и требуемой точности обработки» [18];
- металлорежущий инструмент, подбор которого определяется материалом заготовки и режимами резания;
- станочные приспособления, обеспечивающие требуемое

базирование и быструю переналадку в условиях гибкого производства;

- средства измерительного контроля, выбор которых зависит допусков размеров и типа поверхности.

Оптимизация выбора оснащения требует анализа взаимосвязи факторов технологической гибкости, экономической целесообразности, энергоэффективности.

Таким образом, системный подход к выбору оснащения, учитывающий технико-экономические параметры, позволяет минимизировать операционные издержки и обеспечить соответствие качества продукции установленным стандартам.

Выбора металлорежущего оборудования включает: анализ задач и условий производства; подбор типа станка по операциям и точности; оценку экономической целесообразности; верификацию на соответствие требованиям. Для среднесерийного производства оптимальны станки с числовым программным управлением, сочетающие гибкость и точность. Конкретные модели оборудования определяются по данным [5], [10].

Выбора металлорежущего инструмента включает: анализ материала заготовки и условий обработки; подбор материала и покрытия инструмента; расчет геометрии и режимов резания; оценку экономической целесообразности. В среднесерийном производстве оптимальны твердосплавные инструменты с износостойкими покрытиями, обеспечивающие баланс между стойкостью и себестоимостью. Конкретные наименования и типоразмеры определяются по данным [13], [14].

Выбор станочных приспособлений включает: анализ заготовки и операций; определение функций приспособления (фиксация, базирование); выбор типа устройства по таблицам и стандартам; определение усилий, точности и совместимости; экономическую оценку. Для среднесерийного производства предпочтительно применение универсальных модульных

систем. Конкретные наименования приспособлений определяются по данным [4], [8].

«Выбор средств контроля включает: анализ требований к точности и производственным условиям; подбор методов и инструментов; определение допустимых погрешностей и соответствие стандартам; экономическую оценку» [18]. Конкретные наименования измерительных средств определяются по данным [11], [14].

«Результаты выбора приведены в таблице 4» [18].

Таблица 4 – Технологическое оборудование

Операция	Станки	Приспособления станочные	Режущие инструменты	Контрольные средства
005 Фрезерно-центровальная	фрезерно-центровальный МР-78	тиски самоцентрирующие ГОСТ 12195-66	фрезы торцевые ГОСТ 1695-80, сверло центровочное А 6,3 ГОСТ 14952-80	штангенциркуль ШЦ-1 ГОСТ160-80, калибр
010 Токарная	токарно-винторезный САМАТ 400 ХС	патрон трехкулачковый, центр подпружиненный А1-3- НП-ЧПУ ГОСТ 8742-75	резец контурный ГОСТ 18879-73	штангенциркуль ШЦ-1 ГОСТ160-80
015 Токарная	токарно-винторезный САМАТ 400 ХС	патрон поводковый ГОСТ 8742-75, центр подпружиненный А1-3-НП-ЧПУ ГОСТ 8742-75	резец подрезной ГОСТ 18877-73, резец канавочный ГОСТ 18877-73, резец резьбовой ГОСТ 18877-73	микрометр МК-50 ГОСТ6507-78
020 Фрезерная	вертикально-фрезерный 6Т13	тиски самоцентрирующие ГОСТ 12195-66	фреза шпоночная ГОСТ 9308-69	штангенциркуль ШЦ-1 ГОСТ160-80, калибр-пробка
025 Фрезерная	вертикально-фрезерный 6Т13	тиски самоцентрирующие ГОСТ 12195-66	фреза шпоночная ГОСТ 9308-69	штангенциркуль ШЦ-1 ГОСТ160-80, калибр-пробка
030 Зубофрезерная	вертикальный зубофрезерный 53А20	патрон ГОСТ 2675-47, центр ГОСТ 8742-75	фреза червячная	прибор БВ-5061

Продолжение таблицы 4

Операция	Станки	Приспособления станочные	Режущие инструменты	Контрольные средства
035 Зубофасочная	зубофасочный BC-320A	патрон цанговый, центр вращающийся ГОСТ 8742-75, центр вращающийся ГОСТ 8742-75	фреза одновитковая ГОСТ 9324-80	шаблон
040 Зубодолбежная	долбежный 5A122B	настольный пневматический трехкулачковый патрон ГОСТ2675-47, центр вращающийся ГОСТ 8742-75	долбяк дисковый ГОСТ 9323-79	прибор БВ-601
045 Зубофасочная	зубофасочный BC-320A	патрон цанговый, центр вращающийся ГОСТ 8742-75, центр вращающийся ГОСТ 8742-75	фреза одновитковая ГОСТ 9324-80	шаблон
050 Зубошевинговая льная	зубошевингова льный 5702B	патрон цанговый, центр вращающийся ГОСТ 8742-75, центр вращающийся ГОСТ 8742-75	шевер дисковый А ГОСТ8570-80	прибор БВ-5061
055 Зубошевинговая льная	зубошевингова льный 5702B	патрон цанговый, центр вращающийся ГОСТ 8742-75, центр вращающийся ГОСТ 8742-75	шевер дисковый А ГОСТ8570-80	прибор БВ-5061
060 Термическая	печь закалочная	—	—	—
065 Шлифовальная	центрошлифов альный 3922	патрон мембранный ГОСТ16157-70	головка шлифовальная алмазная АГК ГОСТ2447-82	шаблон
070 Шлифовальная	торцекругло- шлифовальный 3Т160	патрон поводковый ГОСТ 2571-71, центр	круг шлифовальный 1- 500×203×80 23A46M6V8	скоба рычажная

Продолжение таблицы 4

Операция	Станки	Приспособления станочные	Режущие инструменты	Контрольные средства
–	–	неподвижный ГОСТ 8740-75	30м/с1А	–
075 Шлифовальная	торцевкругло-шлифовальный 3Т160	патрон поводковый ГОСТ 2571-71, центр неподвижный ГОСТ 8740-75	круг шлифовальный 5-500×203×80 23А46М6V8 30м/с1А	скоба рычажная
080 Шлифовальная	торцевкругло-шлифовальный 3Т160	патрон поводковый ГОСТ 2571-71, центр неподвижный ГОСТ8740-75	круг шлифовальный 5-500×203×80 24А80М5V5 30м/с1А	скоба рычажная
085 Шлифовальная	торцевкругло-шлифовальный 3Т160	патрон поводковый ГОСТ2571-71, центр неподвижный ГОСТ8740-75	круг шлифовальный 5-500×203×80 24А80М5V5 30м/с1А	скоба рычажная
090 Притирочная	притирочный 5П722	центр неподвижный ГОСТ8740-75	колесо притирочное	прибор БВ-5061
095 Моечная	моечная машина	–	–	–
100 Контрольная	контрольный стол	–	–	–

Выбранные средства технологического оснащения фиксируются в соответствующих разделах технологической документации. «В маршрутную карту включены обобщенные данные об оборудовании, инструменте и приспособлениях для каждой операции» [18]. «В операционных картах детализируют оснастку для отдельных переходов с указанием режимов обработки» [18]. «Данная документация представлена в приложении А «Технологическая документация»» [18].

«Маркировка оборудования также приведена на плане изготовления в графической части работы, что обеспечивает наглядность производственной цепочки» [18].

«Результаты выбора средств оснащения интегрируются в проектирование технологических операций» [18] через оптимизацию переходов путем исключения избыточных установок за счет универсальных приспособлений и синхронизацию параметров за счет согласование точности станка с допусками детали.

Учет оснащения на ранних этапах проектирования позволяет минимизировать технологические риски, такие как несоответствие мощности оборудования или возникновение погрешности базирования.

2.4 Проектирование операций технологического процесса

Разработка технологических операций осуществляется посредством формирования следующих видов документации. Маршрутная карта, в которой регламентирует последовательность операций, используемое оборудование и оснастку. Операционные карты, в которых детализируют технологические переходы, режимы резания, а также нормы времени на каждом этапе. Технологические наладки, которые включают схемы установки инструмента, параметры настройки станков и контрольные точки.

«Основой проектирования документации является определение оптимальных режимов резания и нормирование операций. Эти параметры рассчитываются с учетом физико-механических свойств материала, геометрии режущего инструмента, требований к точности и шероховатости» [18].

«Методика определения режимов резания включает выполнение следующих этапов» [3].

«На первом этапе определяется глубина резания и подача» [3].

«На втором этапе определяется скорость резания:

$$V = V_T \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3, \quad (16)$$

где V_T – скорость резания табличная, м/мин;

K_1 – коэффициент обрабатываемого материала;

K_2 – коэффициент стойкости инструмента и марки инструментального материала;

K_3 – коэффициент вида обработки» [3].

«На третьем этапе определяется частота вращения:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d}, \quad (17)$$

где d – размер поверхности обработки, мм» [3].

«На четвертом этапе определяется действительная скорость резания:

$$V_d = \frac{\pi \cdot d \cdot n_d}{1000}. \quad (18)» [3]$$

«На пятом этапе определяется длина рабочего хода инструмента:

$$L_{px} = l_1 + l_{рез} + l_2, \quad (19)$$

где l_1 – длина врезания инструмента, мм;

$l_{рез}$ – длина обработки, мм;

l_2 – длина перебега инструмента, мм» [3].

«На шестом этапе определяется основное:

$$T_0 = \frac{L_{px}}{S_0 \cdot n_d}, \quad (20)$$

где S_0 – подача инструмента, мм/об» [3].

Результаты расчетов для всех операций технологического процесса приведены в таблице 5.

Таблица 5 – Результаты расчетов операций

Операция	Переход	Подача, мм/об	Скорость, м/мин	Частота вращения, об/мин	Длина рабочего хода, мм	Основное время, мин
005	1	0,1	22	1000	60	0,6
010 А	1	0,4	85	500	125	0,625
010 Б	1	0,4	85	500	180	0,9
	2	0,2	85	500	10	0,1
015 А	1	0,15	160	1250	90	0,48
	2	0,2	160	1250	6,6	0,03
015 Б	1	0,15	160	1250	45	0,24
	2	0,2	160	1250	6,6	0,03
020	1	(0,04)	16	630	38	0,3
025	1	(0,04)	16	630	38	0,3
030	1	2,5	40	250	28	1,4
035	1	–	–	600	28	0,3
040	1	0,25	23	380	30	1,27
045	1	–	–	600	28	0,3
050	1	120	12	260	28	0,92
055	1	120	12	260	28	0,92
065	1	0,55	15	–	0,3	0,18
070	1	1,9	40	300	0,213	0,25
075	1	1,9	40	300	0,213	0,25
	2	1,9	40	300	0,6	0,46
080	1	0,5	40	300	0,08	0,3
085	1	0,5	40	300	0,08	0,3

Полученные в ходе проектирования данные систематизируются в технологической документации, которая служит основой для интеграции в цифровые системы автоматизации технологической подготовки производства и позволяет передавать данные в цех через MES-систему, что позволяет автоматически настраивать станки с числовым управлением и сокращать влияние человеческого фактора.

