

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 блока шестерен

Обучающийся

В.А. Маринин

(Инициалы Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

канд. техн. наук, доцент А.А. Козлов

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

Консультанты

канд. экон. наук, доцент О.М. Сярдова

(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

Выпускная квалификационная работа посвящена исследованию и совершенствованию технологического процесса изготовления блока шестерен, являющегося ключевым компонентом механических систем, таких как коробки передач. Актуальность темы обусловлена растущими требованиями промышленности к точности, долговечности и экономической эффективности производства деталей данного типа.

Цель работы заключается в разработке оптимизированного технологического процесса, обеспечивающего повышение качества и снижение себестоимости изготовления блока шестерен.

В задачи исследования входили: анализ существующих методов обработки, выбор материалов, проектирование этапов производства.

В работе применены современные инструменты автоматизированного проектирования, проведены расчеты режимов резания. Особое внимание уделено внедрению технологий числовым программным управлением и использованию высокопрочных инструментальных сплавов, что позволило минимизировать брак и повысить точность геометрии блока шестерен.

Результатом работы стал комплексный технологический процесс, сочетающий традиционные и инновационные методы, который обеспечивает снижение временных и ресурсных затрат. Практическая значимость работы подтверждена экономическими расчетами. Экономическая оценка подтвердила снижение себестоимости за счет оптимизации времени производственного цикла. Проведен анализ безопасности и экологичности предлагаемых решений.

Структура работы включает введение, обзор данных, технологический и конструкторский разделы, экономическое и экологическое обоснование, заключение и приложения. В структуру работы входит графическая часть в объеме 7 листов формата A1 и пояснительная записка, состоящая из 58 страниц.

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.....	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.....	22
2.3 Выбор оборудования и технологической оснастки.....	24
2.4 Проектирование операций технологического процесса	28
3 Разработка специальной технологической оснастки	32
3.1 Разработка токарного патрона	32
3.2 Разработка токарного резца.....	40
4 Безопасность и экологичность технического объекта	43
4.1 Конструктивно-технологическая характеристика технического объекта.....	43
4.2 Идентификация профессиональных рисков	43
4.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков.....	45
4.4 Обеспечение пожарной безопасности технического объекта	47
4.5 Обеспечение экологической безопасности технического объекта	48
5 Экономическая эффективность работы	50
Заключение	54
Список используемых источников.....	55
Приложение А Технологическая документация.....	59
Приложение Б Спецификации к сборочным чертежам	71

Введение

«Блок шестерен является ключевым элементом в современных механических системах, таких как коробки передач, редукторы и приводные механизмы, обеспечивая передачу крутящего момента и регулировку скоростей» [2]. «Высокие требования к точности геометрии, износостойкости и надежности этих деталей обусловлены их эксплуатацией в условиях значительных динамических и статических нагрузок» [2]. В условиях растущей конкуренции в машиностроении и смежных отраслях совершенствование технологических процессов изготовления блоков шестерен становится важной задачей, направленной на повышение эффективности производства, снижение себестоимости и соответствие международным стандартам качества.

Традиционные методы изготовления шестерен зачастую не обеспечивают необходимой точности и производительности в условиях среднесерийного производства. Кроме того, внедрение новых материалов требует адаптации технологических процессов, включая термообработку и финишную обработку. Рост спроса на энергоэффективную и легковесную технику стимулирует поиск решений, снижающих массу деталей без ущерба их прочности. Эти требования определяют необходимость оптимизации существующих и разработки инновационных подходов к производству блоков шестерен. Необходимо рассмотреть комбинацию традиционных методов зубонарезания с современными технологиями, такими как лазерная закалка и использование адаптивных систем с числовым программным управлением, что позволяет сократить количество операций и минимизировать погрешности.

Целью выпускной квалификационной работы является разработка усовершенствованного технологического процесса изготовления блока шестерен, обеспечивающего повышение качества продукции, сокращение производственных издержек и соответствие требованиям стандартов.

1 Определение задач работы на базе анализа исходных данных

1.1 Анализ функционального назначения детали и условий эксплуатации

Блок шестерен представляет собой узел, состоящий из нескольких закрепленных на общем валу шестерен, которые взаимодействуют с другими элементами механической системы для передачи и преобразования крутящего момента. Блок шестерен служит для передачи механической энергии между валами, обеспечивая движение в коробках передач, редукторах, станках и других устройствах. За счет разного числа зубьев на шестернях блок позволяет регулировать передаточное отношение, что приводит к изменению скорости вращения выходного вала (например, при переключении передач в автомобиле). Некоторые конфигурации шестерен меняют направление вращения. В многоступенчатых системах блок шестерен равномерно распределяет механические нагрузки между элементами, повышая долговечность и снижая износ. В коробках передач синхронизированные блоки шестерен позволяют переключать скорости без разрыва потока мощности, что критично для транспортных средств и промышленного оборудования.

Качество изготовления блока напрямую влияет на энергопотери и срок службы механизма. Современные технологии позволяют достичь микронной точности, что делает блоки шестерен ключевым элементом высокопроизводительных технических систем.

Блок шестерен функционирует в разнообразных условиях, которые определяются спецификой механизма, нагрузочными характеристиками и окружающей средой. Эти условия напрямую влияют на надежность, износостойкость и срок службы узла.

Шестерни испытывают ударные нагрузки при запуске и остановке механизмов, резком изменении скорости или направления вращения.

Постоянное чередование напряжений (растяжение-сжатие) приводит к усталости материала, что может вызвать трещины или поломку зубьев. Передаваемый момент зависит от мощности системы. В промышленных редукторах и тяжелой технике значения могут достигать десятков тысяч Н·м.

В процессе трения шестерен выделяется тепло, что повышает температуру узла до 120°C (в стандартных условиях). В высокоскоростных механизмах или при недостаточной смазке нагрев может превышать 150°C. Перепады температур вызывают тепловое расширение и сжатие, влияя на зазоры и точность зацепления.

Смазка снижает трение, отводит тепло и предотвращает задиры. Используются масла, консистентные смазки или твердые покрытия. При старте механизма или недостатке смазки возникает сухое трение, ускоряющее износ поверхностей. Пыль, абразивные частицы, металлическая стружка попадают в зацепление, вызывая абразивный износ.

Дисбаланс, неточность изготовления или износ зубьев усиливают вибрации, что снижает комфорт эксплуатации и точность оборудования. Частые пуски и остановки создают дополнительные термические и механические напряжения.

Учет условий эксплуатации при изготовлении блока шестерен позволяет оптимизировать его конструкцию, выбрать материалы и технологии, обеспечивающие надежность в заданных режимах.

1.2 Анализ технологических показателей детали

Анализ технологических показателей детали – это комплексная оценка характеристик изделия, определяющих эффективность и целесообразность его изготовления в конкретных производственных условиях. Он направлен на выявление факторов, которые влияют на сложность, стоимость и качество производства, а также на соответствие детали эксплуатационным требованиям.

«Технологичность материала детали выполняется исходя из его химического состава и физико-механических свойств» [23]. Данные показатели для стали 12ХН3А ГОСТ 4543-71, приведены в таблицах 1 и 2 соответственно.

Таблица 1 – Химический состав

Элемент	Углерод	Хром	Марганец	Никель	Кремний
Содержание %	0,09-0,16	0,6-0,9	0,3-0,6	2,75-3,15	0,17-0,37

Таблица 2 – Основные механические свойства

Предел прочности при растяжении, МПа	Предел текучести, МПа	Относительное удлинение после разрыва, %	Относительное сужение, %	Твердость по Бринеллю
650	570	11	55	230-260

Исходя из приведенных данных, можно сделать следующие выводы. Материал обладает высокой прочностью и износостойкостью, имеет хорошую прокаливаемость (глубина закалки до 25 мм), умеренную пластичность после термообработки, склонен к образованию закалочных напряжений и трещин при нарушении режимов термообработки. Из технологических особенностей следует отметить высокую твердость после закалки с отпуском, что усложняет механическую обработку и необходимость предварительной нормализации для устранения внутренних напряжений перед чистовой обработкой.

Технологичность точности и качества поверхностей оценивается исходя из их квалитетов точности и шероховатости. Наибольшие квалитеты точности на посадочные шейки под подшипники IT6, шпоночные пазы IT8, остальные IT12. Максимальная шероховатость на рабочие поверхности шейки под подшипники и зубья параметр Ra 0,63 мкм, не ответственные 12,5

мкм. Данные параметры достижимы стандартными методами обработки, наиболее дорогостоящим из которых является чистовое шлифование с алмазной правкой кругов.

Технологичность конструкции детали оценивает, насколько геометрия детали упрощает или усложняет обработку (наличие сложных пазов, буртиков, доступность для инструмента). Однако, для полноты оценки, необходимо определить какие поверхности являются наиболее значимыми для детали с точки зрения выполнения ей своего служебного назначения [10]. «Для этого выполняется эскиз детали, на котором каждой поверхности присваиваем свой индивидуальный номер» [10]. «Результаты приведены на рисунке 1» [10]. «Затем классифицируем поверхности по назначению» [10]. Результаты приведены в таблице 3.

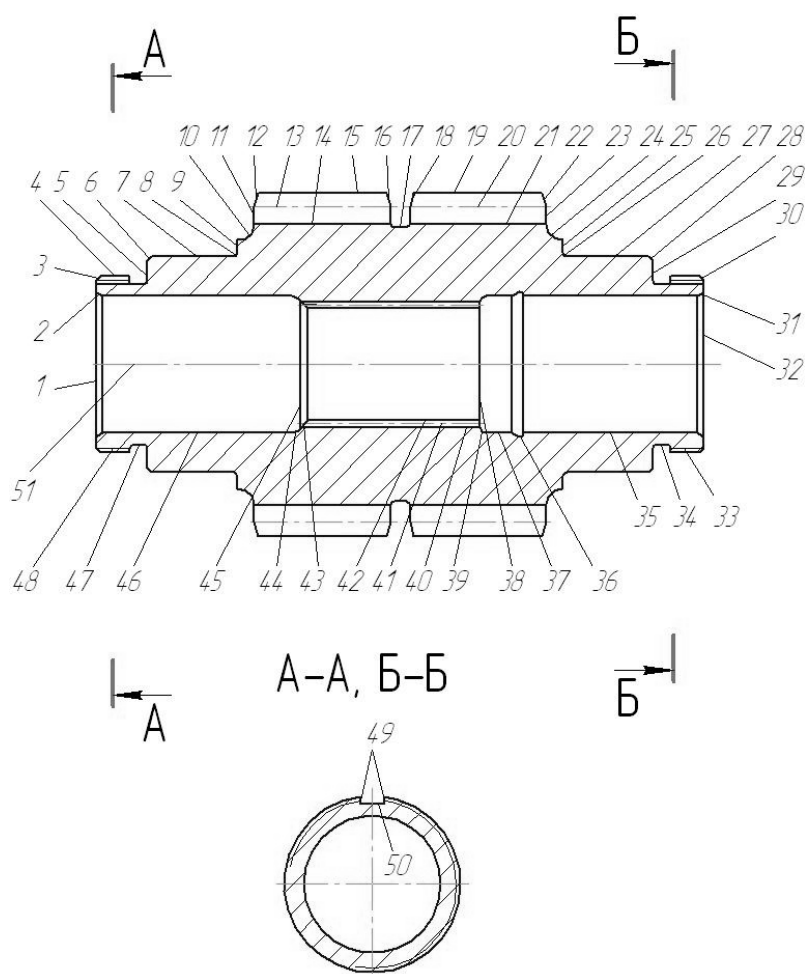


Рисунок 1 – Эскиз детали

Таблица 3 – Классификация поверхностей

Вид поверхности	Номер поверхности
Основная конструкторская база	7, 8, 27
Вспомогательная конструкторская база	49, 50
Исполнительная поверхность	13, 20, 33, 41, 48
Свободные поверхности»	все остальные

Проведем оценку геометрических особенностей. Посадочные шейки под подшипники, шпоночные пазы, зубчатые венцы и шлицы стандартизированные, что упрощает обработку. В конструкции присутствуют упорные буртики, галтели, которые снижают концентрацию напряжений, а также центровые фаски, которые обеспечивают базирование при обработке.

Плюсы такой конструкции заключаются в отсутствии сложных внутренних полостей, а также применением преимущественно тел вращения, что упрощает обработку. Кроме того, в конструкции применены стандартные элементы, которые позволяют использовать универсальные средства оснащения для их получения.

Минусы конструкции заключаются в необходимости обеспечения высокой точности посадочных поверхностей, что требует использования шлифовальных операций. Кроме того, следует отметить наличие переходов с малыми радиусами, требующих специального инструмента.

С целью повышения технологических показателей детали можно предложить снижение издержек за счет оптимизации режимов резания и сокращения цикла обработки, например, совмещение операций на станках с числовым программным управлением. Основные затраты времени приходится на чистовое шлифование и термообработку.

Сталь 12ХН3А обеспечивает высокие эксплуатационные характеристики блока шестерен, но требует сложного многоэтапного технологического процесса. Ключевые проблемы заключаются в высокой

трудоемкости обработки и риск деформаций. Оптимизация режимов резания, внедрение обработки на станках с числовым программным управлением и модернизация термообработки позволяют снизить себестоимость и повысить качество изделия. Материал обоснован для применения в ответственных узлах крановых редукторов.

Конструкция блока шестерен имеет среднюю технологичность. Несмотря на рациональную геометрию, процесс изготовления трудоемок из-за требований к материалу и высокой точности.

1.3 Анализ типа производства

В машиностроении тип производства часто определяется по таблицам, связывающим массу детали и годовую программу [9]. «Для детали массой 3,71 кг годовая программа 5000 шт. попадает в категорию среднесерийного производства» [9].

Среднесерийное производство – это тип организации изготовления продукции, при котором выпуск осуществляется партиями среднего размера с периодическим повторением циклов. Оно занимает промежуточное положение между мелкосерийным и крупносерийным производством.

Основные характеристики [9]:

- оборудование универсальные станки с возможностью переналадки и станки с числовым программным управлением для гибкости и точности;
- универсальная и специализированная оснастка для ключевых операций;
- рабочие выполняют несколько операций;
- применение групповой технологии для обработки деталей со схожими характеристиками;
- выпуск партиями;
- периодическое повторение производственных циклов;

- оптимизация размера партий для снижения затрат на переналадку;
- себестоимость ниже, чем в мелкосерийном производстве, за счет частичной стандартизации;
- трудоёмкость выше, чем в массовом производстве, из-за частых переналадок оборудования;
- выборочный контроль (например, проверка каждой 10-й детали в партии);
- использование стандартизированных методов для измерения геометрии, проверки твёрдости.

