

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)

Проектирование технологических процессов  
(направленность (профиль)/ специализация)

## **ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА (БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА)**

на тему Технологический процесс изготовления вала-шестерни трансмиссии  
мини-погрузчика

---

Студент	<u>Д.А. Игнатьев</u> (И.О. Фамилия)	_____	(личная подпись)
Руководитель	<u>к.т.н., доцент А.А. Козлов</u> (ученая степень, звание, И.О. Фамилия)	_____	
Консультанты	<u>к.э.н. Н.В. Зубкова</u> (ученая степень, звание, И.О. Фамилия)	_____	
	<u>к.т.н., доцент А.В. Краснов</u> (ученая степень, звание, И.О. Фамилия)	_____	

Тольятти 2020

## Аннотация

Игнатьев Дмитрий Александрович. Технологический процесс изготовления вала-шестерни трансмиссии мини-погрузчика. Оборудование и технологии машиностроительного производства. ТГУ Тольятти, 2020 г.

Цель выпускной квалификационной работы заключается в проектировании технологического процесса изготовления вала-шестерни трансмиссии мини-погрузчика, отвечающего условиям обеспечения требуемых качественных, количественных и экономических показателей.

Выпускная квалификационная работа состоит из 5 основных разделов. В первом разделе производится анализ исходных данных, на основе которых формулируются основные задачи работы. Во втором разделе определяются основные характеристики типа производства, на основании которых производится дальнейшее проектирование технологии изготовления. Производится проектирование заготовки на основе определения маршрутов обработки поверхностей и рассчитанных в соответствии с ними припусков на механическую обработку. Проектируется план изготовления детали на основе разработанного маршрута изготовления и схем базирования. Производится подбор оптимальных средств технологического оснащения соответствующих типу производства. Разрабатываются технологические операции на основе определения режимов резания и их нормирования. В третьем разделе производится совершенствование операций технологического процесса через разработку соответствующей технологической оснастки и режущего инструмента. В четвертом разделе оценены основные профессиональные риски в ходе изготовления детали, разработаны мероприятия по их устранению, а также произведена оценка экологичности технологического процесса. В пятом разделе для подтверждения эффективности технологического процесса произведен расчет его экономических показателей. Работа состоит из 71 страниц пояснительной записки и 7 листов формата А1 графической части.

## Содержание

Введение.....	3
1 Анализ исходных данных.....	4
1.1 Назначение детали и условия ее эксплуатации.....	4
1.2 Технологические характеристики детали.....	5
1.3 Выбор параметров техпроцесса.....	7
1.4 Формулировка задач работы.....	9
2 Разработка технологической части работы.....	11
2.1 Проектирование заготовки.....	11
2.2 Проектирование плана изготовления.....	18
2.3 Определение средств оснащения техпроцесса.....	20
2.4 Разработка технологических операций.....	24
3 Проектирование специальных средств оснащения.....	28
3.1 Проектирование станочного приспособления.....	28
3.2 Проектирование режущего инструмента.....	35
4 Безопасность и экологичность технического объекта.....	40
4.1 Конструктивно-технологическая и организационно-техническая характеристики рассматриваемого технического объекта.....	40
4.2 Идентификация профессиональных рисков.....	41
4.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков.....	43
4.4 Обеспечение пожарной безопасности технического объекта.....	46
4.5 Обеспечение экологической безопасности технического объекта.....	49
5 Экономическая эффективность работы.....	52
Заключение.....	56
Список используемых источников.....	57
Приложение А Технологическая документация.....	60
Приложение Б Спецификации к сборочным чертежам.....	70

## Введение

В условиях ограниченного пространства для выполнения погрузочных, уборочных и земляных работ применяется специальная техника – мини-погрузчик. Компактность и маневренность данных машин достигается применением в конструкции короткой рамы и расположением гидравлического привода исполнительных механизмов сбоку. Конструктивные особенности позволяют применять самое разнообразное навесное оборудование. Это определяет широкую область их применения, включая строительную, сельскохозяйственную, коммунальную и ряд других отраслей.

Эффективность решения мини-погрузчиками задач зависит от их надежности, производительности, топливной эффективности, срока службы и стоимости владения. Обеспечение данных показателей определяется на стадии проектирования и изготовления.