В данном разделе выполнено проектирование технологии изготовления детали с учетом требований к точности, надежности и экономической эффективности. Разработанный технологический процесс полностью соответствует требованиям ГОСТ и ЕСТД. Документация оформлена с учетом стандартов и готова к внедрению в производство.

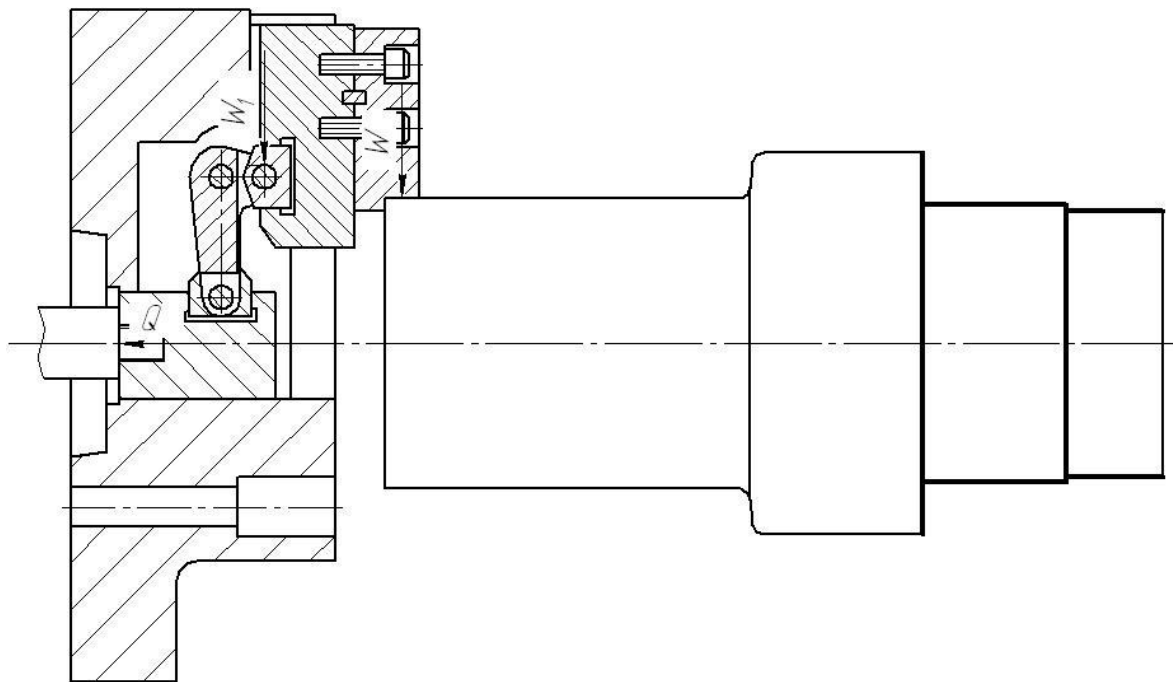


Рисунок 3 – Схема закрепления заготовки

«Расчет основных составляющих силы резания:

$$P_{Y,Z} = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p, \quad (21)$$

где C_p , x , y , n – коэффициент и показатели степеней, зависящие от конкретных условий обработки;

t – глубина резания, мм;

S – подача, мм/об;

V – фактическая скорость резания, м/мин;

K_p – коэффициент условий обработки» [17].

$$P_Y = 10 \cdot 243 \cdot 2,2^{0,9} \cdot 0,2^{0,6} \cdot 160^{-0,3} \cdot 0,9 = 547 \text{ Н.}$$

$$P_Z = 10 \cdot 300 \cdot 2,2^{1,0} \cdot 0,2^{0,75} \cdot 160^{-0,15} \cdot 0,9 = 1237 \text{ Н.}$$

«Момент от составляющей силы резания P_Z определяется по формуле:

$$M_{P_{P_Z}} = P_Z \cdot \frac{d_o}{2}, \quad (22)$$

где d_o – диаметр обрабатываемой поверхности, мм» [17].

«Момент от силы закрепления определяется по формуле:

$$M_{3_{P_Z}} = \frac{W \cdot f \cdot d_3}{2}, \quad (23)$$

где W – расчетное усилие зажима, Н;

f – коэффициент;

d_3 – диаметр, за который происходит закрепление, мм» [17].

«В соответствии с условием равновесия системы выводим формулу для определения расчетного усилия зажима:

$$W = \frac{P_Z \cdot d_o}{3 \cdot f \cdot d_3} \cdot K, \quad (24)$$

где K – коэффициент условий выполнения операции» [17].

«Коэффициента условий выполнения операции рассчитывается по формуле:

$$K = K_0 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5, \quad (25)$$

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» [17].

$$K = 1,5 \cdot 1,2 \cdot 1,15 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 2,07.$$

Из рекомендаций коэффициент по условиям выполнения операции следует принять равным 2,5.

Подставляем значения в формулу (24) и выполняем расчет.

$$W = \frac{1237 \cdot 130}{0,3 \cdot 50} \cdot 2,5 = 38594 \text{ Н.}$$

«Момент от составляющей силы резания P_Y определяется по формуле:

$$M_{P_Y} = P_Y \cdot l, \quad (26)$$

где l – расстояние между точкой приложения силы закрепления и силы резания, мм» [17].

«Момент от силы закрепления определяется по формуле:

$$M_{3_{P_Y}} = \frac{2 \cdot W \cdot f \cdot d_3}{3}. \quad (27)» [17]$$

«В соответствии с условием равновесия системы выводим формулу для определения расчетного усилия зажима:

$$W = \frac{3 \cdot P_Y \cdot l}{2 \cdot f \cdot d_3} \cdot K. \quad (28)» [17]$$

Подставляем значения в формулу (28) и выполняем расчет.

$$W = \frac{2 \cdot 547 \cdot 85}{3 \cdot 0,3 \cdot 50} \cdot 1,5 = 1171 \text{ Н.}$$

Для дальнейших расчётов принимаем больше значение требуемой силы зажима.

«На постоянных кулачках усилие, величина которого определяется по формуле:

$$W_1 = \frac{W}{1 - \frac{3 \cdot l}{H} \cdot f_1}, \quad (29)$$

где l – вылет кулачка, мм;

H – размер направляющей постоянного кулачка, мм;

f_1 – коэффициент трения в зоне контакта направляющей и постоянного кулачка» [17].

Проводим расчет.

$$W_1 = \frac{38594}{1 - \frac{3 \cdot 62}{80} \cdot 0,1} = 70171 \text{ Н.}$$

«Усилие, для принятого зажимного механизма определяется по формуле:

$$Q = \frac{W_1}{i_c}, \quad (30)$$

где i_c – передаточное отношение зажимного механизма» [17].

«Передаточное отношение для рычажного зажимного механизма определяется по формуле:

$$i_c = \frac{A}{B}, \quad (31)$$

где A и B – размеры плеч рычага, мм» [17].

Проведя расчеты получим.

$$Q = \frac{70171}{2,5} = 28069 \text{ Н.}$$

«Создание расчетного усилия зажима обеспечивается поршнем, диаметр которого определяется по формуле:

$$D = \sqrt{\frac{1,27 \cdot Q}{P} + d^2}, \quad (32)$$

где d – диаметр штока, мм;

P – давление масла в гидросистеме, МПа» [17].

$$D = \sqrt{\frac{1,27 \cdot 28069}{5,0} + 30^2} = 89 \text{ мм.}$$

«Точность приспособления определяется по расчетной схеме, представленной на рисунке 4» [17].

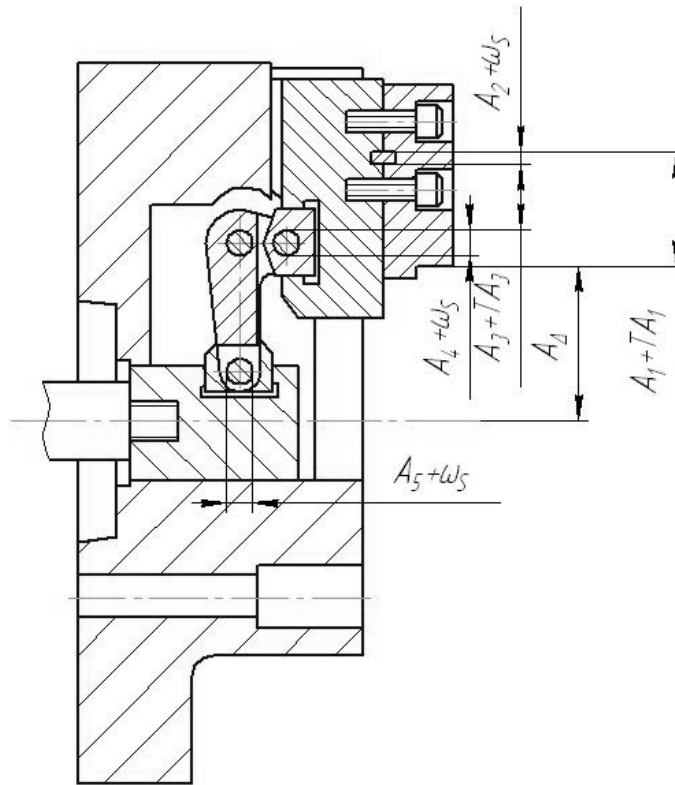


Рисунок 4 – Расчетная схема патрона

«Определение погрешности производится по формуле:

$$\varepsilon_y = \frac{\omega \cdot A_{\Delta}}{2} = \frac{1}{2} \sqrt{\Delta_1^2 + \Delta_2^2 + \Delta_3^2 + \Delta_4^2 + \Delta_5^2}, \quad (33)$$

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 – колебание зазора в сопряжении A_5 , мм» [17].