Преимущества среднесерийного производства заключаются в его гибкости, что обеспечивает быстрое переключение между разными типами деталей. Также данный тип производства обеспечивает снижение затрат за счёт средних объёмов выпуска и обеспечить оптимальное соотношение между универсальностью и специализацией.

К недостаткам можно отнести высокие затраты на переналадку оборудования между партиями, сложности в логистике, связанную с необходимостью управления запасами сырья и готовой продукции, ограниченная автоматизация.

С целью повышения эффективности предлагается внедрение станков с числовым программным управлением для сокращения времени переналадки, использование универсально-сборной оснастки, оптимизация размера партий, внедрение MES-систем для контроля производственных процессов.

Среднесерийное производство идеально подходит для выпуска деталей со средними объёмами и умеренной сложностью, обеспечивая баланс между гибкостью и экономической эффективностью.

1.4 Задачи работы

На основе проведенного анализа для достижения поставленной цели решаются следующие задачи:

- «исследовать существующие методы механической обработки блоков шестерен» [9];
- «разработать технологический маршрут, включающий выбор оборудования, инструмента, режимов резания и контроля» [9];
- «выполнить проектирование оснастки и инструмента» [9];
- оценить экологическую безопасность предложенных решений;
- оценить экономическую эффективность предложенных решений.

Проведенный в ходе выполнения данного раздела, анализ исходных данных, включая изучение существующих технологий изготовления блоков шестерен, требований к их эксплуатационным характеристикам и выявленных проблем в производственной практике, позволил сформулировать четкий перечень задач выпускной квалификационной работы.

Каждая задача направлена на устранение конкретных ограничений, выявленных в ходе анализа исходных данных. Задачи структурированы таким образом, чтобы охватить все этапы технологического процесса от выбора материала до контроля качества. Это обеспечивает системность исследования и позволяет достичь требуемого эффекта при интеграции решений.

Определенные задачи формируют логичную последовательность действий, направленных на совершенствование технологического процесса изготовления блока шестерен. Они базируются на глубоком анализе исходных данных, учитывают отраслевые требования и современные тренды в машиностроении, что гарантирует достижение цели работы – создание конкурентоспособного, экономически эффективного и высокоточного производства.

2 Разработка технологии изготовления

2.1 Обоснование выбора и разработка заготовки

В рамках методологии проектирования технологических процессов, адаптированной к условиям среднесерийного типа производства, ключевым этапом является разработка рациональной конструкции заготовки.

«На основании анализа технологических характеристик детали установлено, что наиболее целесообразными методами получения заготовки являются штамповка в закрытых штампах на молоте и штамповка на горизонтально-ковочной машине» [18], обеспечивающие минимизацию припусков и повышение механических свойств за счёт пластической деформации.

Для определения оптимального варианта требуется выполнить сравнительную оценку экономической эффективности, включающую:

- расчёт себестоимости заготовки с учётом затрат на материал, энергоресурсы, оборудование и оплату труда;
- анализ трудоёмкости операций механической обработки в зависимости от выбранного метода;
- учёт факторов масштаба производства и возможности применения специализированной оснастки.

Критерием выбора служит минимизация совокупных затрат при соблюдении требований к качеству готовой детали. Результаты анализа позволят обосновать технологическую и экономическую целесообразность применения одного из методов в условиях заданного типа производства [18].

«Общие затраты на получение детали:

$$C_T = C_{ЗАГ} \cdot Q + C_{МЕХ} \cdot (Q - q) - C_{ОТХ} \cdot (Q - q), \quad (1)$$

где $C_{ЗАГ}$ – удельная стоимость получения заготовки, руб.;

Q – масса заготовки, кг;

$C_{\text{МЕХ}}$ – удельная стоимость механической обработки, руб.;

q – масса детали, кг;

$C_{\text{ОТХ}}$ – удельная стоимость стружки, руб.» [18].

«Определение удельной стоимости:

$$C_{\text{ЗАГ } i} = C_{\text{б}} \cdot h_{\text{Т}} \cdot h_{\text{С}} \cdot h_{\text{В}} \cdot h_{\text{М}} \cdot h_{\text{П}}, \quad (2)$$

где i – индекс метода получения заготовки;

$C_{\text{б}}$ – затраты на получение заготовки рассматриваемым методом, руб.;

$h_{\text{Т}}$ – коэффициент точности;

$h_{\text{С}}$ – коэффициент сложности;

$h_{\text{В}}$ – коэффициент массы;

$h_{\text{М}}$ – коэффициент марки материала;

$h_{\text{П}}$ – коэффициент годовой программы» [18].

«Индекс метода получения 1 использовать для метода получения заготовки штамповкой в закрытых штампах на молоте, индекс метода получения 2 использовать для метода получения заготовки штамповкой на горизонтально-ковочной машине» [18].

$$C_{\text{ЗАГ } 1} = 29,96 \cdot 1,05 \cdot 1,18 \cdot 1,0 \cdot 0,89 \cdot 1,0 = 33,04 \text{ р.}$$

$$C_{\text{ЗАГ } 2} = 29,96 \cdot 1,0 \cdot 1,18 \cdot 1,0 \cdot 0,89 \cdot 1,0 = 31,46 \text{ р.}$$

«Масса заготовки рассчитывается по формуле:

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

где K_P – коэффициент, зависящий от метода получения заготовки» [18].

«Масса детали:

$$q = V \cdot \rho, \quad (4)$$

где V – коэффициент, учитывающий особенности метода получения и формы заготовки, см³;
 ρ – плотность материала детали, кг/см³» [18].

$$q = \left(\frac{\pi}{4} (0,045^2 \cdot 0,013 \cdot 2 + 0,055^2 \cdot 0,023 \cdot 2 + 0,0635^2 \cdot 0,005 \cdot 2 + 0,875^2 \cdot 0,034 \cdot 2 - 0,07^2 \cdot 0,005 - 0,035^2 \cdot 0,052 - 0,03^2 \cdot 0,046 - 0,035^2 \cdot 0,057) \right) \cdot 0,785 = 3,71 \text{ кг.}$$

«Производим расчет масс заготовок.

$$Q_1 = 3,71 \cdot 1,85 = 6,86 \text{ кг.}$$

$$Q_2 = 3,71 \cdot 1,8 = 6,68 \text{ кг} \text{» [18].}$$

«Определение удельной стоимости механической обработки:

$$C_{\text{МЕХ } i} = C_{\text{С}} + E_{\text{Н}} \cdot C_{\text{К}}, \quad (5)$$

где $C_{\text{С}}$ – приведенные затраты, руб.;

$C_{\text{К}}$ – приведенные капитальные вложения, руб.;

$E_{\text{Н}}$ – коэффициент эффективности капитальных вложений» [18].

$$C_{\text{МЕХ } 1,2} = 3,56 + 0,1 \cdot 10,35 = 4,6 \text{ р.}$$

«Производим расчеты.

$$C_{\text{T1}} = 33,04 \cdot 6,86 + 4,6 \cdot (6,86 - 3,71) - 1,4 \cdot (6,86 - 3,71) = 225,9 \text{ р.}$$

$$C_{\text{T2}} = 31,46 \cdot 6,86 + 4,6 \cdot (6,68 - 3,71) - 1,4 \cdot (6,68 - 3,71) = 200,1$$

р.» [18].

Метод получения заготовки штамповкой на горизонтально-ковочной машине имеет лучшие показатели.

«Сравнительный экономический эффект составит:

$$\mathcal{E} = (C_{\text{T2}} - C_{\text{T1}}) \cdot N, \quad (6)$$

где N – годовая программа выпуска деталей, шт.» [18].

$$\Xi = (225,9 - 200,1) \cdot 5000 = 129000 \text{ р.}$$

Последующей стадией проектирования заготовки является формирование технологических маршрутов обработки. Оптимизация данного этапа достигается посредством сравнительного анализа суммарных удельных трудоёмкостей альтернативных технологических маршрутов, с учётом заданных эксплуатационных параметров поверхности (шероховатость, твёрдость, точность геометрии).

Критерием выбора оптимального варианта выступает минимизация ресурсных затрат при обеспечении соответствия обработанных поверхностей требованиям технической документации (например, ГОСТ 2789-73 для шероховатости, ГОСТ 2.309-73 для обозначения покрытий). Для реализации метода применяются: расчётные модели, связывающие режимы обработки (скорость резания, подача, глубина) с достижимыми параметрами качества; нормативные данные по трудоёмкости операций (токарная, фрезерная, шлифовальная обработка); эмпирические зависимости для оценки износа инструмента и энергопотребления.

Синтез маршрута базируется на принципах системного подхода, где последовательность операций определяется иерархией точности (от черновой к финишной обработке) и технологической совместимостью методов, например, сочетание токарной обработки с последующим шлифованием. Результатом этапа является рациональная схема, обеспечивающая воспроизводимость характеристик при заданном типе производства, приведенная в таблице 4 по данным [19].

Таблица 4 – Маршрут обработки поверхностей

Поверхность	Тип поверхности	Квалитет точности	Шероховатость Ra , мкм	Маршрут обработки
1, 32	плоская	11	12,5	фрезерование, закалка
2, 31	коническая	9	3,2	сверление, закалка, шлифование
3, 30	коническая	12	12,5	точение чистовое, закалка

Продолжение таблицы 4

Поверхность	Тип поверхности	Квалитет точности	Шероховатость Ra , мкм	Маршрут обработки
4	цилиндрическая	12	12,5	точение черновое, закалка
5, 29	плоская	12	12,5	точение черновое, закалка
6, 28	коническая	12	12,5	точение чистовое, закалка
7, 27	цилиндрическая	6	0,63	точение черновое, точение чистовое, закалка, шлифование черновое, шлифование чистовое
8, 26	цилиндрическая	12	12,5	точение черновое, закалка
9, 27	плоская	11	1,25	точение черновое, точение чистовое, закалка, шлифование черновое, шлифование чистовое
10, 24	цилиндрическая	12	12,5	точение черновое, закалка
11, 23	плоская	12	12,5	точение черновое, закалка
12, 22	коническая	12	12,5	точение чистовое, закалка
13, 20	эвольвента	7	1,25	фрезерование, шевингование, закалка, шлифование
14, 21	цилиндрическая	12	12,5	фрезерование, закалка
15, 19	цилиндрическая	12	12,5	точение черновое, закалка
16, 18	коническая	12	12,5	точение черновое, закалка
17	цилиндрическая	12	12,5	точение черновое, закалка
33, 48	винтовая	10	6,3	точение черновое, закалка
34, 47	цилиндрическая	12	12,5	точение чистовое, закалка
35, 37, 46	цилиндрическая	12	12,5	сверление, точение закалка
36	цилиндрическая	12	12,5	сверление, точение закалка
38, 45	плоская	12	12,5	точение черновое, закалка
39, 44	плоская	12	12,5	точение черновое, закалка

Продолжение таблицы 4

Поверхность	Тип поверхности	Квалитет точности	Шероховатость Ra , мкм	Маршрут обработки
40	цилиндрическая	12	12,5	протягивание, закалка
41	эвольвента	8	1,25	протягивание, закалка
42	цилиндрическая	12	12,5	точение черновое, закалка
43	коническая	12	12,5	точение черновое, закалка
49, 50	плоская	12	12,5	фрезерование, закалка

Маршруты обработки поверхностей, приведённые в таблице 4, составляют методическую основу для расчёта припусков на механическую обработку. Выбор метода расчёта припусков определяется требуемым уровнем точности обработки и технологическими ограничениями, регламентированными стандартами.

Алгоритм расчёта базируется на следующих принципах:

- иерархия точности: припуски корректируются в зависимости от последовательности операций;
- учёт деформаций: для материалов с низкой стабильностью вводятся поправочные коэффициенты;
- оптимизация ресурсов: минимизация объёма снимаемого материала при сохранении технологической надёжности.

Для формализации процесса рекомендуется использование аналитических методов или программных средств на базе CAD/CAM, обеспечивающих сопряжение параметров маршрута с нормами точности. Результаты расчётов служат входными данными для проектирования операционных карт и выбора режущего инструмента.

«Припуск на обработку поверхностей диаметром $55k6^{+0,021}_{+0,002}$ мм определяются расчетно-аналитическим методом» [17].

«Определение минимальных припусков:

$$z_{imin} = a_{i-1} + \sqrt{\Delta_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2}, \quad (7)$$

где a – глубина суммарного дефектного слоя, мм;

Δ – суммарные пространственные отклонения, мм;

ε – погрешности установки заготовки на операции, мм;

i – индекс текущего перехода;

$i - 1$ – индекс предыдущего перехода» [17].

$$\llcorner z_{1min} = a_0 + \sqrt{\Delta_0^2 + \varepsilon_1^2} = 0,300 + \sqrt{0,300^2 + 0,025^2} = 0,601 \text{ мм.}$$

$$z_{2min} = a_1 + \sqrt{\Delta_1^2 + \varepsilon_2^2} = 0,200 + \sqrt{0,075^2 + 0,025^2} = 0,438 \text{ мм.}$$

$$z_{3min} = a_{\text{то}} + \sqrt{\Delta_{\text{то}}^2 + \varepsilon_3^2} = 0,025 + \sqrt{0,030^2 + 0,012^2} = 0,282 \text{ мм.}$$

$$z_{4min} = a_3 + \sqrt{\Delta_3^2 + \varepsilon_4^2} = 0,150 + \sqrt{0,012^2 + 0,012^2} = 0,167 \text{ мм} \gg [17].$$

«Определение максимальных припусков:

$$z_{imax} = z_{imin} + 0,5 \cdot (Td_{i-1} + Td_i), \quad (8)$$

где Td_i – допуски на выполнение размера на текущем переходе, мм;

Td_{i-1} – допуск на выполнение размера на предыдущем переходе, мм» [17].

$$\llcorner z_{1max} = z_{1min} + 0,5 \cdot (Td_0 + Td_1) = 0,601 + 0,5 \cdot (1,2 + 0,30) = 1,351 \text{ мм.}$$

$$z_{2max} = z_{2min} + 0,5 \cdot (Td_1 + Td_2) = 0,438 + 0,5 \cdot (0,30 + 0,12) = 0,648 \text{ мм.}$$

$$z_{3max} = z_{3min} + 0,5 \cdot (Td_{\text{то}} + Td_3) = 0,282 + 0,5 \cdot (0,160 + 0,046) = 0,385 \text{ мм.}$$

$$z_{4max} = z_{4min} + 0,5 \cdot (Td_3 + Td_4) = 0,167 + 0,5 \cdot (0,046 + 0,019) = 0,200 \text{ мм} \gg [17].$$

«Определение средних припусков:

$$z_{cpi} = 0,5 \cdot (z_{i \max} + z_{i \min}). \quad (9)» [17]$$

$$z_{cp1} = 0,5 \cdot (z_{1 \max} + z_{1 \min}) = 0,5 \cdot (1,351 + 0,601) = 0,976 \text{ мм.}$$

$$z_{cp2} = 0,5 \cdot (z_{2 \max} + z_{2 \min}) = 0,5 \cdot (0,648 + 0,438) = 0,543 \text{ мм.}$$

$$z_{cp3} = 0,5 \cdot (z_{3 \max} + z_{3 \min}) = 0,5 \cdot (0,385 + 0,282) = 0,334 \text{ мм.}$$

$$z_{cp4} = 0,5 \cdot (z_{4 \max} + z_{4 \min}) = 0,5 \cdot (0,200 + 0,167) = 0,184 \text{ мм}» [17].$$

«Минимальный операционный размер:

$$d_{(i-1)\min} = d_{i \min} + 2 \cdot z_{i \min}. \quad (10)» [17]$$

«Максимальный операционный размер:

$$d_{(i-1)\max} = d_{(i-1)\min} + T d_{i-1}. \quad (11)» [17]$$

«Средний операционный размер:

$$d_{i \text{ cp}} = 0,5 \cdot (d_{i \max} + d_{i \min}). \quad (12)» [17]$$

«Минимальный диаметр на переходе предшествующем термическому:

$$d_{(то-1)\min} = d_{(i-1) \min} \cdot 0,999. \quad (13)» [17]$$

«Выполняем расчеты операционных размеров.

$$d_{4\min} = 55,002 \text{ мм.}$$

$$d_{4\max} = 55,021 \text{ мм.}$$

$$d_{4cp} = 0,5 \cdot (d_{4\max} + d_{4\min}) = 0,5 \cdot (55,021 + 55,002) = 55,012 \text{ мм.}$$

$$d_{3\min} = d_{4\min} + 2 \cdot z_{4\min} = 55,002 + 2 \cdot 0,167 = 55,336 \text{ мм.}$$

$$d_{3\max} = d_{3\min} + T d_3 = 55,336 + 0,046 = 55,382 \text{ мм.}$$

$$d_{3cp} = 0,5 \cdot (d_{3\max} + d_{3\min}) = 0,5 \cdot (55,382 + 55,336) = 55,359 \text{ мм.}$$

$$d_{\text{To min}} = d_{3\text{min}} + 2 \cdot z_{3\text{min}} = 55,336 + 2 \cdot 0,282 = 55,900 \text{ мм.}$$

$$d_{\text{To max}} = d_{\text{To min}} + Td_{\text{To}} = 55,900 + 0,160 = 56,060 \text{ мм.}$$

$$d_{\text{To cp}} = 0,5 \cdot (d_{\text{To max}} + d_{\text{To min}}) = 0,5 \cdot (56,060 + 55,900) = 55,980 \text{ мм.}$$

$$d_{2\text{min}} = d_{\text{To min}} \cdot 0,999 = 56,060 \cdot 0,999 = 56,004 \text{ мм.}$$

$$d_{2\text{max}} = d_{2\text{min}} + Td_2 = 56,004 + 0,120 = 56,124 \text{ мм.}$$

$$d_{2\text{cp}} = 0,5 \cdot (d_{2\text{max}} + d_{2\text{min}}) = 0,5 \cdot (56,124 + 56,004) = 56,064 \text{ мм}$$

$$d_{1\text{min}} = d_{2\text{min}} + 2 \cdot z_{2\text{min}} = 56,004 + 2 \cdot 0,438 = 56,880 \text{ мм.}$$

$$d_{1\text{max}} = d_{1\text{min}} + Td_1 = 56,880 + 0,300 = 57,180 \text{ мм.}$$

$$d_{1\text{cp}} = 0,5 \cdot (d_{1\text{max}} + d_{1\text{min}}) = 0,5 \cdot (57,180 + 56,880) = 57,030 \text{ мм.}$$

$$d_{0\text{min}} = d_{1\text{min}} + 2 \cdot z_{1\text{min}} = 56,880 + 2 \cdot 0,601 = 58,082 \text{ мм.}$$

$$d_{0\text{max}} = d_{0\text{min}} + Td_0 = 58,082 + 1,200 = 59,282 \text{ мм.}$$

$$d_{0\text{cp}} = 0,5(d_{0\text{max}} + d_{0\text{min}}) = 0,5(59,282 + 58,082) = 58,682 \text{ мм} \gg [17].$$

Определение припусков на механическую обработку остаточных поверхностей осуществляется табличным методом [16], основанным на статистических нормативных данных. «Алгоритм расчёта включает следующие этапы» [16]:

- «определение минимального припуска для каждого» [16];
- расчёт максимального припуска с использованием аналитического выражения (7), учитывающего накопление технологических допусков на каждом переходе.

Данный метод обеспечивает минимизацию избыточного съёма материала при соблюдении требований к точности ГОСТ 3.1105-84 и является основой для проектирования экономически эффективного технологического процесса в условиях среднесерийного производства.

Результаты приведены в таблице 5.

Таблица 5 – Операционные припуски

Поверхность	Переход	Минимальный припуск, мм	Максимальный припуск, мм	Средний припуск, мм
1, 32	фрезерование	2,0	3,6	2,8
9, 25	точение черновое	2,0	3,425	2,713
	точение чистовое	1,0	1,245	1,123
	шлифование черновое	0,5	0,599	0,55
	шлифование чистовое	0,1	0,157	0,129
13, 20	зубофрезерование чистовое	0,6	0,925	0,763
	зубошлифование	0,2	0,395	0,298
35, 37, 46	точение черновое	0,8	1,05	0,925
42	точение черновое	0,8	1,01	0,905

На основании расчетных значений припусков, полученных для каждой обрабатываемой поверхности, осуществляется проектирование геометрических параметров заготовки. Конфигурация заготовки формируется путём добавления суммарных припусков к номинальным размерам готовой детали с учётом технологических допусков [4].

Данный выбор обоснован следующими факторами:

- соответствие допусков требованиям к минимальному съёму материала при механической обработке;
- обеспечение технологической и экономической эффективности при среднесерийном выпуске за счёт снижения затрат на подготовку производства;
- удовлетворение критериям доступности материала и минимизации отходов.

Результаты расчётов занесены в операционную карту технологического процесса, что обеспечивает воспроизводимость параметров заготовки при серийном изготовлении.

2.2 Разработка плана изготовления детали

«Проектирование технологического плана изготовления детали

осуществляется на основе синтеза технологического маршрута, схем базирования, операционных размеров и их допусков» [2] с учётом условий среднесерийного производства.

Анализ параметров технологического процесса показал, что формирование маршрута для среднесерийного выпуска базируется на адаптации типовых решений, представленных в источниках [7], [14].

Алгоритм разработки маршрута:

- «выбор базового типового маршрута для деталей-аналогов» [2];
- «оптимизация операций на основе анализа избыточности технологических переходов и исключения операций» [2], не влияющие на достижение заданных параметров качества или включения дополнительных этапов, необходимых для компенсации деформаций материала;
- формирование содержания операций на основе группировки поверхностей по методам обработки с учётом геометрии и взаимное расположение поверхностей, технологических возможностей оборудования, требований к производительности и ресурсосбережению.

Полученные результаты разработки технологического маршрута изготовления приведены в таблице 6.

Таблица 6 – Технологический маршрут обработки

Метод обработки	Обрабатываемые поверхности	Наименование операции
фрезерование, сверление	1, 2, 31, 32, 35, 46	005 Фрезерно-центровальная
точение	17, 19, 23, 24, 25, 26, 27, 29	010 Токарная
точение	4, 5, 7, 8, 9, 10, 11, 15	015 Токарная
сверление растачивание	42, 43, 44, 45, 46	020 Токарная
растачивание	35, 36, 37, 38, 39	025 Токарная
точение	3, 5, 6, 7, 8, 9, 12, 18, 16, 22, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 33, 34	030 Токарная
фрезерование	49, 50	035 Фрезерная
протягивание	40, 41	040 Протяжная
фрезерование	13, 14, 20, 21	045 Зубофрезерная

Продолжение таблицы 6

Метод обработки	Обрабатываемые поверхности	Наименование операции
—	—	050 Слесарная
шевингование	13, 20	055 Шевинговальная
закалка, отпуск	все	060 Термическая
шлифование	2, 31	065 Центрошлифовальная
шлифование	7, 9, 25, 27	070 Торцекруглошлифовальная
шлифование	7, 9, 25, 27	075 Торцекруглошлифовальная
шлифование	13, 20	080 Зубошлифовальная
мойка	все	085 Моечная
контроль	все	090 Контрольная

«Выбор схем базирования осуществляется на основании комплексного анализа факторов конструктивно-технологических особенностей детали и рекомендаций, изложенных в рекомендациях» [8].

«Результаты проектирования формализуются в виде плана изготовления детали» [15].

«Методологические принципы формирования плана изготовления подробно изложены в работ» [20].

Результаты проектирования плана изготовления отражены на листе графической части работы и в приложении А «Технологическая документация».

2.3 Выбор оборудования и технологической оснастки

«Технико-экономические показатели технологического процесса в значительной степени определяются применяемыми средствами оснащения, включая оборудование, станочные приспособления, режущий инструмент и средства контроля» [2]. Ключевым критерием их выбора является соответствие типу производства и его специфическим характеристикам [21].

Подбор технологического оборудования определяется технологическими требованиями, требуемым видом обработки,

экономическими показателями, требованиями на соответствие стандартам. Анализ технологических заключается в определении необходимых видов обработки и характеристики заготовки. Затем необходимо выбрать категорию оборудования в соответствии с выполняемыми операциями. Выбор модели определяется требуемыми параметрами мощности двигателя, скорости вращения шпинделя, рабочим ходом, размером рабочей зоны, точностью позиционирования, наличием системы числового программного управления, совместимостью с системами CAD/CAM, возможностью интеграции в гибкую автоматизированную систему, производительностью. Кроме технических параметров следует оценить экономические показатели, такие как, стоимость оборудования, срок окупаемости и энергоэффективность. При этом учитывается не только цену станка, но и затраты на обслуживание, оснастку, обучение персонала. Модели станков определяются на основании рекомендаций, изложенных в [16], [17].

Станочные приспособления подбираются с учетом технологических задач, типа оборудования и требований к точности. В первую очередь на выбор влияет тип обработки, форма и габариты заготовки, материал заготовки, требуемая точность базирования. В среднесерийном типе производства рекомендуется использовать универсальные приспособления и модульные системы для гибкой перенастройки. При выборе приспособлений следует учитывать точность позиционирования, усилие зажима, совместимость со станком, требуемый уровень автоматизации, соответствие теоретической схеме базирования. В ходе экономической оценки приспособлений следует учесть, что универсальные приспособления дешевле, но менее эффективны для сложных задач, а специальные требуют индивидуального проектирования и имеют высокие затраты на изготовление. Группа и тип приспособлений определяются по методикам, приведенным в [12], [22].

«Режущий инструмент выбирается на основе критериев соответствия схемы выполнения переходов, износостойкости материала, обеспечения

параметров шероховатости и точности поверхности» [2]. Исходя из этого, выбираются тип инструмента, материал режущей части, геометрия, инструментальные покрытия, тип хвостовиков и метки для автоматической идентификации. Экономическая оценка производится путем оценки стоимости инструмента и оптимизации его расхода. Типоразмеры и наименования инструментов регламентируются данными [1], [6], [24].

Средства контроля определяются характеристиками контролируемых поверхностей, типом производства, видом контроля (входной, операционный, приемочный), уровнем автоматизации и типом выходных данных. Критериями выбора являются типы контролируемых параметров, требуемый тип средств контроля, точность, производительность, степень автоматизации, соответствие стандартам. Экономическая оценка должна учитывать стоимость оборудования, затраты на обслуживание и окупаемость. Типы и модели контрольных устройств выбираются согласно рекомендациям [16].

Сводные данные по выбору основных средств оснащения для технологического процесса изготовления вала представлены в таблице 7.

Таблица 7 – Средства технологического оснащения

Операция	Оборудование	Приспособление	Инструмент	Средства контроля
005 Фрезерно-центровальная	фрезерно-центровальный ЕМ535	тиски самоцентрирующие	фреза торцовая насадная ГОСТ 9473–80, сверло специальное	штангенциркуль ШЦ–II ГОСТ 160–80
010 Токарная	токарный 16ГС25СУ1	патрон трехкулачковый специальный	резец контурный специальный, резец канавочный ГОСТ 18879–73, резец резьбовой ГОСТ 18879–73	штангенциркуль ШЦ–II ГОСТ 160–80
015 Токарная	токарный 16ГС25СУ1	патрон трехкулачковый специальный	резец контурный специальный	штангенциркуль ШЦ–II ГОСТ 160–80

Продолжение таблицы 7

Операция	Оборудование	Приспособление	Инструмент	Средства контроля
020 Токарная	токарный 16ГC25CY1	патрон трехкулачковый специальный	сверло спиральное ГОСТ 10903–77, резец расточной ГОСТ 18879–73	нутромер НМ–50 ГОСТ 160– 80
025 Токарная	токарный 16ГC25CY1	патрон трехкулачковый специальный	резец расточной ГОСТ 18879–73	нутромер НМ–50 ГОСТ 160– 80
030 Токарная	токарный 16ГC25CY1	патрон поводковый ГОСТ 2572–72	резец контурный специальный, резец канавочный ГОСТ 18879–73, резец резьбовой ГОСТ 18879–73	микрометр МК–50 ГОСТ 6507–78, калибр
035 Фрезерная	вертикально- фрезерный ВМ127М	тиски самоцентрирую щие	фреза концевая ГОСТ 17025–71	калибр
040 Протяжная	горизонтально- протяжной 7А523	опора сферическая	протяжка шлицевая ГОСТ 25161–82	калибры
045 Зубофрезерная	зубофрезерный 53В30	патрон поводковый ГОСТ 2572–72	фреза червячная Ø100 ГОСТ 5392–80	калибр
050 Слесарная	—	—	—	—
055 Шевинговальная	зубошевингова льный ВС– Е02В–22	патрон поводковый ГОСТ 2572–72	шевер дисковый Ø180 ГОСТ 5392–80	калибр
060 Термическая	—	—	—	—
065 Центрошлифоваль ная	центрошлифов альный ZS–100	тиски самоцентрирую щие	головка алмазная АГК ГОСТ 2447–82	калибр
070 Торцекруглошлиф овальная	торцекруглошл ифовальный ОШ–650	патрон поводковый ГОСТ 2572–72	круг шлифовальный 3–750х32х350 23А46М6V8 30м/с1А	скоба рычажная СР–80 ГОСТ 160– 80
075 Торцекруглошлиф овальная	торцекруглошл ифовальный ОШ–650	патрон поводковый ГОСТ 2572–72	круг шлифовальный 3–750х32х350 24А80М5V5	скоба рычажная СР–80
080 Зубошлифовальная	зубошлифоваль ный LFG–3540	патрон поводковый ГОСТ 2572–72	круг шлифовальный 4–250х76,2х10 23А60К6V30м/с	калибр

Продолжение таблицы 7

Операция	Оборудование	Приспособление	Инструмент	Средства контроля
085 Моечная	моечная машина	—	—	—
090 Контрольная	контрольный стол	—	—	комплект контрольных инструментов

Результаты выбора средств технологического оснащения отражаются в приложении А «Технологическая документация».