«Рассчитываем искомую погрешность.

$$\varepsilon_y = \frac{1}{2} \sqrt{0,025^2 + 0,015^2 + 0,018^2 + 0,015^2 + 0,015^2} = 0,02 \text{ мм} \text{ [17].}$$

«Допустимая погрешность установки рассчитывается по формуле:

$$\varepsilon_y = 0,3 \cdot Td, \quad (34)$$

где Td – технологический допуск на выполняемый размер, мм» [17].

$$\varepsilon_y = 0,3 \cdot 0,084 = 0,026 \text{ мм.}$$

«Точность приспособления считается достаточной, если расчетное значение погрешности меньше допустимого. В данном случае приспособление можно считать годным для использования на предлагаемой технологической операции» [17].

«Патрон представляет собой устройство, состоящее из двух основных узлов: зажимного механизма и механизированного привода» [17].

«Зажимной механизм включает: корпус с направляющими; рычажную систему, смонтированную на осях; тягу, передающую усилие от привода» [17].

«Механизированный привод содержит гидроцилиндр с поршнем и вращающуюся муфту с каналами для подачи рабочей жидкости» [17].

Конструкция патрона приведена в графической части работы. Подробная спецификация компонентов представлена в приложении Б «Спецификации к сборочным чертежам».

Ключевыми преимуществами спроектированного приспособления являются: высокая повторяемость позиционирования; быстрая переналадка за счет гидравлического управления; совместимость со станками оснащенными системами числового управления.

3.2 Разработка режущего инструмента

Проектирование червячной фрезы для зубофрезерной операции является важным этапом, обеспечивающим эффективность, точность и экономическую целесообразность процесса обработки зубчатых колес.

Червячная фреза, спроектированная с учетом геометрии эвольвентного зацепления, позволяет получать зубья с минимальными отклонениями от заданных параметров. Корректное проектирование учитывает модуль, угол наклона зубьев и другие параметры, что исключает погрешности при нарезании. Оптимизация режущих кромок предотвращает искажения профиля из-за температурных деформаций и вибраций. Проектирование фрезы с оптимальным числом заходов и углом подъема витков повышает скорость резания без ущерба для качества. Одна червячная фреза может использоваться для обработки зубчатых колес с разным числом зубьев при сохранении модуля, что снижает затраты на приобретение и хранение множества специализированных инструментов.

Проектирование червячной фрезы необходимо для достижения точности, эффективности и экономии в производстве зубчатых колес. Без тщательного расчёта параметров фрезы невозможно гарантировать соответствие готовых изделий стандартам.

Проведем проектирование такого инструмента с использованием данных [20].

«Шаг по нормали:

$$t_u = \pi \cdot m, \quad (34)$$

где m – нормальный модуль, мм» [20].

$$t_u = \pi \cdot 3 = 9,425 \text{ мм.}$$

«Расчетная толщина зуба:

$$S_u = t_u - (S_{д1} + \Delta S), \quad (35)$$

где $S_{д1}$ – толщина зуба на делительной окружности по нормали, мм;

ΔS – припуск на обработку, мм» [20].

$$S_u = 9,425 - (4 + 0,575) = 4,85 \text{ мм.}$$

«Определение высоты головки зуба фрезы:

$$h_u^l = h - h^l, \quad (36)$$

где h – высота нарезаемого зуба, мм;

h^l – высота ножки нарезаемого зуба, мм» [20].

$$h_u^l = 6,6 - 2,85 = 3,75 \text{ мм.}$$

«Определение высоты зуба фрезы:

$$h_u = h + 0,3 \cdot m. \quad (37)» [20]$$

$$h_u = 6,6 + 0,3 \cdot 3 = 7,5 \text{ мм.}$$

«Определение радиусов закруглений на головке и ножке зуба:

$$r = 0,3 \cdot m. \quad (38)» [20]$$

$$r = 0,3 \cdot 3 = 0,9 \text{ мм.}$$

«Определение числа зубьев фрезы:

$$z_u = 1,3 \cdot \frac{360}{\varphi}, \quad (39)$$

где φ – угловой шаг зубьев фрезы, град» [20].

«Угловой шаг зубьев фрезы:

$$\cos \varphi = \frac{D_{bu} - 2 \cdot h_u}{D_{bu}}. \quad (40)» [20]$$

«Проводим соответствующие расчеты.

$$\cos \varphi = \frac{112 - 2 \cdot 7,5}{112} = 0,866.$$

$$\varphi = 29^\circ 59' 41''.$$

$$z_u = 1,3 \cdot \frac{360}{29^\circ 59' 41''} = 15,6.$$

Округляем количество зубьев фрезы до 15» [20].

«Для обеспечения затылования фрезы принимаем падение затылка K равным 4 мм» [20].

«Определение диаметра начальной окружности:

$$d_{bu} = D_{bu} - 2 \cdot h_u^l - 0,1 \cdot K. \quad (41)» [20]$$

$$d_{bu} = 112 - 2 \cdot 3,75 - 0,1 \cdot 4 = 104,1 \text{ мм.}$$

«Определения угла подъема витков фрезы на начальной окружности:

$$\sin \omega = \frac{m \cdot a}{d_{bu}}, \quad (42)$$

где a – число заходов фрезы» [20].

Проводим соответствующие расчеты.

$$\sin \omega = \frac{3 \cdot 1}{104,1} = 0,0288.$$

$$\omega = 1^\circ 39' 05''.$$

«Осевой шаг между витками:

$$t_{oc} = \frac{t_u}{\cos \omega}. \quad (43)» [20]$$

$$t_{oc} = \frac{9,425}{\cos 1^\circ 39' 05''} = 9,429 \text{ мм.}$$

«Шаг канавки по оси определяется по формуле:

$$T = t_{oc} \cdot \operatorname{ctg}^2 \omega. \quad (45)$$

$$T = 9,429 \cdot \operatorname{ctg}^2 1^\circ 39' 05'' = 839,424 \text{ мм} \quad [20].$$

«Толщина зуба фрезы, требуемой для обеспечения заданной толщины зуба колеса:

$$S_{u1} = t_u - S_{d1}, \quad (46)$$

где S_{d1} – толщины зуба колеса на делительной окружности, мм» [20].

$$S_{u1} = 9,425 - 4,455 = 4,27 \text{ мм.}$$

«Высоту головки зуба фрезы:

$$h_{u1}^l = h_u^l - \frac{S_u + S_{u1}}{2 \cdot \operatorname{tg} \alpha}, \quad (47)$$

где α – угол подъема витков фрезы, град» [20].

$$h_{u1}^l = 3,756 - \frac{4,85 + 4,27}{2 \cdot \operatorname{tg} 20^\circ} = 4,55 \text{ мм.}$$

«Фактически получающийся диаметр окружности ножек:

$$d_{i\phi} = d_{d1} - 2 \cdot h_{u1}^l, \quad (48)$$

где d_{d1} – делительный диаметр, мм» [20].

$$d_{i\phi} = 69 - 2 \cdot 4,55 = 59,9 \text{ мм.}$$

Таким образом, проверочный расчёт подтверждает соответствие параметров фрезы требованиям обработки. Фактический диаметр меньше чертежного, что допустимо в данном случае, так как уменьшение не превышает величины равной 0,2 модуля.

Конструкция спроектированной фрезы приведена в графической части

работы, а его описание в приложении Б «Спецификации к сборочным чертежам».

Проектирование токарного патрона и червячной фрезы, выполненное в данном разделе, является ключевым этапом в обеспечении точности, надежности и эффективности технологического процесса. Токарный патрон позволил обеспечить жёсткое и точное крепление заготовки, что напрямую влияет на качество обработки. При его проектировании учитывались возможность работы с деталями различных форм и размеров, минимизация вибраций для сохранения точности, механическая прочность. Проектирование фрезы позволило сформировать точный эвольвентный профиль зубьев обрабатываемых колёс. Особое внимание было уделено геометрии, корректировке толщины зуба фрезы и диаметра окружности ножек для исключения помех при обработке, увеличению стойкости инструмента.

Проектирование токарного патрона и червячной фрезы базируется на тщательном инженерном подходе, основанном на расчётах, моделировании и учёте реальных условий эксплуатации. Их корректное проектирование гарантирует высокую точность обработки, стабильность процесса и экономическую эффективность.

Интеграция этих элементов в технологический процесс обеспечивает производство деталей, соответствующих современным стандартам качества.

4 Безопасность и экологичность технического объекта

4.1 Конструктивно-технологическая характеристика технического объекта

Приведем характеристику технологического процесса изготовления вала-шестерни.

Технологический процесс включает две ключевые операции: токарную и зубофрезерную. Большинство этапов являются типовыми, поэтому акцент сделан на изменяемые операции.

Токарная операция:

- исполнитель оператор станков с числовым управлением;
- оборудование токарно-винторезный станок SAMAT 400 XC;
- оснастка трехкулачковый патрон;
- инструмент резцы (подрезной, канавочный, резьбовой).

Зубофрезерная операция

- исполнитель зуборезчик;
- оборудование вертикальный зубофрезерный станок 53A20;
- оснастка пневматический трехкулачковый патрон;
- инструмент червячная фреза.

Материалы и вещества, используемые в техпроцессе: заготовка из стали 30ХМА ГОСТ 4543-71; смазочно-охлаждающая жидкость синтетического типа; обтирочная ветошь.

«На основании полученных данных необходимо провести оценку профессиональных рисков на изменяемых операциях и разработать меры по их минимизации; провести анализ пожарной безопасности участка; провести оценку экологического воздействия и внедрение мероприятий по снижению загрязнений» [2].

4.2 Идентификация профессиональных рисков

Идентификация профессиональных рисков для оператора станков с числовым управлением и зуборезчика связаны с воздействием механических, химических и физических факторов [2].

Оценим риски для оператора станков с числовым управлением. Источником рисков являются токарно-винторезный станок SAMAT 400 XC, резцы (подрезной, канавочный, резьбовой). Основные риски:

- попадание рук, одежды или волос в зону вращения шпинделя или режущего инструмента;
- разлет металлической стружки (риск повреждения глаз, кожи);
- шум и вибрация от работы станка (риск снижения слуха, усталости);
- контакт с синтетической смазочно-охлаждающей жидкостью (раздражение кожи, аллергические реакции);
- короткое замыкание, неисправность электрооборудования (риск поражения током).