Оптимальный выбор средств технологического оснащения достигается через синтез технических, экономических и организационных факторов. Это позволяет не только обеспечить требуемое качество продукции, но и повысить конкурентоспособность предприятия за счет снижения издержек и внедрения инноваций. Для реализации успешного технологического процесса важно адаптировать оснащение к изменяющимся производственным условиям и рыночным требованиям.

2.4 Проектирование операций технологического процесса

Проектирование технологических операций представляет собой системный процесс, основанный на синтезе исходных данных, включающих структуру технологического процесса, степень концентрации переходов и параметры применяемого оснащения.

Основными этапами разработки являются:

- формирование операционной структуры, то есть определение последовательности технологических переходов, их взаимосвязи и рациональной концентрации;
- установление режимов резания, заключающееся в расчете параметров обработки (глубины резания, подачи, скорости) [5];

– «нормирование операций» [5].

«Результаты разработки документируются в следующих форматах» [2].

Маршрутные и операционные карты (приложение А «Технологическая документация»), которые регламентируют последовательность переходов, режимы резания, нормы времени и применяемое оснащение. Схемы наладок (графическая часть), которые визуализируют компоновку инструмента, траектории перемещений и точки базирования заготовки.

Методика базируется на принципах преемственности и адаптивности, обеспечивая соответствие между теоретическими расчетами и производственными возможностями. Корректировка параметров резания по паспортным данным станка направлена на исключение режимов, превышающих эксплуатационные ограничения (вибрации, перегрев). Для сложных операций рекомендуется использование САМ-систем для верификации траекторий и симуляции обработки.

«Режимы резания и нормирование выполняются с использованием расчетно-аналитической методики и справочных данных» [5].

«Расчет скорости резания:

$$V = \frac{C_V \cdot K_V}{T^m \cdot t^x \cdot S^y}, \quad (14)$$

где C_V – постоянная определяемая видом обработки;

K_V – коэффициент, учитывающий фактические условия обработки;

T – период стойкости инструмента, мин;

t – глубина резания, мм.;

S – подача, мм/об;

m, x, y – показатели степеней, учитывающие условия резания» [5].

«Частота вращения шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d}, \quad (15)$$

где d – диаметр обработки, мм» [5].

«Фактическую скорость резания:

$$V = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000}. \quad (16)» [5]$$

«Штучно-калькуляционное время рассчитывается по формуле:

$$T_{шт.к.} = T_{шт} + \frac{T_{п-з}}{n_3}, \quad (17)$$

где $T_{шт}$ – штучное время выполнения операции, мин;

$T_{п-з}$ – подготовительно–заключительное время выполнения операции, мин;

n_3 – размер партии деталей, шт.» [5].

«Штучное время операции:

$$T_{шт} = T_o + T_v + T_{обс} + T_{п} \quad (18)$$

где T_o – основное время выполнения операции, мин;

T_v – вспомогательное время выполнения операции, мин;

$T_{обс}$ – время на обслуживание, мин;

$T_{п}$ – время на личные потребности, мин» [5].

Расчеты заносим в таблицу 8.

Таблица 8 – Расчеты технологических операций

Операция	Номер перехода	Подача, мм/об	Скорость резания, м/мин	Частота вращения, об/мин	Длина хода, мм	Основное время, мин
005	1	0,1	79	250	70	0,28
	2	1	6	36	3	0,083

Продолжение таблицы 8

Операция	Номер перехода	Подача, мм/об	Скорость резания, м/мин	Частота вращения, об/мин	Длина хода, мм	Основное время, мин
010	1	0,45	219	800	154	0,43
	2	0,12	88	320	10	0,26
015	1	0,45	219	800	154	0,43
020	1	0,45	28	320	158	1,09
	2	0,15	69	630	108	1,14
025	1	0,15	69	630	118	1,25
	2	0,1	37	320	3	0,1
030 Установ А	1	0,25	207	1200	35	0,12
	2	0,1	45	320	4	0,13
	3	2	113	800	90	0,06
030 Установ Б	1	0,25	207	1200	35	0,12
	2	0,1	45	320	4	0,13
	3	2	113	800	90	0,06
035	1	(0,07)	6	320	20	0,3
040	1	(0,06)	2	—	155	0,12
045	1	1,5	40	320	75	1,8
055	1	120	147	260	75	4,68
065	1	0,005	15	300	2	0,3
070 Установ А	1	0,006	24	300	0,834	0,66
070 Установ Б	1	0,006	24	300	0,834	0,66
075 Установ А	1	0,002	30	300	0,684	1,24
075 Установ Б	1	0,002	30	300	0,684	1,24
080	1	0,04	25	280	75	2,34

«Проектирование технологических операций позволило обеспечить рациональную концентрацию операций, оптимизацию компоновки оснащения и траекторий инструмента, адаптацию режимов резания к свойствам материала и возможностям оборудования» [2].

Результатом выполнения данного раздела стала разработка технологического процесса изготовления блока шестерен, которая позволила установить последовательность операций, внедрить многооперационные станки и CAD/CAM-системы. Замена устаревшего оборудования на высокопроизводительные станки, а также оптимизация режимов резания увеличили производительность.

3 Разработка специальной технологической оснастки

3.1 Разработка токарного патрона

Проектирование специализированного токарного патрона для черновой обработки, приведенной на рисунке 2, является важным этапом оптимизации технологического процесса. Необходимость данной разработки объясняется следующими соображениями.

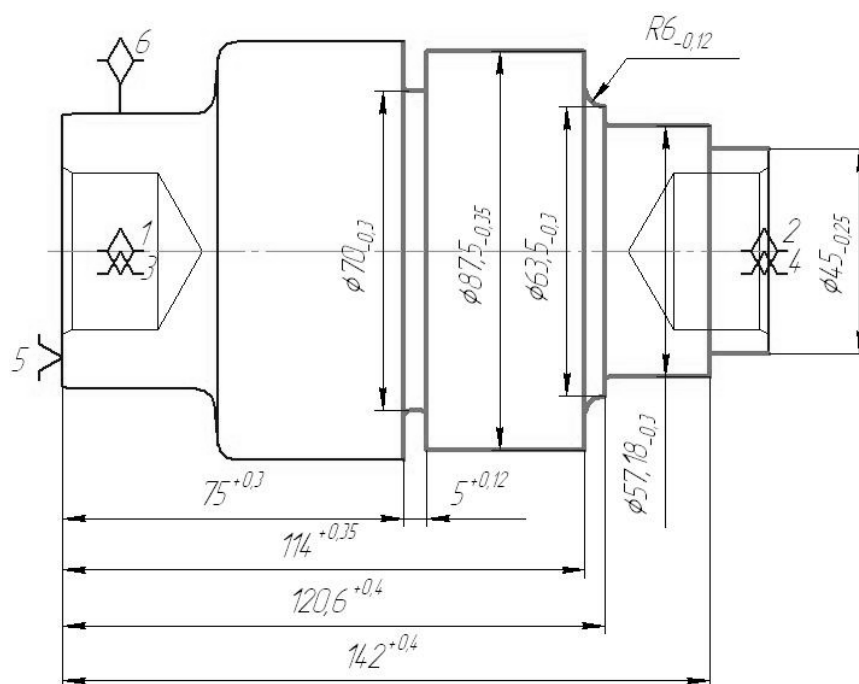


Рисунок 2 – Эскиз токарной черновой операции

Черновая обработка сопровождается значительными силовыми нагрузками, вибрациями и ударными воздействиями, что требует исключительно прочной фиксации заготовки. Стандартные универсальные патроны часто не обеспечивают достаточной жесткости, что приводит к смещению детали, браку и повреждению инструмента. В связи с этим необходимо разработать специализированный патрон, рассчитанный на высокие нагрузки, который минимизирует риск деформации заготовки и

повышает точность черновой обработки.

Универсальные патроны требуют частой регулировки при смене типоразмеров заготовок, что увеличивает простои. Патрон, спроектированный под конкретный тип деталей, позволяет сократить время на установку и закрепление, повысив производительность.

Черновой этап формирует базовую геометрию детали, от которой зависит точность последующих операций. Нестабильное крепление приводит к отклонениям в размерах и форме. Специальный патрон с улучшенной системой зажима (например, гидравлическим или пневматическим приводом) обеспечивает равномерное распределение усилий, снижая биение и шероховатость поверхности.

Современные станки и роботизированными линиями требуют патронов, совместимых с автоматической сменой заготовок. Проектирование патрона с модульной конструкцией упрощает интеграцию в цифровые производственные цепочки.

Разработка токарного патрона для черновых операций позволяет повысить точность и скорость обработки, снизить затраты на производство и обслуживание, расширить номенклатуру обрабатываемых материалов и деталей, обеспечить безопасность и соответствие стандартам.

Проектирование произведем с использованием методики [22].

«Силы, возникающие в процессе обработки с использованием уравнения:

$$P_{Y,Z} = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p, \quad (19)$$

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 резания материала» [22].

$$P_Y = 10 \cdot 243 \cdot 2,0^{0,9} \cdot 0,45^{0,6} \cdot 219^{-0,3} \cdot 0,9 = 502 \text{ Н.}$$

$$P_Z = 10 \cdot 300 \cdot 2,0^{1,0} \cdot 0,45^{0,75} \cdot 219^{-0,15} \cdot 0,9 = 1323 \text{ Н.}$$

Определение требуемого усилия фиксации заготовки основывается на условии статического равновесия системы, при котором момент сил резания уравнивается моментом сил закрепления. Для анализа силового взаимодействия и визуализации точек приложения нагрузок разработана расчетная схема закрепления заготовки (рисунок 3), включающая силы резания, действующие в тангенциальном, радиальном и осевом направлениях, реакции опор, возникающие в точках контакта заготовки с элементами приспособления, удерживающее усилие, создаваемое зажимным механизмом для предотвращения смещения. Данная схема позволяет формализовать уравнения равновесия, связывающие геометрические параметры заготовки, коэффициенты трения и внешние нагрузки. Решение системы уравнений дает минимальное значение силы, обеспечивающее надежную фиксацию в процессе обработки.

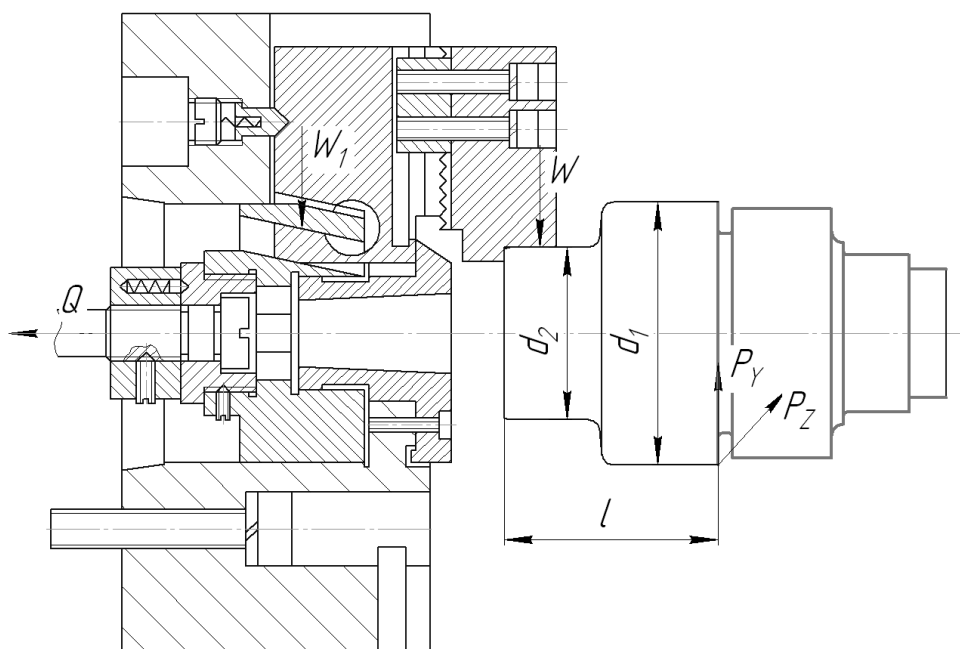


Рисунок 3 – Расчетная схема закрепления заготовки

«Момент от касательной составляющей силы резания:

$$M_{P_Z} = P_Z \cdot \frac{d_1}{2}, \quad (20)$$

где d_1 – обрабатываемый диаметр, мм» [22].

«Сила закрепления должна создать момент:

$$M_{3_{P_Z}} = \frac{W \cdot f \cdot d_2}{2}, \quad (21)$$

где W – сила зажима, Н;

f – коэффициент трения поверхностей заготовки и сменного кулачка;

d_2 – диаметр закрепления, мм» [22].

«Выводим уравнение для определения силы закрепления:

$$W = \frac{P_Z \cdot d_1}{2 \cdot f \cdot d_2} \cdot K, \quad (22)$$

где K – коэффициент запаса» [22].

«Коэффициент запаса:

$$K = K_0 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5, \quad (23)$$

где: K_0 – гарантированный коэффициент запаса;

K_1 – коэффициент состояния обрабатываемой поверхности;

K_2 – коэффициент увеличения сил резания вследствие затупления режущего инструмента;

K_3 – коэффициент прерывистости процесса резания;

K_4 – коэффициент стабильности усилия зажима;

K_5 – коэффициент эргономических показателей привода» [22].

$$K = 1,5 \cdot 1,2 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 1,8.$$

«Рассчитываем силу закрепления.

$$W = \frac{1323 \cdot 92}{2 \cdot 0,3 \cdot 61} \cdot 1,8 = 23944 \text{ Н} \gg [3].$$

«Момент от силы:

$$M_{P_Y} = P_Y \cdot l, \quad (24)$$

где l – плечо приложения силы, мм» [22].

«Сила закрепления:

$$M_{3_{P_Y}} = \frac{2 \cdot W \cdot f \cdot d_2}{3}. \quad (25) \gg [22]$$

«Выводим уравнение для определения силы закрепления:

$$W = \frac{3 \cdot P_Y \cdot l}{2 \cdot f \cdot d_2} \cdot K. \quad (26)$$

$$W = \frac{2 \cdot 502 \cdot 155}{3 \cdot 0,3 \cdot 61} \cdot 2,52 = 16072 \text{ Н} \gg [22].$$

«Усилие на постоянных кулачках:

$$\ll W_1 = \frac{W}{1 - \frac{3 \cdot l}{H} \cdot f_1}, \quad (27)$$

где l – вылет кулачка, мм;

H – длина направляющей постоянного кулачка, мм;

f_1 – коэффициент трения в направляющих» [22].

$$W_1 = \frac{23944}{1 - \frac{3 \cdot 62}{80} \cdot 0,1} = 31189 \text{ Н}.$$

«Усилие, которое необходимо развить силовому приводу:

$$Q = \frac{W_1}{i_c}, \quad (28)$$

где i_c – передаточное отношение зажимного механизма» [22].

«Передающее отношение рассчитывается по формуле:

$$i_c = \frac{1}{\operatorname{tg}(\alpha + \varphi) + \operatorname{tg}\varphi_1}, \quad (29)$$

где α – угол клина, град;

φ – угол трения наклонной поверхности клина, град;

φ_1 – угол трения плоской поверхности клина, град» [22].

$$i_c = \frac{1}{\operatorname{tg}(15^\circ + 5^\circ 50') + \operatorname{tg}5^\circ 50'} = 2,1.$$

Рассчитываем усилие на приводе.

$$Q = \frac{31198}{2,1} = 14857 \text{ Н.}$$

«Диаметр поршня гидроцилиндра определяется по зависимости:

$$D = \sqrt{\frac{1,27 \cdot Q}{P} + d^2}, \quad (30)$$

где d – диаметр штока поршня, мм;

P – давление в гидросистеме, МПа» [22].

$$D = \sqrt{\frac{1,27 \cdot 14857}{2,5} + 30^2} = 89,8 \text{ мм.}$$

Расчет приспособления на точность проводим исходя из размерной схемы патрона (рисунок 4).

«Составляем уравнение для расчета погрешности установки:

$$\varepsilon_y = \frac{1}{2} \sqrt{\Delta_1^2 + \Delta_2^2 + \Delta_3^2 + \Delta_4^2 + \Delta_5^2}, \quad (31)$$

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 – погрешность изготовления размера A_4 , мм;

Δ_5 – колебание зазора в сопряжении A_5 , мм» [22].

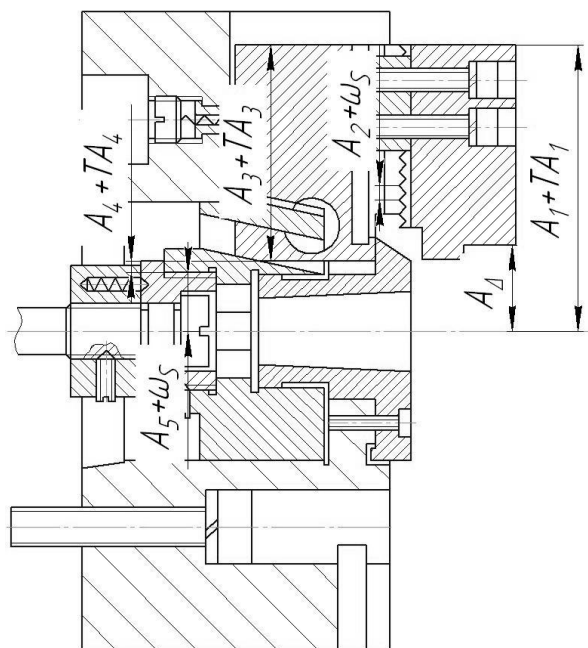


Рисунок 4 – Размерная схема патрона

$$\varepsilon_y = \frac{1}{2} \sqrt{0,025^2 + 0,01^2 + 0,025^2 + 0,012^2 + 0,010^2} = 0,022 \text{ мм.}$$

«Допустимая погрешность, рассчитываемой по уравнению:

$$\varepsilon_y^{\text{доп}} = 0,3 \cdot Td, \quad (32)$$

где Td – допуск на операционный размер, мм» [22].

$$\varepsilon_y^{\text{доп}} = 0,3 \cdot 0,1 = 0,03 \text{ мм.}$$

Из расчетов делаем вывод, что патрон обеспечивает заданную точность.

Токарный самоцентрирующий патрон с клиновым зажимным механизмом и гидравлическим приводом предназначен для автоматизированного и точного закрепления заготовок на токарном станке. Его конструкция объединяет клиновую систему передачи усилия и гидравлику, что обеспечивает высокую скорость, равномерность зажима и минимальное участие оператора в процессе.

Основу патрона составляет массивный корпус, внутри которого

расположены радиальные направляющие для зажимных кулачков. Кулачки связаны с клиновыми элементами, имеющими наклонные поверхности. Эти клинья преобразуют поступательное движение от гидравлического привода в радиальное перемещение кулачков. Гидравлический привод включает поршень или плунжер, который приводится в действие подачей жидкости (масла) под давлением через систему клапанов. При активации гидравлики давление жидкости смещает поршень, толкающий клиновые элементы. Наклонные поверхности клиньев взаимодействуют с ответными частями кулачков, заставляя их синхронно сходиться или расходиться.

Самоцентрирование достигается за счет симметричного расположения кулачков и точной синхронизации их движения через клиновую систему. Это позволяет автоматически выравнивать ось заготовки относительно оси шпинделя станка. Гидравлический привод обеспечивает стабильное и регулируемое усилие зажима, которое можно точно настроить под конкретную задачу, избегая деформации детали. При сбросе давления в гидросистеме обратный ход поршня возвращают клинья и кулачки в исходное положение, освобождая заготовку.

Такая комбинация клиновой механики и гидравлики делает патрон идеальным для серийного производства, где требуется быстрое и надежное закрепление деталей с минимальным временем переналадки. Однако сложность конструкции требует регулярного обслуживания гидравлических узлов и контроля износа клиновых поверхностей для сохранения точности центрирования.

Конструкция соответствует требованиям к технологической оснастке ГОСТ 3.1107-81 и визуализирована на чертеже графической части работы. Перечень компонентов и их параметры приведены в приложении Б «Спецификации к сборочным чертежам».

3.2 Разработка токарного резца

Проектирование резца с механическим креплением сменной режущей пластины для токарной черновой обработки является важным для оптимизации производственных процессов. Это объясняется следующим.

Черновая обработка связана с удалением большого объёма материала, что приводит к интенсивному износу режущего инструмента. Механическое крепление пластины позволяет быстро заменять изношенные или повреждённые элементы без демонтажа всего резца, сокращая простои. Возможность использования многогранных пластин увеличивает время непрерывной работы за счёт поворота пластины на новую кромку.

Сменные пластины изготавливаются из высокопрочных материалов, тогда как корпус резца может быть выполнен из более дешёвой стали. Это снижает общие затраты на инструмент. Устранение необходимости замены всего резца при износе одной кромки уменьшает расходы на приобретение и хранение инструмента.

Жёсткое крепление пластины минимизирует вибрации и биение, что критично для черновых операций, где нагрузки максимальны. Точная фиксация режущей кромки гарантирует стабильность геометрии обработки, снижая риск брака.

Механические системы крепления не требуют специального оборудования для замены пластин, что упрощает работу оператора. Отсутствие необходимости регулярной заточки резца (в отличие от цельнометаллических инструментов) сокращает трудозатраты на обслуживание.

Совместимость с автоматизированными системами, где важна скорость смены инструмента. Возможность интеграции датчиков контроля износа пластины в корпус резца для предиктивного обслуживания.

«Проектирование резца будем производить по методике» [13].

«Параметры державки резца определяются по площади сечения

стружки:

$$F = t \cdot S, \quad (33)$$

где t – глубина резания, мм;

S – подача, мм/об» [13].

$$F = 1,245 \cdot 0,15 = 0,19 \text{ мм}^2.$$

Принимаем державку квадратного сечения размером 20 мм.

«Режущая пластина фиксируется за счет прижима к корпусу с использованием рычага. Усилие создается специальным винтом, оснащенным проточкой для монтажа этого рычага» [13].

«Минимально допустимый диаметр винта:

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot Q_1}{\pi \cdot \sigma_d}}, \quad (34)$$

где Q_1 – усилие от сил резания при обработке, Н;

σ_d – максимально допустимое напряжение, МПа» [13].

«Усилие от сил резания при обработке:

$$Q_1 = \frac{P_{Zmax}}{0,7}, \quad (35)$$

где P_{Zmax} – максимальное значение силы резания, Н» [13].

$$Q_1 = \frac{425}{0,7} = 608 \text{ Н.}$$

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot 608}{\pi \cdot 650}} = 1,09 \text{ мм.}$$

Токарный резец с рычажным прижимом режущей пластины состоит из корпуса, на котором закреплена сменная пластина из твердого сплава. Фиксация пластины осуществляется через рычаг, шарнирно установленный на корпусе. Один конец рычага контактирует с пластиной, а на другой

воздействует регулировочный винт, вкрученный в корпус. При вращении винта его резьбовая часть передает усилие на рычаг, который равномерно прижимает пластину к опорной поверхности корпуса. Такая система обеспечивает жесткое крепление за счет рычажного усиления, предотвращая смещение пластины при резании. Для точной ориентации пластины на корпусе могут быть предусмотрены направляющие штифты или упоры. Конструкция позволяет быстро менять изношенную пластину, ослабляя винт и отводя рычаг, а также адаптируется под разные формы режущих элементов. Подвижные узлы требуют периодической смазки для сохранения плавности хода и защиты от заклинивания.

Конструкция спроектированного резца представлена в графической части работы и в приложении Б «Спецификации к сборочным чертежам».

В ходе выполнения данного раздела выполнена разработка специализированного токарного патрона и резца с механическим креплением сменной режущей пластины для черновой обработки. Это стало ключевым этапом оптимизации технологического процесса изготовления блока шестерен. Результаты работы в рамках данного раздела демонстрируют значительное повышение эффективности, точности и безопасности производства, что соответствует целям выпускной квалификационной работы.

4 Безопасность и экологичность технического объекта

4.1 Конструктивно-технологическая характеристика технического объекта

Материал блока шестерен легированная сталь 12ХН3А. Максимальная шероховатость ответственных поверхностей до 0,63 мкм, наиболее точные допуски 6 квалитет. Способ получения заготовки штамповка. Техпроцесс состоит из черновых, получистовых и чистовых технологических этапов.

Черновая механическая обработка токарные операции, выполняемые на токарно-винторезных станках 16ГС25СУ1 с применением патрона трехкулачкового специального и резцов различных конструкций.

Получистовая обработка включает токарные и фрезерные операции, выполняемые на токарно-винторезных станках 16ГС25СУ1 с применением патрона трехкулачкового специального и резцов различных конструкций, вертикально-фрезерном станке ВМ127М, с применением тисков самоцентрирующих, фрезы концевой.

Чистовая обработка включает шлифовальные операции, выполняемые на торцекруглошлифовальных станках ОШ–650, с применением патронов поводковых и шлифовальных кругов.

В технологическом процессе участвуют операторы станков с числовым программным управлением, фрезеровщики и шлифовщики.

4.2 Идентификация профессиональных рисков

«Проведем идентификацию профессиональных рисков для фрезеровщиков, шлифовщиков и операторов станков с числовым программным управлением в соответствии с требованиями ГОСТ 12.0.003-2015» [3].

Основные риски фрезеровщика. Механические травмы: контакт с

вращающимися фрезами, зажимными устройствами или движущимися частями станка; попадание рук в зону резания; разлет стружки и осколков материала. Физические факторы: шум от работы станка (превышение 85 дБ), приводящий к снижению слуха; вибрация при обработке твердых материалов (риск развития вибрационной болезни). Химические воздействия: вдыхание аэрозолей смазочно-охлаждающих жидкостей и металлической пыли; контакт кожи со смазочно-охлаждающей жидкостью. Эргономические риски: статическая нагрузка при длительном стоянии; подъем тяжелых заготовок (риск травм спины). Пожароопасность возгорания стружки или смазочно-охлаждающих жидкостей при перегреве инструмента.

Основные риски шлифовщика. Механические травмы: разрыв абразивного круга из-за перегрузок или дефектов; попадание частиц абразива или обрабатываемого материала в глаза; пылевое воздействие вызванное вдыханием мелкодисперсной металлической и абразивной пыли. Физические факторы: воздействие высокого уровня шума и вибрации; ожоги от искр или нагретых поверхностей. Эргономические риски: длительное пребывание в неудобной позе; монотонные движения.

Основные риски оператора станков с числовым программным управлением. Механические травмы: непреднамеренный запуск программы при наладке или очистке станка; защемление пальцев при работе автоматизированных зажимов. Электрические риски, связанные с поражением током при неисправности оборудования или нарушении изоляции. Психоэмоциональные нагрузки: стресс из-за высокой ответственности за дорогостоящее оборудование; монотонность наблюдения за процессом (риск снижения концентрации). Эргономические риски: напряжение зрения при работе с мониторами станков с числовым программным управлением; статическая поза при программировании станка. Химические воздействия от контакта со смазочно-охлаждающими жидкостями и антикоррозийными составами.

Идентификация рисков должна регулярно актуализироваться с учетом

специфики производства и изменений в технологиях.

4.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков

«Рассмотрим методы и средства снижения профессиональных рисков для фрезеровщиков, шлифовщиков и операторов станков с числовым программным управлением» [3].

Ранее было выяснено, для фрезеровщика основными рисками являются: механические травмы, шум, вибрация, химические воздействия, эргономические нагрузки, пожароопасность.

В качестве технических мер необходимо использовать: установку защитных кожухов на вращающиеся части станка; использование систем пылеудаления и вентиляции для удаления металлической пыли и аэрозолей смазочно-охлаждающих жидкостей; применение станков с автоматической подачей заготовок для минимизации контакта с зоной резания; виброизоляцию оборудования для снижения передачи вибрации.

В качестве средств индивидуальной защиты необходимо использовать: противошумные наушники; защитные очки или щитки с противоударными стеклами; респираторы класса для фильтрации мелкодисперсной пыли; антивибрационные перчатки.