Оценим риски для зуборезчика. Источником рисков являются зубофрезерный станок 53A20, червячная фреза, пневматический патрон. Основные риски:

- зажатие заготовки пневматическим патроном (риск травм пальцев при сбое пневматики);
- разрушение фрезы или заготовки (разлет осколков);
- аэрозоли металлической пыли от фрезерования (риск заболеваний органов дыхания);
- шум от работы станка и пневматических систем;
- утечки сжатого воздуха (риск травм от внезапного срабатывания пневмопатрона).

Проведенная оценка показывает, что преобладающими являются риски физической группы.

4.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков

«Для минимизации рисков, связанных с работой оператора станков с программным управлением и зуборезчика, применяется комплексный подход, включающий технические, организационные и индивидуальные меры защиты» [2].

Технические методы и средства приведены в таблице 6.

Таблица 6 – Технические методы и средства снижения рисков

Метод или средство	Для оператора станков с числовым управлением	Для зуборезчика
защитные экраны и кожухи	прозрачные экраны, автоматические блокировки при открытии кожуха	–
системы вентиляции	вытяжки для удаления паров смазочно-охлаждающая жидкость	локальные вытяжки для удаления металлической пыли
модернизация оборудования	станки с числовым управлением, оснащенные датчиками аварийной остановки; роботизированная подача заготовок	–
контроль пневматики	–	регуляторы давления, датчики утечек, предохранительные клапаны в пневмосистемах
искрогасители	–	устройства для подавления искр при обработке

Организационные методы приведены в таблице 7.

Таблица 7 – Организационные методы

Метод или средство	Для оператора станков с числовым управлением	Для зуборезчика
обучение и инструктаж	тренинги по работе с смазочно-охлаждающая жидкость, действиям при авариях	обучение безопасной замене фрез, работе с пневмосистемами
регламенты	инструкции по утилизации ветоши, замене инструмента	график профилактики станка, контроль износа фрез
система LOTO	блокировка станка при обслуживании	блокировка пневмопатрона и станка
медосмотры	контроль состояния кожи, слуха	контроль органов дыхания, слуха

Средства индивидуальной защиты приведены в таблице 8.

Таблица 8 – Средства индивидуальной защиты

Средства индивидуальной защиты	Для оператора станков с числовым управлением	Для зуборезчика
защитные очки/маски	противоударные очки	щитки от осколков
перчатки	антивибрационные перчатки.	–
наушники/беруши	шумоподавление от 25 дБ	шумоподавление от 25 дБ
спецодежда	влагонепроницаемая одежда	–
респираторы	–	респираторы для фильтрации пыли
обувь	–	антискользящая подошва

Реализация перечисленных мер позволяет минимизировать профессиональные риски, обеспечить безопасность персонала, повышая общую эффективность производства.

4.4 Обеспечение пожарной безопасности технического объекта

Специфика рассматриваемого участка механической обработки заключается в том, что наиболее вероятны пожары класса В (возгорание СОЖ, масел) и класса Е (короткое замыкание в станках). Каждый пожар сопровождается комплексом угроз для жизни, здоровья и имущества приведенным в таблице 9.

Таблица 9 – Опасные факторы пожара

Фактор	Описание	Последствия
открытое пламя	непосредственный контакт с огнем	ожоги, возгорание одежды, разрушение конструкций
высокая температура	тепловое излучение и горячий воздух	тепловой удар, обезвоживание, повреждение дыхательных путей
токсичный дым	продукты горения	отравление, удушье, потеря сознания, долгосрочные заболевания
снижение уровня кислорода	кислород вытесняется дымом и расходуется на горение	гипоксия, головокружение, остановка сердца
обрушение	ослабление несущих	травмы от падающих объектов,

Продолжение таблицы 9

Фактор	Описание	Последствия
конструкций	элементов здания из-за огня	блокировка путей эвакуации.
взрывы	воспламенение газов, пыли или паров	травмы от ударной волны, осколков, вторичные очаги пожара
паника	dezориентация из-за задымления, шума, стресса	неадекватные действия, давка, гибель при эвакуации

Пожарная безопасность на участке механической обработки вала-шестерни обеспечивается комплексом организационных, технических и профилактических мер, направленных на предотвращение возгораний, минимизацию их последствий и защиту персонала.

Профилактические меры по обеспечению пожарной безопасности приведены в таблице 10.

Таблица 10 – Профилактические меры

Мера	Описание / Реализация
контроль горючих материалов	промасленная ветошь, стружка хранятся в металлических герметичных контейнерах; использование биоразлагаемых СОЖ вместо синтетических; регулярная уборка стружки и масляных отложений
искробезопасность	установка искрогасителей на зубофрезерных станках; запрет сварочных работ без защитных экранов.
электробезопасность	проверка изоляции проводки и заземления; использование оборудования с автоматическими выключателями

Технические средства пожаротушения приведены в таблице 11.

Таблица 11 – Технические средства пожаротушения

Средство	Характеристики / Размещение
огнетушители	порошковые (ОП-5), углекислотные (ОУ-3) не менее 1 шт. на 50 м ²
пожарные щиты	комплектация: песок, лопаты, асбестовые полотна (кошма)
автоматические системы	датчики дыма и тепловые извещатели локальные модули порошкового пожаротушения

«Организационные мероприятия по обеспечению пожарной

безопасности приведены в таблице 12» [2].

Таблица 12 – Технические средства пожаротушения

Мероприятие	Реализация
обучение персонала	инструктажи каждые 3 месяца; тренировки по эвакуации и тушению ежегодно
документация	план эвакуации с маршрутами; журналы проверок огнетушителей и систем сигнализации
система LOTO	блокировка электрооборудования при обслуживании

Реализация перечисленных мер позволяет снизить риск возгораний из-за искр, перегрева оборудования или неисправной проводки, обеспечить оперативное тушение пожара на ранней стадии, сохранить жизни сотрудников и минимизировать ущерб оборудованию, соответствовать требованиям надзорных органов.

4.5 Обеспечение экологической безопасности технического объекта

«Экологическая безопасность технологического процесса направлена на минимизацию негативного воздействия производства на окружающую среду» [2]. Это достигается за счет снижения выбросов, рационального использования ресурсов и утилизации отходов.

Основные источники экологических рисков приведены в таблице 13.

Таблица 13 – Основные источники экологических рисков

Источник воздействия	Потенциальные последствия
смазочно-охлаждающие жидкости	загрязнение воды и почвы токсичными компонентами
металлическая стружка и пыль	накопление отходов, загрязнение почвы, риск воспламенения
энергопотребление станков	выбросы CO ₂ из-за высокого расхода электроэнергии
шум и вибрация	шумовое загрязнение, воздействие на экосистемы
химические реагенты	попадание в сточные воды, нарушение биохимического баланса водоемов

Меры по снижению экологического воздействия приведены в таблице 14.

Таблица 14 – Меры по снижению экологического воздействия

Мера	Реализация
использование биоразлагаемых СОЖ	замена синтетических жидкостей на экологически безопасные аналоги
рециркуляция СОЖ	внедрение систем замкнутого цикла для очистки и повторного использования СОЖ
переработка металлических отходов	прессование стружки в брикеты и сдача на вторичную переработку
энергоэффективность	использование станков класса А+ и рекуперацией энергии
очистка выбросов	установка фильтров на вентиляционных системах для улавливания металлической пыли
утилизация отходов	сотрудничество с лицензированными компаниями для утилизации опасных отходов

В результате удалось добиться снижения токсичной нагрузки на почву и воду, экономии ресурсов за счет рециркуляции СОЖ и переработки металлов, сокращения углеродного следа благодаря энергоэффективному оборудованию, соответствия требованиям экологических стандартов.

В результате выполнения данного раздела было выявлено, что технологический процесс изготовления детали, спроектированный с учетом принципов экологичности и безопасности, демонстрирует комплексный подход к минимизации негативного воздействия на окружающую среду и обеспечению защиты персонала. Реализация предложенных мер позволила достичь значимых результатов.

5 Экономическая эффективность работы

Задача раздела – «рассчитать технико-экономические показатели проектируемого технологического проекта. Произвести сравнительный анализ с показателями базового варианта и определить экономический эффект от предложенных в проекте технических решений» [7].

Решение поставленной задачи основано на данных предыдущих разделов. Обобщенная схема процесса производства приведена на рисунке 5.

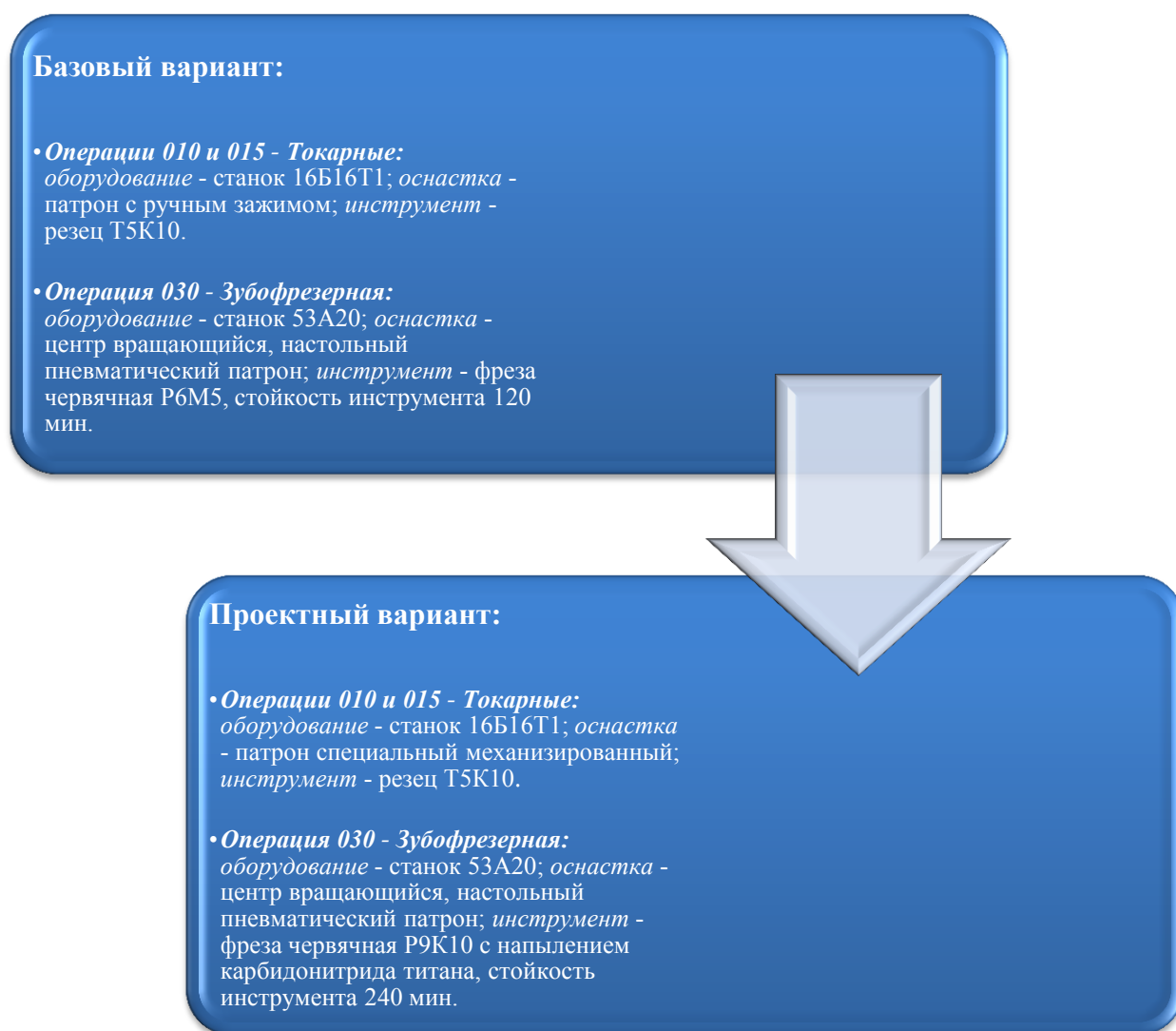


Рисунок 5 – Обобщенная схема процесса производства

Обобщенная схема содержит операции, наиболее значимые с точки зрения формирования затрат. Количественная оценка этих операций начинается с расчета технологической себестоимости по установленной методике [7]. «Величина технологической себестоимости и показатели, ее определяющие, представлены на рисунке 6» [7].

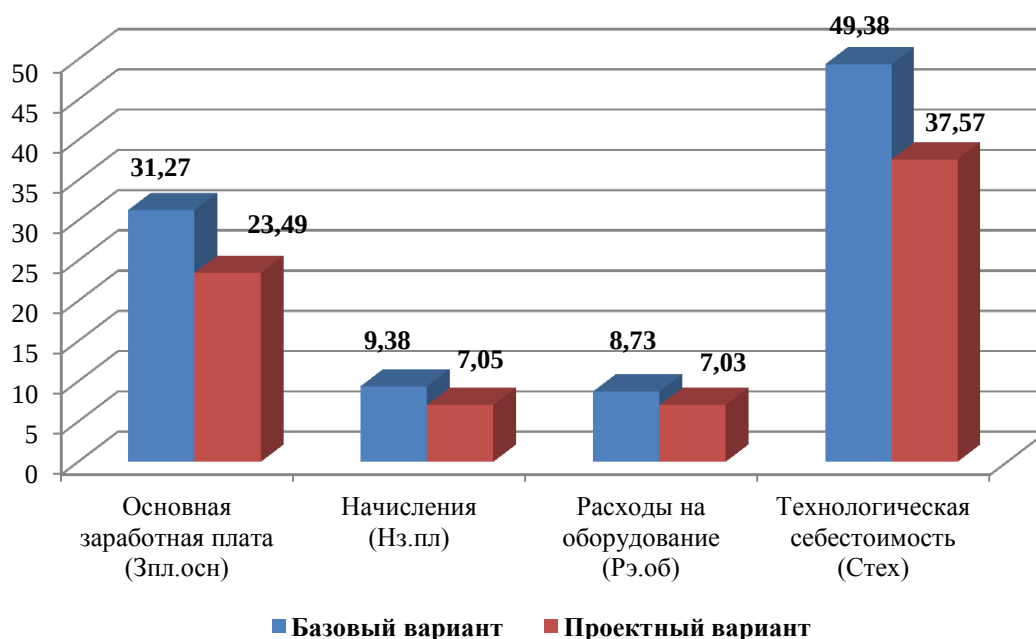


Рисунок 6 – Величина технологической себестоимости, а также, показатели из которых она формируется, руб.

Из рисунка 6 наглядно просматривается зависимость величины технологической себестоимости от основной заработной платы, которые составляют около 63 % от общего объема, в обоих вариантах. При этом, технологическая себестоимость не значительно, но примерно в равной степени, зависит от величины начислений и расходов на оборудование, доля которых составляет около 18 %, также в обоих вариантах.

«После выполнения всех требуемых вычислений, следующим шагом является определение объема капиталовложений в данный процесс производства, иначе говоря, требуется оценить необходимый масштаб инвестиций» [7]. «Для этого прибегнем к методике расчета капитальных

вложений (инвестиций) по сравниваемым вариантам технологического процесса» [7]. «По причине того, что изменения технологического процесса касаются лишь оснастки и инструмента, масштаб инвестиций будет основываться на частичном перечне затрат» [7]. «Это будут: затраты на проектирование ($K_{пр}$), оснастку (K_o) и инструмент ($K_{и}$)» [7]. На рисунке 7 представлены данные заявленных показателей и общий масштаб инвестиций.

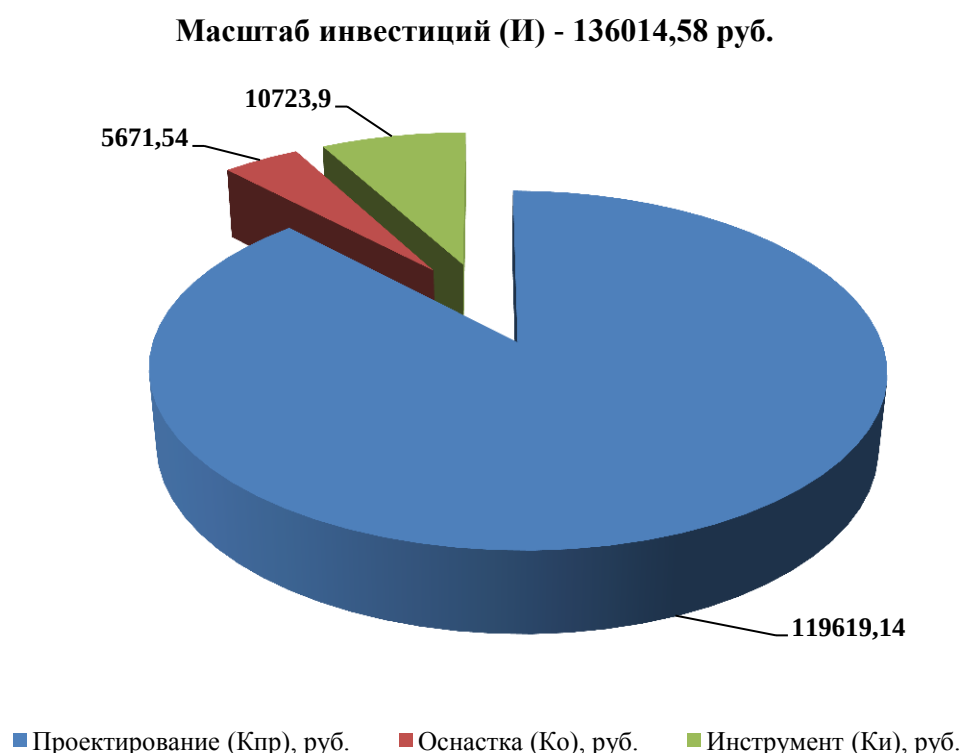


Рисунок 7 – Цифровые данные заявленных показателей и общий масштаб инвестиций, руб.

Анализ данных рисунка 7 показывает, что подавляющая часть инвестиций (87,9 %) приходится на проектирование. В то же время, затраты на оснастку составляют лишь 4,2 %, что является незначительной долей общих вложений.

Следующим шагом является расчет количественных значений ключевых экономических показателей: «чистой прибыли, срока окупаемости и интегрального экономического эффекта» [7]. «Расчет выполняется в

соответствии с методикой расчета показателей экономической эффективности проектируемого варианта технологического процесса» [7]. Полученные значения данных показателей отражены на рисунке 8.

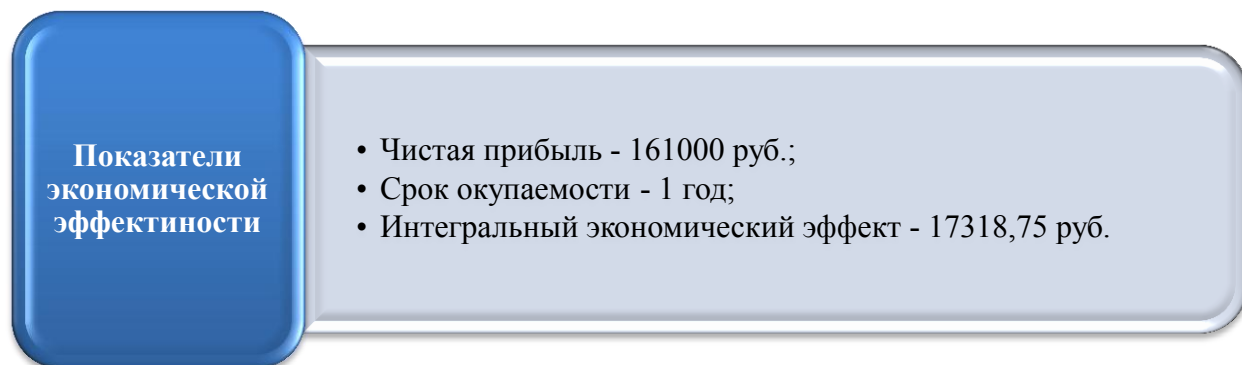


Рисунок 8 – Демонстрация параметров экономических показателей

В результате выполнения раздела можно сделать заключение об эффективности данного технологического процесса. «Все проведенные экономические исследования, подтверждают его эффективность, поскольку его реализация приведет к получению совокупного экономического эффекта в размере 17318,75 рублей» [9].

Заключение

Выпускная квалификационная работа на тему «Технологический процесс изготовления вала-шестерни привода экскаватора ЕК-12» была направлена на разработку эффективного, безопасного и экономически обоснованного метода производства ключевой детали тяжелой строительной техники. В ходе ее выполнения были решены следующие задачи.