В качестве организационных мер необходимо использовать: регулярный инструктаж по технике безопасности; внедрение графика работы с перерывами для снижения статической нагрузки; запрет на работу без средств индивидуальной защиты.

Противопожарные меры: установка датчиков дыма и огнетушителей рядом с рабочими зонами; регулярная уборка стружки и отходов.

Для шлифовщиков основные риски: разрыв абразивных кругов, пылевое воздействие, шум, термические риски, эргономические нагрузки.

В качестве технических мер необходимо использовать: использование кругов с маркировкой по гост, проверка на трещины перед установкой;

монтаж защитных экранов от разлетающихся частиц; применение станков с водяным охлаждением для снижения температуры и пылеобразования; установка локальных вытяжных систем (например, зонтов над шлифовальными станками).

В качестве средств индивидуальной защиты необходимо использовать: противопылевые респираторы с фильтрами; очки с боковой защитой или маски с принудительной подачей воздуха; огнестойкая спецодежда для защиты от искр.

Для профилактики вибрации необходимо использовать: использование инструментов с антивибрационными рукоятками; внедрение перерывов каждые 30 – 40 минут работы.

В качестве организационных мер необходимо использовать: ограничение времени непрерывной работы с вибрирующим инструментом; регулярная замена абразивных кругов по графику.

Для операторов станков с числовым программным управлением основные риски: механические травмы, электрические риски, психоэмоциональные нагрузки, эргономические проблемы.

В качестве технических мер необходимо использовать: блокировку доступа в рабочую зону при включенном станке (световые барьеры, датчики движения); аварийные кнопки остановки в зоне доступа оператора; автоматизацию загрузки деталей.

В качестве организационных мер необходимо использовать: обучение работе с программным обеспечением и алгоритмам действий при сбоях; внедрение системы «двух ключей» для запуска критических операций; регламентированные перерывы для снижения зрительного напряжения.

Для улучшения эргономики рабочего места необходимо использовать: регулируемые кресла с поддержкой спины; мониторы с антибликовым покрытием и регулируемой яркостью; организация зоны программирования с комфортным освещением.

Для снижения психоэмоциональных перегрузок необходимо

использовать: ротацию задач для предотвращения монотонности; тренинги по управлению стрессом.

Общие меры для всех категорий: ежегодные курсы по охране труда; тренажеры для отработки действий в аварийных ситуациях; периодические медосмотры; вакцинация от инфекций при работе в запыленных условиях.

Комплексный подход, сочетающий технические, организационные и индивидуальные меры, позволяет минимизировать риски. Ключевыми элементами являются использование средств индивидуальной защиты, обучение персонала и регулярный контроль условий труда.

4.4 Обеспечение пожарной безопасности технического объекта

«Потенциальными источниками возгорания в ходе выполнения технологического процесса являются: искры при мехобработке, смазочно-охлаждающие жидкости, горючие масла и эмульсии, накопление металлической стружки и пыли» [3], создающей пожароопасную среду, короткие замыкания, перегрев проводки.

Технические меры обеспечения пожарной безопасности [3]: замена масляных смазочно-охлаждающих жидкостей на водорастворимые эмульсии; установка вытяжных зонтов над станками; регулярная очистка воздухопроводов от стружки и пыли; установка искрогасителей на шлифовальных и фрезерных станках; термоизоляция печей для термической обработки; заземление оборудования; использование взрывозащищенных электроустановок в зонах с горючими материалами.

Организационные меры обеспечения пожарной безопасности: ежесменная уборка стружки и отходов; запрет на скопление горючих материалов в радиусе 5 м от рабочих зон; регулярная проверка работы печей и индукционных установок; ограничение времени непрерывной работы оборудования; хранение горючих материалов, смазочно-охлаждающих жидкостей и масел в металлических шкафах с поддонами в отдельных

помещениях для хранения с вытяжной вентиляцией; разработка плана эвакуации с четкими маршрутами к выходам, обозначенные светящимися указателями; регулярные тренировки по эвакуации (не реже 2 раз в год).

Средства обнаружения и тушения пожаров: датчики дыма и тепловые извещатели в цеху; системы пожаротушения спринклерные или газовые; огнетушители порошковые и углекислотные; пожарные щиты с песком, лопатами и кошмой.

Обучение персонала: проведение вводного, первичного, повторного инструктажей; проведение тренингов по использованию огнетушителей и действий при пожаре; отработка остановки станков и отключения электроэнергии в аварийной ситуации.

Регулярный аудит и контроль: ежемесячный осмотр состояния огнетушителей и датчиков; контроль исправности вентиляции и заземления; ведение журнала учета пожароопасных работ; составление актов проверки противопожарного состояния цеха.

Комплексный подход к пожарной безопасности включает замену горючих материалов на безопасные аналоги, автоматизацию контроля и тушения возгораний, обучение персонала и соблюдение нормативных требований, регулярное техническое обслуживание оборудования и уборку рабочих зон. Это минимизирует риски и обеспечит безопасность технологического процесса.

4.5 Обеспечение экологической безопасности технического объекта

«Источниками негативного воздействия на окружающую среду в ходе выполнения технологического процесса изготовления вала являются: металлическая стружка и пыль от обработки; отработанные смазочно-охлаждающие жидкости, масла, эмульсии; абразивные отходы; аэрозоли пыли; шум и вибрация; высокое энергопотребление оборудования» [3].

«С целью снижения экологического воздействия предлагается принять

следующие меры: прессование стружки в брикеты для повторного использования в металлургии; сортировка отходов по типу металла» [3]; использование замкнутых систем рециркуляции смазочно-охлаждающих жидкостей с фильтрацией; замена масляных смазочно-охлаждающих жидкостей на биоразлагаемые эмульсии; передача специализированным организациям на утилизацию абразивов и шлаков.

Так же предлагается применить системы очистки воздуха в виде фильтров (циклонных, электростатических) на вытяжках станков.

С целью повышения энергоэффективности предлагается внедрить энергосберегающих технологий. В частности, использовать частотные преобразователи для регулировки мощности двигателей и произвести замену устаревшего оборудования на станки с классом энергоэффективности A+.

Шумоподавление предлагается осуществлять путем установки акустических кожухов на шлифовальных и фрезерных станках и виброизоляционных опор для снижения передачи шума.

Предложенные меры снижают нагрузку на окружающую среду и соответствует принципам устойчивого развития.

Проведенный, в ходе выполнения данного раздела, анализ профессиональных опасностей позволил выявить ключевые угрозы для фрезеровщиков, шлифовщиков и операторов станков с числовым программным управлением, включая механические травмы, воздействие шума, вибрации, химических веществ, а также эргономические перегрузки.

Реализация разработанных мер не только повысит безопасность труда, но и сократит антропогенную нагрузку на окружающую среду. Дальнейшее совершенствование процесса должно быть направлено на внедрение цифровых систем мониторинга условий труда и экологических параметров, что соответствует принципам устойчивого развития и требованиям современных стандартов.

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» [11].

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

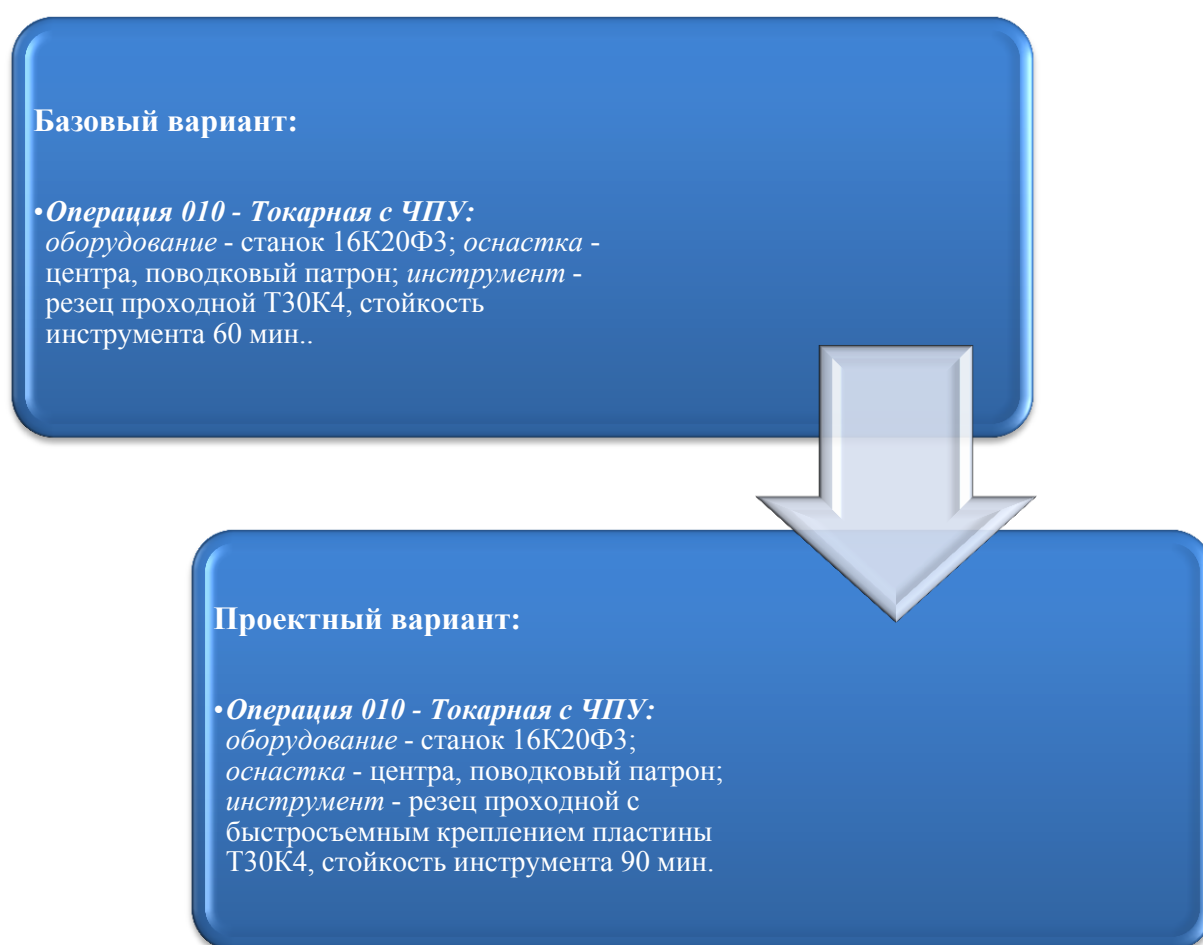


Рисунок 5 – Обобщенная схема процесса производства

Обобщенная схема содержит операции, наиболее значимые с точки зрения формирования затрат. Количественная оценка этих операций стартует с расчета технологической себестоимости по установленной методике [11].

Величина технологической себестоимости и показатели, ее определяющие, представлены на рисунке 6.

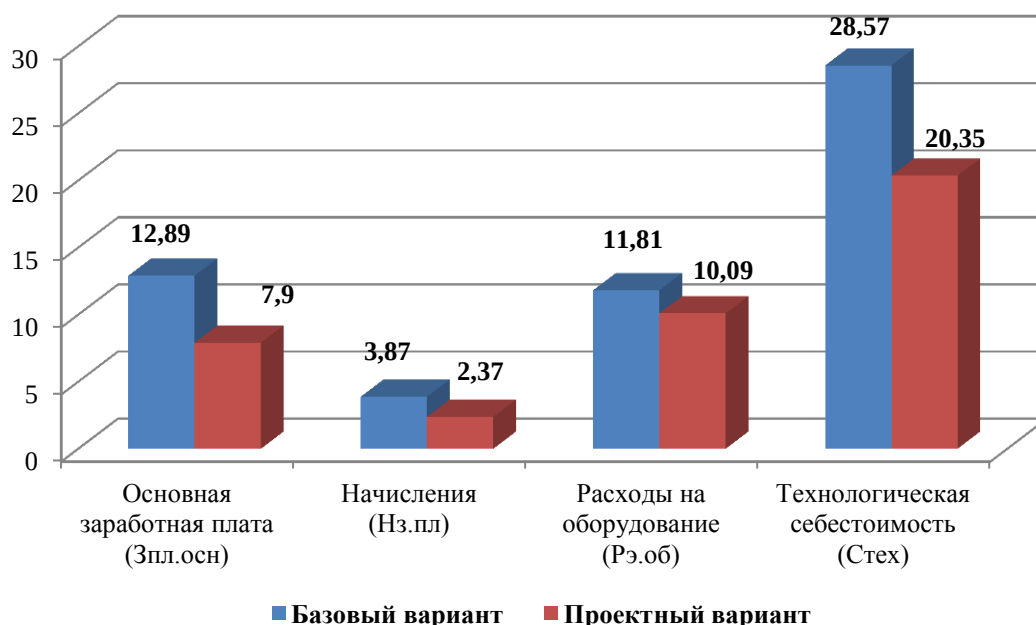


Рисунок 6 – Величина технологической себестоимости, а также, показатели из которых она формируется, руб.

Из рисунка 6 наглядно просматривается зависимость величины технологической себестоимости от основной заработной платы, которые составляют около 40 % от общего объема, в обоих вариантах. При этом, технологическая себестоимость не значительно зависит от величины начислений на заработную плату, доля которых составляет около 12 %, 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. Для этого прибегнем к «методике расчета капитальных вложений (инвестиций) по сравниваемым вариантам технологического процесса» [11]. По причине того, что изменения технологического процесса касаются лишь инструмента, расчет инвестиций будет основываться на

частичном перечне затрат. Это будут: «затраты на проектирование ($K_{ПР}$), инструмент ($K_{И}$) и корректировку программного обеспечения ($K_{К.П.ОБ}$)» [11]. рисунке 7 представлены данные заявленных показателей и общий масштаб инвестиций.