Проведен обзор современных методов обработки зубчатых передач, что позволило выбрать оптимальные подходы для изготовления вала-шестерни с учетом требований к точности и надежности. Разработан поэтапный процесс, включающий токарную, зубофрезерную и термическую обработку. Особое внимание уделено выбору оборудования и инструментов.

Внедрены меры пожарной и экологической безопасности, такие как использование искрогасителей, систем рециркуляции отходов и блокировки. Это минимизировало риски для персонала и окружающей среды.

Рассчитана себестоимость производства, которая снижена за счет оптимизации режимов резания и сокращения отходов. Дополнительный экономический эффект достигнут благодаря применению специальных средств оснащения. Интеграция этих элементов в технологический процесс обеспечивает производство деталей, соответствующих современным стандартам качества.

Разработанный процесс соответствует стандартам, что позволяет внедрить его на предприятиях машиностроительного комплекса.

Работа демонстрирует комплексный подход к решению инженерных задач, сочетающий технологическую эффективность, экологическую ответственность и экономическую целесообразность. Результаты исследования могут быть применены не только в производстве экскаваторов, но и в других отраслях, где требуются высоконагруженные зубчатые передачи.

Список используемых источников

1. Бочкова Д. Е. Проектирование заготовок в машиностроении: практикум : учебное пособие / Д. Е. Бочкова, М. Н. Бобков. – Тула : ТулГУ, 2023. – 198 с. – ISBN 978-5-7679-5333-2. – Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. – URL: <https://e.lanbook.com/book/427247> (дата обращения: 15.03.2025).
2. Горина Л.Н. Раздел выпускной квалификационной работы «Безопасность и экологичность технического объекта»: учеб. –метод. пособие / Л.Н. Горина, М.И. Фесина. – Тольятти.: Изд –во ТГУ, 2021. – 22 с.
3. Грубый С. В. Расчет режимов резания для операций механической обработки : методические указания / С. В. Грубый. – Вологда : Инфра-Инженерия, 2021. – 200 с. – ISBN 978-5-9729-0665-9. – Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. – URL: <https://e.lanbook.com/book/192451> (дата обращения: 23.03.2025).
4. Евгеньева Е. А. Технологическая оснастка в машиностроении : учебное пособие / Е. А. Евгеньева, С. И. Дмитриев. – Вологда : Инфра-Инженерия, 2024. – 156 с. – ISBN 978-5-9729-1964-2. – Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. – URL: <https://e.lanbook.com/book/428525> (дата обращения: 25.04.2025).
5. Иванов В.П. Оборудование и оснастка промышленного предприятия: учеб. для студентов вузов по специальности "Оборудование и технологии высокоэффектив. процессов обработки материалов" / В.П. Иванов, А.В. Крыленко. – Минск. : Новое знание, 2016. – 234 с.
6. Ковшов А. Н. Технология машиностроения : учебник / А. Н. Ковшов. – 3-е изд., стер. – Санкт-Петербург : Лань, 2022. – 320 с. – ISBN 978-5-8114-0833-7. – Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. – URL: <https://e.lanbook.com/book/212438> (дата обращения: 16.04.2025).
7. 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: 30.04.2025).

8. Кудряшов Е. А. Приспособления для производства изделий машиностроения : учебник / Е. А. Кудряшов, И. М. Смирнов, Е. И. Яцун ; под редакцией Е. А. Кудряшова. – 2-е изд., испр. – Москва : Машиностроение, 2023. – 220 с. – ISBN 978-5-907523-50-0. – Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. – URL: <https://e.lanbook.com/book/387524> (дата обращения: 18.04.2025).

9. Маталин А. А. Технология машиностроения : учебник для вузов / А. А. Маталин. – 6-е изд., стер. – Санкт-Петербург : Лань, 2024. – 512 с. – ISBN 978-5-507-47642-8. – Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. – URL: <https://e.lanbook.com/book/399728> (дата обращения: 23.04.2025).

10. Мещерякова В.Б. Металлорежущие станки с ЧПУ: учеб. пособие / В.Б. Мещерякова, В.С. Стародубов. – Москва. : ИНФРА-М, 2017. – 336 с. [Электронный ресурс]. – URL: <http://znanium.com/catalog/product/881108> (дата обращения: 06.04.2025).

11. Пелевин В.Ф. Метрология и средства измерений: учеб. пособие / В.Ф. Пелевин. – Москва. : ИНФРА-М, 2017. – 273 с. [Электронный ресурс]. – URL: <http://znanium.com/catalog/product/774201> (дата обращения: 08.04.2025).

12. Расторгуев Д.А. Проектирование технологических операций: электрон. учеб.-метод. пособие / Д.А. Расторгуев. – Тольятти. : ТГУ, 2015. – 140 с. [Электронный ресурс] – URL: <http://hdl.handle.net/123456789/76> (дата обращения: 22.04.2025).

13. Режущий инструмент : учебное пособие / Д. В. Кожевников, В. А. Гречишников, С. В. Кирсанов [и др.] ; под общей редакцией С. В. Крисанова. – 5 изд., стереотип. – Москва : Машиностроение, 2022. – 520 с. – ISBN 978-5-907523-01-2. – Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. – URL: <https://e.lanbook.com/book/192992> (дата обращения:

29.04.2025).

14.Справочник технолога : справочник / А. Г. Суслов, В. Ф. Безъязычный, Б. М. Базров [и др.] ; под общей редакцией А. Г.Суслова. – 2-е изд. – Москва : Машиностроение, 2023. – 800 с. – ISBN 978-5-907523-51-7. – Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. – URL: <https://e.lanbook.com/book/387530> (дата обращения: 11.04.2025).

15.Стародубов С. Ю. Проектирование заготовок в машиностроении : учебное пособие / С. Ю. Стародубов, С. Н. Кучма. – Вологда : Инфра-Инженерия, 2024. – 228 с. – ISBN 978-5-9729-1630-6. – Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. – URL: <https://e.lanbook.com/book/428483> (дата обращения: 26.03.2025).

16.Сысоев С. К. Технология машиностроения. Проектирование технологических процессов : учебное пособие для вузов / С. К. Сысоев, А. С. Сысоев, В. А. Левко. – 5-е изд., стер. – Санкт-Петербург : Лань, 2025. – 352 с. – ISBN 978-5-507-53016-8. – Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. – URL: <https://e.lanbook.com/book/464225> (дата обращения: 19.04.2025).

17.Тарабарин О. И. Проектирование технологической оснастки в машиностроении : учебное пособие / О. И. Тарабарин, А. П. Абызов, В. Б. Ступко. – 2-е изд., испр. и доп. – Санкт-Петербург : Лань, 2022. – 304 с. – ISBN 978-5-8114-1421-5. – Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. – URL: <https://e.lanbook.com/book/211214> (дата обращения: 27.04.2025).

18.Технология машиностроения в курсовом проектировании и в выпускной квалификационной работе : учебное пособие / И. Д. Белоновская, Н. Ю. Глинская, А. Н. Гончаров, К. В. Марусич. – 2-е изд., перераб. и доп. – Оренбург : ОГУ, 2024. – 208 с. – ISBN 978-5-7410-3249-7. – Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. – URL: <https://e.lanbook.com/book/437753> (дата обращения: 28.03.2025).

19.Химический состав и физико-механические свойства стали 30ХМА

[Электронный ресурс]. – URL: http://metallicheckiy-portal.ru/marki_metallov/stj/30XMA (дата обращения: 18.02.2025).

20.Шаламов В. Г. Режущий инструмент в машиностроении : учебное пособие / В. Г. Шаламов. – Вологда : Инфра-Инженерия, 2024. – 132 с. – ISBN 978-5-9729-2078-5. – Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. – URL: <https://e.lanbook.com/book/428507> (дата обращения: 16.04.2025).

21.Ямников А. С. Расчет припусков и проектирование заготовок : учебник / А. С. Ямников, Е. Ю. Кузнецов, М. Н. Бобков. – 2-е изд. – Вологда : Инфра-Инженерия, 2024. – 328 с. – ISBN 978-5-9729-2012-9. – Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. – URL: <https://e.lanbook.com/book/428501> (дата обращения: 11.04.2025).

Приложение А Технологическая документация

Таблица А.1 – Технологическая документация

Дизайн																				
Взам																				
Подп																				
Разработал	Варламова				ТГУ Кафедра ОТМП															
Проверил	Козлов																			
Утвердил					Вал-шестерня															
Н. контр																				
М01	Сталь 30ХНМА ГОСТ 4345-71																			
	Код	ЕВ	МД	ЕН	Н. расх.	КИМ	Код заготовки	Профиль и размеры				КД	МЗ							
М02		166	4,5кг	1		Q65		315x80,2				1	6,0кг							
А	Цех	Уч	РМ	Опер	Код наименования операции				Обозначение документа											
Б					Код наименования оборудования				СМ	проф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Кшт	Тпоз	Тшт	
А03	XX XX XX 000 Заготовительная																			
Б04	Горизонтально-кобачная машина																			
О5																				
А06	XX XX XX 005 4269 Фрезерно-центровальная																			
Б07	Фрезерно-центровальный п/а МР-78 3 18225 422 1Р 1 1 1 1200 1 0,8																			
О 08	Подрезать торцы 2, 8 в размер 315±0,2, просверлить центровые отверстия 1, 36 в размер 13,2x14																			
Т 09	396131 Тиски самоцентрирующие с призматическими губками ГОСТ 12195-66; 391801 Фреза торцовая																			
10	φ70 ГОСТ 1695-80 ТТ20К9; 391267 Сверло центровочное А6,3 ГОСТ 14952-80 Р6М5; 393311 Штанген-																			
11	циркуль ШЦ-1 ГОСТ 160-80.																			
12																				
А 13	XX XX XX 010 4110 Токарная																			
Б 14	381101 Токарный САМАТ 400 ХС 3 18217 422 1Р 1 1 1 1200 1 1,92																			
О 15	Точить последовательно поверхности и торцы Установ А: пов. 8 φ40±0,25; торец 9 l=140±0,46; пов.																			
16	16 φ50±0,25; торец 17 l=100±0,4; Установ Б: пов. 34 φ30±0,21; торец 7 l=275±0,52; пов. 31 φ40±0,25;																			
МК																				

Продолжение Приложения А

Продолжение таблицы А.1

A	Цех	Уч	РМ	Опер	Код, наименование операции	Обозначение документа										
Б	Код, наименование операции					СМ	проф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Кшт	Тпоз	Тшт
Т 19	396110 Патрон кулачковый ГОСТ 16157-70; 392871 Центр вращающийся ГОСТ 8742-75; 392101 Резец															
20	контурный ГОСТ 18879-73 Т5К10; 393311 Штангенциркуль ШЦ-2 ГОСТ 160-80.															
21																
А 22	XX XX XX 015 4110 Токарная															
Б 23	381101 Токарный с ЧПУ ТНС-10					3	18217	422	1Р	1	1	1	1200	1		0,45
О 24	Точить последовательно поверхность $\phi 30,41 \pm 0,025$.															
Т 25	396110 Патрон кулачковый ГОСТ 16157-70; 392871 Центр вращающийся ГОСТ 8742-75; 392101 Резец															
26	контурный ГОСТ 18879-73 Т5К10; 393311 Штангенциркуль ШЦ-2 ГОСТ 160-80.															
27																
А 28	XX XX XX 020 4110 Токарная															
Б 29	381101 Токарный с ЧПУ ТНС-10					3	18217	422	1Р	1	1	1	1200	1		1,32
О 30	Точить последовательно поверхности и торцы: пов. 13 $\phi 32,21 \pm 0,025$; торец 12 $l=97 \pm 0,035$;															
31	пов. 6 $\phi 25,36 \pm 0,021$; торец 5 $l=187 \pm 0,045$; резьбу 2 М24х1,5; канавки 11 и 4.															
Т 32	396110 Патрон поводковый ГОСТ 16157-70; 392871 Центр вращающийся ГОСТ 8742-75; 392101 Резец															
33	контурный ГОСТ 18879-73 Т30К4; 392101 Резец канавочный ГОСТ 18890-73 Т5К10;															
34	393410 Микрометр МК-50 ГОСТ 6507-78.															
35																
А 36	XX XX XX 025 4110 Токарная															
Б 37	381101 Токарный с ЧПУ ТНС-10					3	18217	422	1Р	1	1	1	1200	1		1,47
О 38	Точить последовательно поверхности и торцы: пов. 14 $\phi 30,41 \pm 0,025$; отв. 19 $\phi 20,31 \pm 0,016$; канавку 17.															
Т 39	396110 Патрон цанговый ГОСТ 16157-70; 392871 Центр вращающийся ГОСТ 8742-75; 392101 Резец															
40	контурный ГОСТ 18879-73 Т30К4; 392101 Резец канавочный ГОСТ 18890-73 Т5К10; 392104 Резец															
41	расточной ГОСТ 18879-73 Т30К4; 393410 Микрометр МК-50 ГОСТ 6507-78.															
МК																

Продолжение Приложения А

Продолжение таблицы А.1

A	Цех	Уч	РМ	Опер	Код, наименование операции	Обозначение документа									
Б	Код, наименование оборудования				СМ	проф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Кшт	Тпоз	Тшт
19	торец 29 l=235±0,46; пов. 28 φ45±0,25; торец 27 l=160±0,40; пов. 18 φ68±0,35; торец 23 l=136±0,4;														
20	пов. 22 φ45±0,25; торец 21 l=124±0,4; пов. 24 φ94±0,35.														
21	396110 Патрон поводковый ГОСТ 2571-71; 392871 Центр вращающийся ГОСТ 8742-75; 392101 Резец														
22	подрезной ГОСТ 18877-73 Т5К10; 392101 Резец канавочный ГОСТ 18890-73 Т5К10; 393311 Штанген-														
23	циркуль ШЦ-1 ГОСТ 160-80.														
24															
A 25	XX XX XX 015 4110 Токарная														
26	381101 Токарный САМАТ 400 ХС 3 15292 422 1Р 1 1 1 1200 1 0,92														
27	Точить последовательно поверхности и торцы Установ А: пов. 8 φ40±0,1; торец 10 l=140±0,21;														
28	канавку 9 39,5x10; Установ Б: пов. 34 φ30±0,084; торец 33 l=275±0,21; пов. 31 φ40±0,1; торец 30 l=														
29	=235±0,21; канавку 29 φ39,5x10; пов. 18 φ68±0,12; пов. 24 φ94±0,14.														
T 30	396110 Патрон поводковый ГОСТ 2571-71; 392871 Центр вращающийся ГОСТ 8742-75; 392101 Резец														
31	подрезной ГОСТ 18877-73 Т5К10; 392101 Резец канавочный ГОСТ 18890-73 Т5К10; 393410														
32	Микрометр МК-50 ГОСТ 6507-78.														
33															
A 34	XX XX XX 025 4262 Шпоночно-фрезерная														
Б 35	381631 Вертикально-фрезерный 6Т13 3 18632 422 1Р 1 1 1 1200 1 0,45														
О 36	Фрезеровать шпоночный паз Н=25±0,13; б=10±0,043; l=10±0,58.														
T 37	396131 Тиски самоцентрирующие с призматическими губками ГОСТ 12195-66; 391802 Фреза шпоноч-														
38	ная φ10 ГОСТ 1695-80 Р6М5; 393311 Штангенциркуль ШЦ-1 ГОСТ 160-80; 393120 Калибр-пробка.														
A 39															
Б 40	XX XX XX 025 4262 Шпоночно-фрезерная														
О 41	381631 Вертикально-фрезерный 6Т13 3 18632 422 1Р 1 1 1 1200 1 0,45														
МК															

Продолжение Приложения А

Продолжение таблицы А.1

A	Цех	Уч	РМ	Опер	Код, наименование операции	Обозначение документа									
Б	Код, наименование оборудования				СМ	проф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Кшт	Тпоз	Тшт
Т 44	396131 Тиски самоцентрирующие с призматическими губками ГОСТ 12195-66; 391802 Фреза шпоноч-														
45	ная Ø10 ГОСТ 1695-80 Р6М5; 393311 Штангенциркуль ШЦ-1 ГОСТ 160-80; 393120 Калибр-пробка.														
46															
А 47	XX XX XX 030 4153 Зубофрезерная														
Б 48	381527 Вертикально зубофрезерный 53А20 3 12287 422 1Р 1 1 1 1200 1 1,72														
О 49	Нарезать зубья пов. 19 m=4, z=25, 8ст.														
Т 50	396110 Патрон 3-х кулачковый ГОСТ 2675-80; 392871 Центр вращающийся ГОСТ 8742-75; 391802														
51	Фреза червячная ГОСТ 9324-80 Р9М4К8; 394300 Прибор БВ-5061.														
52															
А 53	XX XX XX 035 4150 Зубофасочная														
Б 54	381551 Зубофасочный ВС-320А 3 18632 422 1Р 1 1 1 1200 1 0,45														
О 55	Фрезеровать пов.19 0,5x45°.														
Т 56	396110 Патрон цанговый ГОСТ 2571-71; 392871 Центр вращающийся ГОСТ 8742-75; 391802 Фреза														
57	червячная одновитковая ГОСТ 9324-80; 393120 Шаблон.														
58															
А 59	XX XX XX 040 4152 Зуболбечная														
Б 60	381571 Зуболбечный п/а 5А122 3 11868 422 1Р 1 1 1 1200 1 1,58														
О 61	Нарезать зубья пов. 25 m=4, z=20, 8ст.														
Т 62	396110 Патрон 3-х кулачковый ГОСТ 2675-80; 392871 Центр вращающийся ГОСТ 8742-75; 392410														
63	Долбяк зуборезный ГОСТ 9323-79 ТТ10К6; 394300 Прибор БВ-5061.														
64															
А 65	XX XX XX 045 4150 Зубофасочная														
Б 66	381551 Зубофасочный ВС-320А 3 18632 422 1Р 1 1 1 1200 1 0,45														
МК															

Продолжение Приложения А

Продолжение таблицы А.1

Цех						Уч		РМ		Опер		Код, наименование операции		Обозначение документа																	
Б						Код, наименование оборудования				СМ		проф.		Р		УТ		КР		КОИД		ЕН		ОП		Кшт		Тпоз		Тшт	
0 69						Фрезеровать пов.25 0,5х45°.																									
Т 70						396110 Патрон цанговый ГОСТ 2571-71; 392871 Центр вращающийся ГОСТ 8742-75; 391802 Фреза																									
71						червячная одновитковая ГОСТ 9324-80; 393120 Шаблон.																									
72																															
А 73						XX XX XX 050 4150 Зубошевинговальная																									
Б 74						381571 Зубодошевинговальный 5702В 3 12290 422 1Р 1 1 1 1200 1 1,19																									
0 75						Шевинговать зубья пов. 19 т=4, z=25, 8ст.																									
Т 76						396110 Патрон цанговый ГОСТ 2675-80; 392871 Центр вращающийся ГОСТ 8742-75; 3924030																									
77						Шевер дисковый ГОСТ 8570-80 Р9Ф5; 394300 Прибор БВ-5061.																									
78																															
А 79						XX XX XX 055 4150 Зубошевинговальная																									
Б 80						381571 Зубодошевинговальный 5702В 3 12290 422 1Р 1 1 1 1200 1 1,19																									
0 81						Шевинговать зубья пов. 25 т=4, z=20, 8ст.																									
Т 82						396110 Патрон цанговый ГОСТ 2675-80; 392871 Центр вращающийся ГОСТ 8742-75; 3924030																									
83						Шевер дисковый ГОСТ 8570-80 Р9Ф5; 394300 Прибор БВ-5061.																									
84																															
А 85						XX XX XX 060 Термическая																									
86																															
А 87						XX XX XX 065 4130 Центрошлифовальная																									
Б 88						381310 Центрошлифовальный 3922 3 18225 422 1Р 1 1 1 1200 1 0,31																									
0 89						Шлифовать центровые отверстия 1 36 в размер 13,2х14																									
Т 90						396110 Патрон мембранный ГОСТ 18157-70; 397110 Головка шлифовальная АГК ГОСТ2447-82																									
91						393120 Шаблон.																									
МК																															