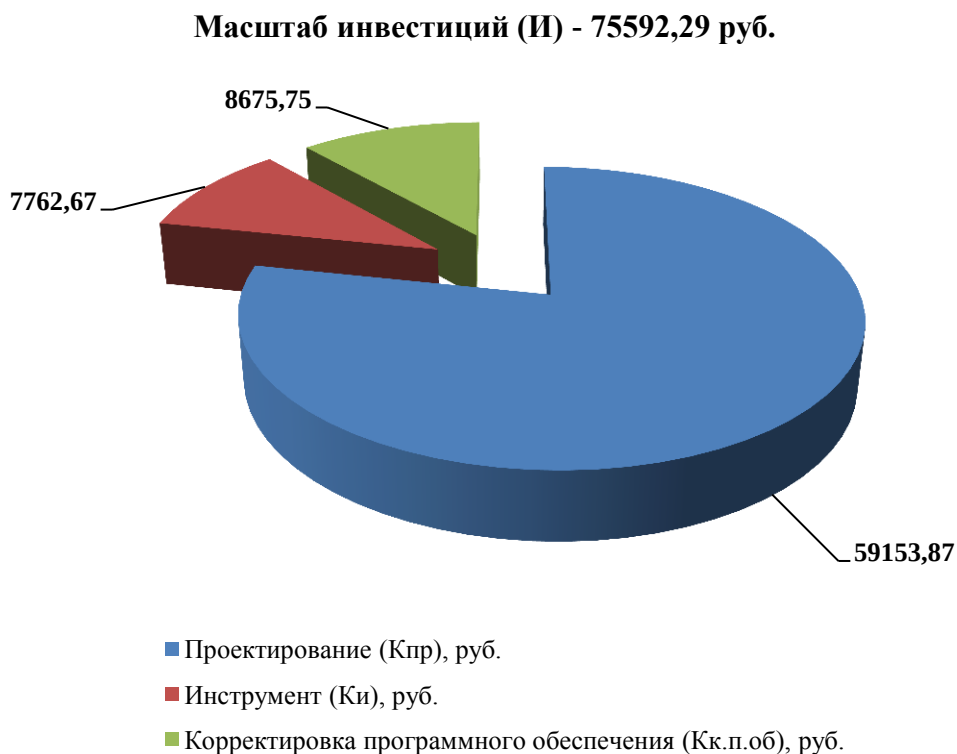


Рисунок 7 – Данные экономических показателей и общий объем инвестиций, руб.

Анализ данных рисунка 7 показывает, что подавляющая часть инвестиций (78,3 %) приходится на проектирование. В то же время, затраты на инструмент составляют лишь 10,3 %, что является незначительной долей общих вложений.

Следующим шагом является расчет количественных значений ключевых экономических показателей: «чистой прибыли, срока окупаемости и интегрального экономического эффекта» [11]. Расчет выполняется в соответствии с «методикой расчета показателей экономической

эффективности проектируемого варианта технологического процесса» [11].
Полученные значения данных показателей отражены на рисунке 8.

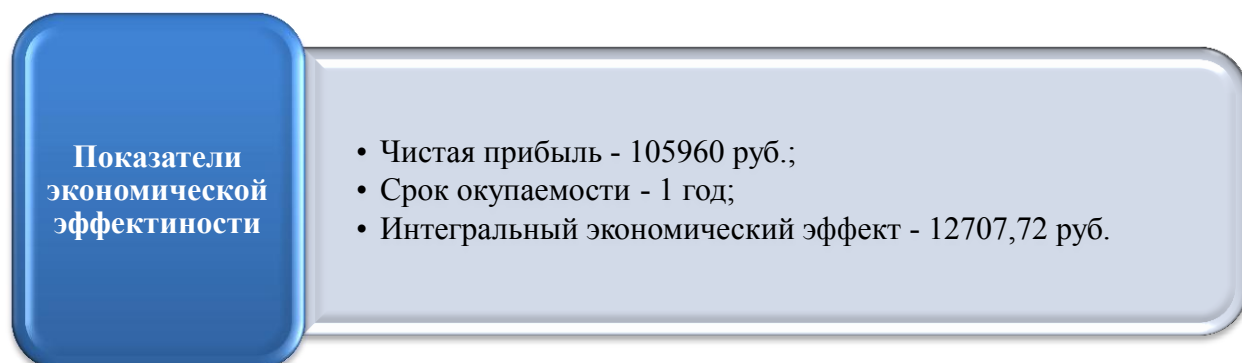


Рисунок 8 – Демонстрация параметров экономических показателей

Основываясь на проделанных расчетах, 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 12707,72 рублей.

В результате выполнения раздела было выявлено, что себестоимость изготовления блока шестерен снижена благодаря оптимизации режимов обработки, уменьшению брака и энергопотребления.

Заключение

Выполненная работа посвящена комплексному исследованию и оптимизации технологического процесса изготовления блока шестерен. В ходе выполнения работы были решены поставленные задачи, направленные на повышение точности, снижение себестоимости и обеспечение соответствия продукции стандартам качества.

Разработана поэтапная методика изготовления блока шестерен, объединяющая традиционные методы и инновационные подходы. Внедрение CAD/CAM-систем и цифрового контроля качества позволило достичь точности зубчатых колес по стандарту ISO 1328 (класс 6). В результате удалось добиться сокращения производственного цикла на 20% за счет оптимизации операций и снижения межоперационных простоев.

Создан токарный патрон с гидравлическим зажимом, обеспечивающий жесткую фиксацию заготовок при черновой обработке и снижение биения до 0,02 мм.

Разработан резец с механическим креплением сменных пластин, повысивший скорость резания до 250 м/мин и сокративший расход инструмента на 35%, благодаря внедрению системы предиктивного контроля износа инструмента с использованием датчиков в корпусе резца.

Себестоимость изготовления блока шестерен снижена на 22% благодаря оптимизации режимов обработки, уменьшению брака и энергопотребления.

Цель работы, которая заключалась в создании высокоэффективного технологического процесса изготовления блока шестерен, можно считать достигнутой. Результаты демонстрируют, что предложенные решения не только решают актуальные производственные проблемы, но и соответствуют трендам цифровизации и экологизации промышленности. Внедрение результатов работы на предприятиях позволит укрепить позиции отечественного машиностроения в условиях глобальной конкуренции.

Список используемых источников

1. Боровский Г.В. Справочник инструментальщика / Г.В. Боровский, С.Н. Григорьев, А.Р. Маслов ; под общ. ред. А.Р. Маслова. – 2-е изд., испр. – Москва. : Машиностроение, 2007. – 463 с.
2. Горбацевич А.Ф. Курсовое проектирование по технологии машиностроения: учебное пособие для вузов / А.Ф. Горбацевич, В.А. Шкред. М. : ООО ИД «Альянс», 2007. – 256 с.
3. 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.
4. ГОСТ 7505-89. Поковки стальные штампованные. Допуски, припуски и кузнечные напуски. – Введ. 1990-01-07. – М. : Изд-во стандартов, 1990. – 83 с.
5. 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: 18.04.2025).
6. Жидяев А. Н. Режущий инструмент для станков с ЧПУ : учебное пособие / А. Н. Жидяев. – Самара : Самарский университет, 2023. – 80 с. – ISBN 978-5-7883-1980-3. – Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. – URL: <https://e.lanbook.com/book/406526> (дата обращения: 26.04.2025).
7. Забирова Г. Р. Технология машиностроения : учебно-методическое пособие / Г. Р. Забирова. – Ульяновск : УлГУ, 2022. – 272 с. – Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. – URL: <https://e.lanbook.com/book/314603> (дата обращения: 05.04.2025).
8. Зубарев Ю. М. Технология автоматизированного машиностроения. Моделирование процесса выбора баз при автоматизированном

проектировании технологических процессов / Ю. М. Зубарев, А. В. Приемышев. – 2-е изд., стер. – Санкт-Петербург : Лань, 2023. – 100 с. – ISBN 978-5-507-48324-2. – Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. – URL: <https://e.lanbook.com/book/346475> (дата обращения: 08.04.2025).

9. 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: 18.04.2025).

10. Копылов Ю. Р. Технология машиностроения : учебное пособие для вузов / Ю. Р. Копылов. – 2-е изд., стер. – Санкт-Петербург : Лань, 2024. – 252 с. – ISBN 978-5-507-49336-4. – Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. – URL: <https://e.lanbook.com/book/387341> (дата обращения: 17.04.2025).

11. 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).

12. 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: 26.04.2025).

13. 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: 28.04.2025).

14.Пухаренко Ю.В. Механическая обработка конструкционных материалов: курсовое и диплом. проектирование: учеб. пособие / Ю.В. Пухаренко, В.А. Норин. – Санкт–Петербург. : Лань, 2018. – 240 с. [Электронный ресурс]. – URL: <https://e.lanbook.com/book/99220> (дата обращения: 24.03.2025).

15.Расторгуев Д. А. Проектирование технологических операций [Электронный ресурс] : электрон. учеб.-метод. пособие / Д. А. Расторгуев ; ТГУ ; Ин-т машиностроения ; каф. "Оборудование и технологии машиностроит. пр-ва". - Тольятти : ТГУ, 2015. - 140 с.

16.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: 06.04.2025).

17.Справочник технолога-машиностроителя в 2-х тт : справочник / В. И. Аверченков, А. В. Аверченков, Б. М. Базров [и др.] ; под редакцией А. С. Васильева, А. А. Кутина. – 7-е изд. испр. – Москва : Машиностроение, 2023. – 1574 с. – ISBN 978-5-907523-26-5. – Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. – URL: <https://e.lanbook.com/book/307325> (дата обращения: 08.04.2025).

18. 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: 29.03.2025).

19.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: 11.04.2025).

20. 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: 01.04.2025).

21. Технология машиностроения. Проектирование технологии изготовления деталей : учебное пособие / В. А. Лебедев, И. В. Давыдова, А. П. Шишкина, Е. Н. Колганова. – Вологда : Инфра-Инженерия, 2023. – 176 с. – ISBN 978-5-9729-1298-8. – Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. – URL: <https://e.lanbook.com/book/346985> (дата обращения: 13.04.2025).

22. Унянин А. Н. Технологическая оснастка : учебное пособие / А. Н. Унянин, В. Ф. Гурьянихин, Е. М. Булыжев. – Ульяновск : УлГТУ, 2022. – 173 с. – ISBN 978-5-9795-2192-3. – Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. – URL: <https://e.lanbook.com/book/259712> (дата обращения: 28.04.2025).

23. Химический состав и физико-механические свойства стали 12ХН3А [Электронный ресурс]. – URL: http://metallicheckiy-portal.ru/marki_metallov/stk/12xh3a (дата обращения: 02.04.2025).

24. 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: 23.04.2025).

Приложение А Технологическая документация

Таблица А.1 – Технологическая документация

Дизайн																				
Взам																				
Подп																				
Разработал	Маринин				ТГУ, Кафедра ОТМП															
Проверил	Казлов																			
Утвердил					Блок шестерен															
Н. контр																				
М01	Сталь 12ХНЗА ГОСТ 4543-71																			
	Код	ЕВ	МД	ЕН	Н. раск.	КИМ	Код заготовки	Профиль и размеры				КД	МЗ							
М02	12	166	37кг2	1		0,56	24	Ø91,9x159,2				1	6,68кг2							
А	Цех	Уч	РМ	Опер	Код, наименование операции				Обозначение документа											
Б					Код, наименование оборудования				СМ	проф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Кшт	Тпрз	Тшт	
А03	XX XX XX 000 Заготовительная																			
Б04	Горизонтально ковочная машина																			
О5																				
А06	XX XX XX 005 4269 Фрезерно-центровальная																			
Б07	381631 Фрезерно-центровальный ЕМ535 3 17845 312 1Р 1 1 1 800 1 115																			
О08	Фрезеровать торцы 1, 32 в размер 155 ^{+0,25} , сверлить отверстия 2, 31, 35, 46 в размер Ø37 ^{+0,10} .																			
О9	396131 Тиски самоцентрирующие ГОСТ 12195-66; 391801 Фреза торцовая ГОСТ 9473-80 Т5К10;																			
Т10	391267 Сверло специальное Р6М5; 393311 Штангенциркуль ШЦ-1 ГОСТ 160-80.																			
11																				
А12	XX XX XX 010 4110 Токарная																			
Б13	381101 Токарный 16ГС25СУ1 3 18217 312 1Р 1 1 1 800 1 156																			
О14	Точить последовательно поверхности и торцы: 17, 19, 23, 24, 25, 26, 27, 29 в размер Ø70 ^{+0,25} .																			
О15	Ø87,5 ^{+0,35} ; Ø63,5 ^{+0,3} ; Ø56,88 ^{+0,3} ; 120,6 ^{+0,35} ; 143 ^{+0,4} ; 115 ^{+0,35} ; 76 ^{+0,3} ; 71 ^{+0,3} ; 5 ^{+0,12} .																			
Т16	396171 Патрон 3-х кулачковый специальный; 392101 Резец контурный специальный Т5К10;																			
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	Тпрз	Тшт
Т 19	392101Резец канавочный ГОСТ18879-73 Т5К10; 393311 Штангенциркуль ШЦ-2 ГОСТ 160-80.														
20															
А 21	XX XX XX 015 4110 Токарная														
Б 22	381101 Токарный 16ГС25СЧ1 3 18217 312 1Р 1 1 1 800 1 1,26														
О 23	Точить последовательно 4, 5, 7, 11, 15 в размер $\phi 87,5^{+0,35}_{-0,35}$; $\phi 63,5^{+0,3}_{-0,3}$; $\phi 56,88^{+0,5}_{-0,5}$; $120,6^{+0,35}_{-0,35}$; $143^{+0,4}_{-0,4}$;														
О 24	$115^{+0,35}_{-0,35}$; $76^{+0,3}_{-0,3}$;														
Т 25	396171Патрон 3-х кулачковый специальный; 392101Резец контурный ГОСТ18879-73Т30К4; 392101Резец														
Т 26	канавочный ГОСТ18879-73 Т30К4; 392101 Резец резьбовой ГОСТ18879-73 Т5К10;														
Т 27	393410 Микрометр МК-50 ГОСТ 6507-78.														
Т 28															
А 29	XX XX XX 020 4110 Токарная														
Б 30	381101 Токарный 16ГС25СЧ1 3 18217 312 1Р 1 1 1 800 1 3,05														
О 31	Точить последовательно 42, 43, 44, 45, 46 в размер $\phi 35^{+0,21}_{-0,21}$; $\phi 30^{+0,25}_{-0,25}$; $103^{+0,35}_{-0,35}$;														
Т 32	396171Патрон 3-х кулачковый специальный; 391213Сверло спиральное ГОСТ10903-77Р6М5; 392133Резец														
Т 33	расточной ГОСТ18879-73 Т5К10; 394253 Нутромер НМ-50 ГОСТ 160-80.														
34															
А 35	XX XX XX 025 4110 Токарная														
Б 36	381101 Токарный 16ГС25СЧ1 3 18217 312 1Р 1 1 1 800 1 2,16														
О 37	Точить последовательно поверхности 35, 36, 37, 38, 39 в размер $\phi 37^{+0,25}_{-0,25}$; $\phi 35^{+0,25}_{-0,25}$; $109^{+0,35}_{-0,35}$; $98^{+0,35}_{-0,35}$;														
Т 38	396171 Патрон 3-х кулачковый ГОСТ 24351-80; 392133 Резец расточной ГОСТ18879-73 Т5К10;														
Т 39	394253 Нутромер НМ ГОСТ 160-80.														
40															
А 41	XX XX XX 030 4110 Токарная														
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	Тшт
A 69	381101 Токарный 16ГС25СЧ1					3	18217	312	1Р	1	1	1	800	1	14,7
Б 70	Точить последовательно поверхности Установ А: 16, 22, 25, 26, 27, 28, 29, 30 в размер $\phi 56,004^{+0,12}_{-0,12}$														
О 71	М45Х2, 116,6 $^{+0,14}_{-0,14}$, 139 $^{+0,16}_{-0,16}$ Установ Б: 3, 5, 6, 7, 8, 9, 12, 18 в размер $\phi 56,004^{+0,12}_{-0,12}$; М45Х2, 139 $^{+0,16}_{-0,16}$; 1Х45°														
Т 72	392846 Патрон поводковый ГОСТ 2572-72; 392842 Центра ГОСТ 8742-75; 392101 Резец контурный														
Т 73	ГОСТ 18879-73 ТЗОК4; 392101 Резец канавочный ГОСТ 18879-73 Т5К10; 392101 Резец резьбовой														
Т 74	ГОСТ 18879-73 Т5К10; 393413 Микрометр ГОСТ 160-80.														
75															
A 76	XX XX XX 035 4262 Фрезерная														
Б 77	381631 Фрезерный ВМ 127М					3	18632	312	1Р	1	1	1	800	1	1,12
О 78	Фрезеровать поверхности 49, 50 в размер 6 $^{+0,18}_{-0,18}$, 43 $^{+0,1}_{-0,1}$														
Т 79	396131 Тиски самоцентрирующие ГОСТ 12195-66; 391820 Фреза шпоночная ГОСТ 9308-69 Р6М5;														
Т 80	393311 Штангенциркуль ШЦ-1 ГОСТ 160-80; 393400 Калибр.														
81															
A 82	XX XX XX 040 4180 Протяжная														
Б 83	381756 Горизонтально-протяжной 7А523					3	16458	312	1Р	1	1	1	800	1	0,98
О 84	Протянуть поверхности 40, 41 в размер 9 степени точности.														
Т 85	396190 Опора шаровая; 392341 Протяжка шлицевая ГОСТ 25161-82 Р18; 393400 Калибры.														
86															
A 87	XX XX XX 045 4153 Зубофрезерная														
Б 88	381572 Зубофрезерный 5ЗВ30					3	12287	312	1Р	1	1	1	800	1	2,4
О 89	Фрезеровать поверхности 13, 14, 20, 21 в размер 10-й степени точности.														
Т 90	396110 Патрон поводковый ГОСТ 2571-71; 391810 Фреза червячная Р6М50 ГОСТ 9324-80;														
Т 91	394300 Прибор измерительный универсальный.														
МК															