Продолжение Приложения А

Продолжение таблицы А.1

A	Цех	Уч	РМ	Опер	Код, наименование операции	Обозначение документа									
Б	Код, наименование оборудования				СМ	проф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Кшт	Тпоз	Тшт
А 94	XX XX XX 070 4131 Шлифовальная														
Б 95	381311 ТорцекруглошлифовальныйЗТ160 3 18873 422 1Р 1 1 1 1200 1 0,45														
О 96	Шлифовать поверхности и торцы: пов. 8 $\phi 40 \pm 0,062$; торец 9 $l=100 \pm 0,12$.														
Т 97	396110 Патрон поводковый ГОСТ 2571-71; 392871 Центр подвижный ГОСТ 8740-75; Круг шлифоваль-														
98	ный ПП500х203х80; 39410 микрометр МК-50 ГОСТ6507-78.														
99															
А 100	XX XX XX 075 4131 Шлифовальная														
Б 101	381311 ТорцекруглошлифовальныйЗТ160 3 18873 422 1Р 1 1 1 1200 1 0,94														
О 102	Шлифовать: пов. 34 $\phi 30 \pm 0,062$; торец 33 $l=275 \pm 0,12$; пов. 31 $\phi 40 \pm 0,62$; торец 30 $l=230 \pm 0,12$.														
Т 103	396110 Патрон поводковый ГОСТ 2571-71; 392871 Центр подвижный ГОСТ 8740-75; Круг шлифоваль-														
104	ный ПП500х203х80; 39410 микрометр МК-50 ГОСТ6507-78.														
105															
А 106	XX XX XX 080 4131 Шлифовальная														
Б 107	381311 ТорцекруглошлифовальныйЗТ160 3 18873 422 1Р 1 1 1 1200 1 0,45														
О 108	Шлифовать поверхности и торцы: пов. 8 $\phi 40 \pm 0,025$; торец 9 $l=100 \pm 0,052$.														
Т 109	396110 Патрон поводковый ГОСТ 2571-71; 392871 Центр подвижный ГОСТ 8740-75; Круг шлифоваль-														
110	ный ПП500х203х80; 393120 Скоба рычажная СР.														
111															
А 112	XX XX XX 075 4131 Шлифовальная														
Б 113	381311 ТорцекруглошлифовальныйЗТ160 3 18873 422 1Р 1 1 1 1200 1 0,94														
О 114	Шлифовать: пов. 34 $\phi 40 \pm 0,025$; торец 29 $l=230 \pm 0,052$.														
Т 115	396110 Патрон поводковый ГОСТ 2571-71; 392871 Центр подвижный ГОСТ 8740-75; Круг шлифоваль-														
116	ный ПП500х203х80; 393120 Скоба рычажная СР.														
МК															

Продолжение Приложения А

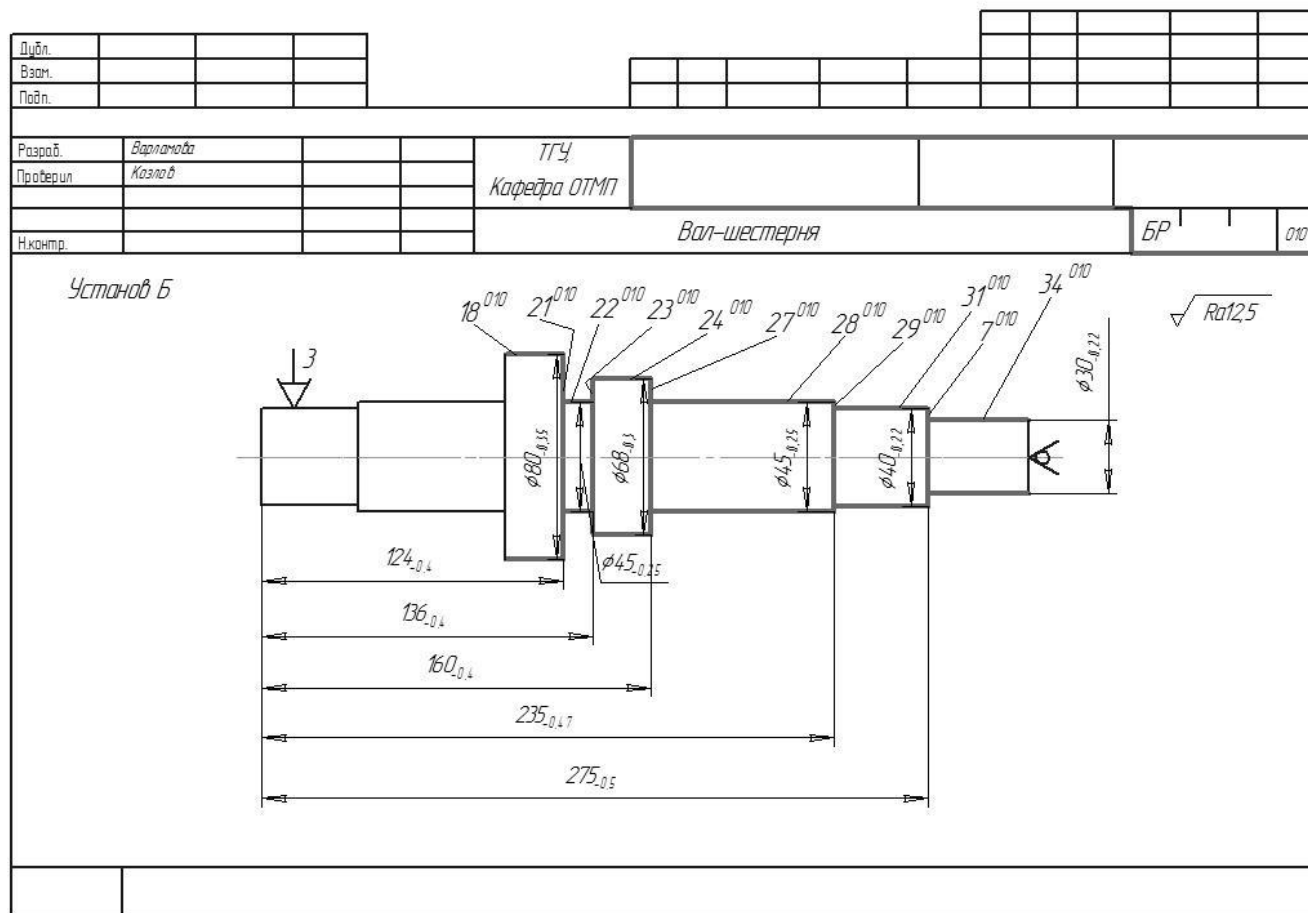
Продолжение таблицы А.1

A	Цех	Уч	РМ	Опер	Код, наименование операции			Обозначение документа							
Б	Код, наименование оборудования				СМ	проф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Кшт	Тлоз	Тшт
A 119	XX XX XX 090 4131				Притирочная										
120															
A 121	XX XX XX 095				Моечная										
122															
A 123	XX XX XX 100				Контрольная										
124															
125															
126															
127															
128															
129															
130															
131															
132															
133															
134															
135															
136															
137															
138															
139															
140															
141															
МК															

Продолжение таблицы А.1

64

Продолжение таблицы А.1



Продолжение Приложения А

Продолжение таблицы А.1

ГОСТ 2118-82										Форм 1	
Дубл.											
Взам.											
Подп.											
Разраб.	Варламова										
Проверил	Козлов										
Н.контр.											
Вал-шестерня										Цех	Уч.
										Р.М.	Опер.
										010	
Наименование операции		Материал		Твердость	ЕВ	МД	Профиль и размеры		МЗ	КОИД	
Токарная		30ХМА ГОСТ 4345-71		НВ 226	кз	4,5			6	1	
Оборудование, устройство ЧПУ		Обозначение программы		Тр	ТЪ	Тгв	Тшт	Сож			
SAMAT 400 XS				163	0,29	0,08	192	Вэлс-15%			
		пи	о или в	Л	т	и	с	п	V		
01	1. Установить заготовку										
Т. 02	396110 Патрон поводковый ГОСТ 2571-71; 392871 Центр вращающийся ГОСТ 8742-75.										
03	2. Точить последовательно поверхности и торцы Установ А: пов. 8; торец 9; пов. 16; торец 17;										
04	Установ Б: пов. 34; торец 7; пов. 31; торец 29; пов. 28; торец 27; пов. 18; торец 23; пов. 22; торец										
05	21; пов. 24 согласно эскиза.										
Т. 06	392101 Резец подрезной ГОСТ 18877-73 Т5К10; 392101 Резец канавочный ГОСТ 18890-73 Т5К10;										
07	393311 Штангенциркуль ШЦ-1 ГОСТ 160-80.										
08	3. Открепить, снять деталь с приспособления, уложить на тележку.										
09											
10											

Спецификации к сборочным чертежам

Перед. примен.	Формат	Зона	Лист	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание	
					<u>Документация</u>			
	A1			25.BP.OТMП.044.65.00.000СБ	Сборочный чертеж			
					<u>Детали</u>			
Справ. №	A4	1		25.BP.OТMП.044.65.00.001	Корпус патрона	1		
	A4	2		25.BP.OТMП.044.65.00.002	Втулка	1		
	A4	3		25.BP.OТMП.044.65.00.003	Гидроцилиндр	1		
	A4	4		25.BP.OТMП.044.65.00.004	Сменный кулачок	3		
	A4	5		25.BP.OТMП.044.65.00.005	Крышка цилиндра	1		
	A4	6		25.BP.OТMП.044.65.00.006	Корпус гидроцилиндра	1		
	A4	7		25.BP.OТMП.044.65.00.007	Поршень	1		
	A4	8		25.BP.OТMП.044.65.00.008	Рычаг	1		
	A4	9		25.BP.OТMП.044.65.00.009	Постоянный кулачок	3		
	A4	10		25.BP.OТMП.044.65.00.010	Втулка	1		
	A4	11		25.BP.OТMП.044.65.00.011	Шток	1		
	A4	12		25.BP.OТMП.044.65.00.012	Ось	9		
	A4	13		25.BP.OТMП.044.65.00.013	Пробка	3		
Подп. и дата								
					<u>Стандартные изделия</u>			
		14			Винт установочный ГОСТ P50384-92	3		
		15			Кольцо ОСТ 92-8969-78	1		
Подп. и дата								
		16			Манжета ГОСТ 8752-79	3		
Инд. № подл.	Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата			
	Разработ. Провер.	Варламова Козлов						
	Н.контр. Утв.	Козлов Логинов						
	25.BP.OТMП.044.65.00.000 Станочное приспособление						Лит.	Лист
							1	2
						ТГУ ИМ гр. ТМдп-2001ас		
						Формат А4		

Продолжение таблицы Б.1

68