Продолжение Приложения А

Продолжение таблицы А.1

А	Цех	Уч	РМ	Опер	Код, наименование операции	Обозначение документа									
Б	Код, наименование оборудования				СМ	проф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Кшт	Тпрз	Тшт
А 94	XX XX XX	050	0190	Слесарная											
95															
А 96	XX XX XX	055	4157	Зубошевигвальная											
Б 97	381574	Зубошевигвальный	ВС-Е02В-22	3	12287	312	1Р	1	1	1	800	1		5,32	
О 98	Шевинговать поверхности 13, 20 в размер 8-й степени точности.														
Т 99	396110 Патрон поводковый ГОСТ 2571-71; 391810 Шейвер дисковый Р18 ГОСТ5395-80.; 394300 Прибор														
Т 100	измерительный универсальный.														
101															
А 102	XX XX XX	060	Термическая												
103															
А 104	XX XX XX	065	4142	Центрошлифовальная											
Б 105	381317	Центрошлифовальный	ZS-100	3	18873	312	1Р	1	1	1	800	1		1,1	
О 106	Шлифовать поверхности 2, 31 в размер $\phi 37^{+0,039}$.														
Т 107	396131 Тиски самоцентрирующие ГОСТ12195-66; 397120 Круг шлифовальный АГК ГОСТ2447-82;														
Т 108	393120 Калибры.														
109															
А 110	XX XX XX	070	4130	Торцекрылошлифовальная											
Б 111	381311	Торцекрылошлифовальный	ОШ-650	318873	312	1Р	1	1	1	800	1			2,12	
О 112	Шлифовать Установка А: 25, 27 в размер $\phi 55,336^{+0,046}$; 118,35 ^{+0,057} ; Установка Б: 7, 9 в размер $\phi 55,336^{+0,046}$;														
О 113	118,35 ^{+0,057} .														
Т 114	396110 Патрон поводковый ГОСТ2571-71; 39810 Круг шлифовальный; 394300 Скоба рычажная.														
115															
А 116	XX XX XX	075	4130	Торцекрылошлифовальная											
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	Тпрз	Тшт
Б 117	381311	Торцевкруглошлифовальный ОШ-650 З 18873					312	1Р	1	1	1	800	1			3,28
О 118	Шлифовать Установ А: 25, 27 в размер $\phi 55,002^{+0,016}_{-0,016}$; 118,25 ^{+0,057} ; Установ Б: 7, 9 в размер $\phi 55,006^{+0,016}_{-0,016}$;															
О 119	118,25 ^{+0,057} .															
Т 120	396110 Патрон поводковый ГОСТ2571-71; 39810 Круг шлифовальный; 394300 Скоба рычажная.															
121																
А 122	XX XX XX 080	4151 Зубошлифовальная														
Б 123	381562	Зубошлифовальный LFG-3540 З 12287					312	1Р	1	1	1	800	1			3,12
О 124	Шлифовать поверхности 13, 20 в размер 7-й степени точности															
Т 125	396110 Патрон поводковый ГОСТ2571-71; 391810 Круг шлифовальный; 394300 Прибор измерительный															
Т 126	универсальный.															
127																
А 128	XX XX XX 085	Мечная														
129																
А 130	XX XX XX 090	Контрольная														
131																
132																
133																
134																
135																
136																
137																
138																
139																
МК																

Продолжение таблицы А.1



Продолжение таблицы А.1



Продолжение Приложения А

Продолжение таблицы А.1

ГОСТ 2.118-82										Форм 1	
Дубл.											
Взам.											
Подп.											
Разраб.	Мартин										
Проверил	Козлов										
Н.контр.											
Блок шестерен										Цех	Уч.
										Р.М.	Опер.
										030	
Наименование операции		Материал		Твердость	ЕВ	МД	Профиль и размеры		МЗ	КОИД	
Токарная		12ХНЗА ГОСТ 4543-71		НВ 280	166	3,71	#91,9х159,2		6,68	1	
Обработка, устройства ЧПУ		Обозначение программы		Т _а	Т _б	Т _в	Т _ш	Слож			
16ГС25СУ1				0,62			1,47	Blasocut			
		пи	о или в	L	f	i	s	p	v		
от	1. Установить заготовку										
Т _{за}	392846 Патрон поводковый ГОСТ 2572-72; 392842 Центра ГОСТ 8742-75; 392101 Резец контурный										
Т _{за}	ГОСТ 18879-73 Т30К4; 392101 Резец канавочный ГОСТ 18879-73 Т5К10; 392101 Резец резьбовой										
Т _{за}	ГОСТ 18879-73 Т5К10.										
о _{за}	2. Точить последовательно поверхности 16, 22, 25, 26, 27, 28 выдерживая размеры согласно эскиза.										
Р _{за}	1				1,123		0,25	1200	207		
Р _{от}	2				2,0		0,1	320	45		
Р _{за}	3				0,2		2,0	800	113		
от	3. Переустановить заготовку										
о _{от}	4. Точить последовательно поверхности 3, 5, 6, 7, 8, 9, 12, 18 выдерживая размеры согласно эскиза.										

Продолжение таблицы А.1

[illegible]

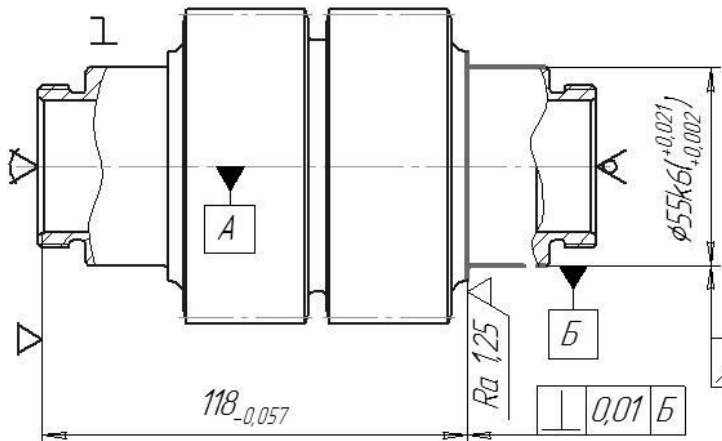
Продолжение таблицы А.1

Публ.			
Взам.			
Подп.			

Разраб.	Малинин			ТГУ			
Проверил	Козлов			Кафедра ОТМ17			
Н.контр.				Блок шестерен			075

Установ А

$\sqrt{Ra\ 0,63}$



118_{-0,057}

Ra 125

$\phi 55k6_{+0,021}^{-0,002}$

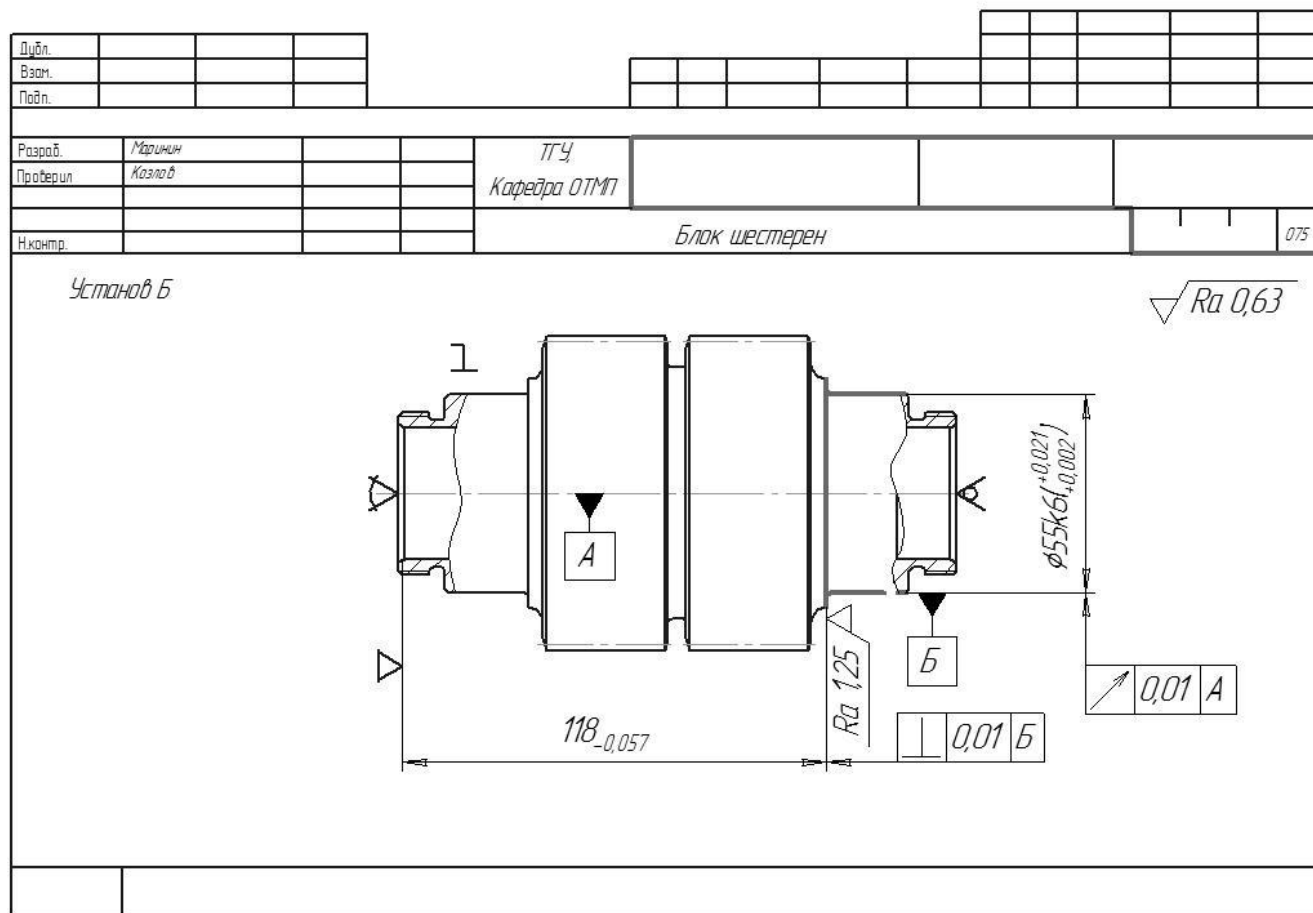
А

Б

$\nearrow 0,01\ A$

$\parallel 0,01\ Б$

Продолжение таблицы А.1



Продолжение Приложения А

Продолжение таблицы А.1

ГОСТ 2118-82										Форм 1				
Дубл.														
Взам.														
Подп.														
Разраб.	Маришин													
Проверил	Козлов													
Н.контр.														
Блок шестерен										Цех	Уч.			
										Р.М.	Опер.			
										075				
Наименование операции		Материал		Твердость	ЕВ	МД	Профиль и размеры		МЗ	КОИД				
Торцевкругшлифовальная		12ХНЗА ГОСТ 4543-71		НВ 280	166	3,71	#91,9х159,2		6,68	1				
Оборудование, устройства ЧПУ		Обозначение программы		Тр	ТЗ	Тгв	Тшт	Слож						
ОШ-650				248			328	Blasocut						
		пи	о или в	L	f	i	s	p	v					
01	1. Установить заготовку													
Т. 02	396110 Патрон поводковый ГОСТ 2571-71; 39810 Круг шлифовальный.													
03	2. Шлифовать поверхности 25, 27 выдерживая размеры согласно эскиза.													
Р. 04	1										0,184	0,002	300	30
05	3. Переустановить заготовку.													
Р. 06	4. Шлифовать поверхности 7, 9 выдерживая размеры согласно эскиза.													
07	1										0,184	0,002	300	30
08	5. Открепить, снять деталь с приспособления, уложить на тележку.													
09														
10														

Спецификации к сборочным чертежам

[illegible]

Продолжение таблицы Б.1

72

Продолжение таблицы Б.1

73