Ключевым элементом мини-погрузчика, обеспечивающим необходимые рабочие движения, является трансмиссия. Конструктивно трансмиссия выполняется в виде механизмов, которые позволяют передавать и изменять крутящий момент от двигателя на привод в зависимости от требуемых условий движения. Наиболее распространена гидромеханическая трансмиссия, что объясняется ее компактностью, надежностью, возможностью получения необходимых диапазонов крутящего момента. Вал-шестерня является одной из ключевых деталей трансмиссии, от которой зависит работоспособность и другие эксплуатационные характеристики всего узла в целом.

Следовательно, цель выпускной квалификационной работы заключается в проектировании технологического процесса изготовления вала-шестерни трансмиссии мини-погрузчика, отвечающего условиям обеспечения требуемых качественных, количественных и экономических показателей.

## **1 Анализ исходных данных**

### **1.1 Назначение детали и условия ее эксплуатации**

Вал-шестерня является частью трансмиссии мини-погрузчика. Функциональное назначение детали заключается в передаче и изменении крутящего момента в соответствии с кинематической схемой работы трансмиссии. Вал-шестерня устанавливается в корпусе трансмиссии на подшипники.

Служебное назначение детали определяет формы поверхностей, формирующих ее контур. Поверхности достаточно простые, но при этом их количество достаточно значительное, а взаимное их расположение сложное.

Условия эксплуатации вала-шестерни зависят от условий эксплуатации мини-погрузчика, элементом которого является трансмиссия. В худшем случае эксплуатация может производиться под действием агрессивных внешних климатических факторов. Особенно серьезное влияние могут оказывать экстремально высокие или низкие температуры. В этом случае используемые в трансмиссии смазочно-охлаждающие жидкости теряют свои свойства, что может привести к ухудшению условий смазки и преждевременному выходу детали из строя.

В процессе эксплуатации на деталь действуют значительные знакопеременные нагрузки, что объясняется особенностями работы механизма. Возможно влияние вибраций от работы сторонних узлов и механизмов, что может привести к повышенному износу рабочих поверхностей вала-шестерни, а в некоторых случаях и его разрушению.

Влияние перечисленных факторов негативно сказывается на эксплуатационных характеристиках детали и может привести к его выходу из строя. Заданные конструктором характеристики поверхностей максимально компенсируют влияние рассмотренных факторов. Добиться заданных характеристик поверхностей можно только на стадии изготовления детали.

## 1.2 Технологические характеристики детали

Технологические характеристики детали характеризуются следующими показателями [6]: технологичность материала детали, технологичность заготовки, технологичность конструкции детали, технологичность механической обработки детали.

Материал вала-шестерни характеризуется химическим составом и механическими свойствами, которые определяют его эксплуатационные показатели и свойства обрабатываемости на операциях механической обработки. Характеристики стали 30ХМА ГОСТ4543-71 приняты согласно [23]. Химический состав: углерод от 0,26% до 0,33%, хром от 0,8% до 1,1%, марганец от 0,4% до 0,7%, кремний 0,17% до 0,37%, никель до 0,3%, , сера до 0,025%, фосфор до 0,025%, медь до 0,3%. Механические свойства:  $\sigma_T = 750$  МПа,  $\sigma_B = 950$  МПа,  $\delta_5 = 12$  %,  $\psi = 50$  %, НВ от 259 до 279. Такие характеристики материала обеспечивают хорошие показатели механической обработки, которые выражаются коэффициентом обрабатываемости. «Для инструмента из твердого сплава коэффициент обрабатываемости составит 0,5, для инструмента из быстрорежущей стали 0,5» [3].

Технологичность заготовки оценивается по методу ее получения [4]. «Выбор в пользу конкретного метода получения заготовки производится с учетом свойств материала детали, типа производства, формы детали и требуемых характеристик детали» [4]. Исходя из этих соображений, заготовку вала-шестерни можно получить методами штамповки или применением проката. Применение методов литья в данном случае не целесообразно, так как данная сталь не обладает хорошими литейными свойствами, что потребует тщательной проработки технологии получения заготовки или замены материала детали, что может отрицательно сказаться на ее механических характеристиках. Стоимость такой заготовки будет заведомо выше, чем заготовки получаемой методами штамповки или из

проката. Выбор конкретного метода получения заготовки производится исходя из экономического их сравнения.

Основой оценки технологичности конструкции детали является определение служебного назначения поверхностей, выполняемое согласно методике [19]. Эскиз вала-шестерни с пронумерованными поверхностями представлен на рисунке 1.

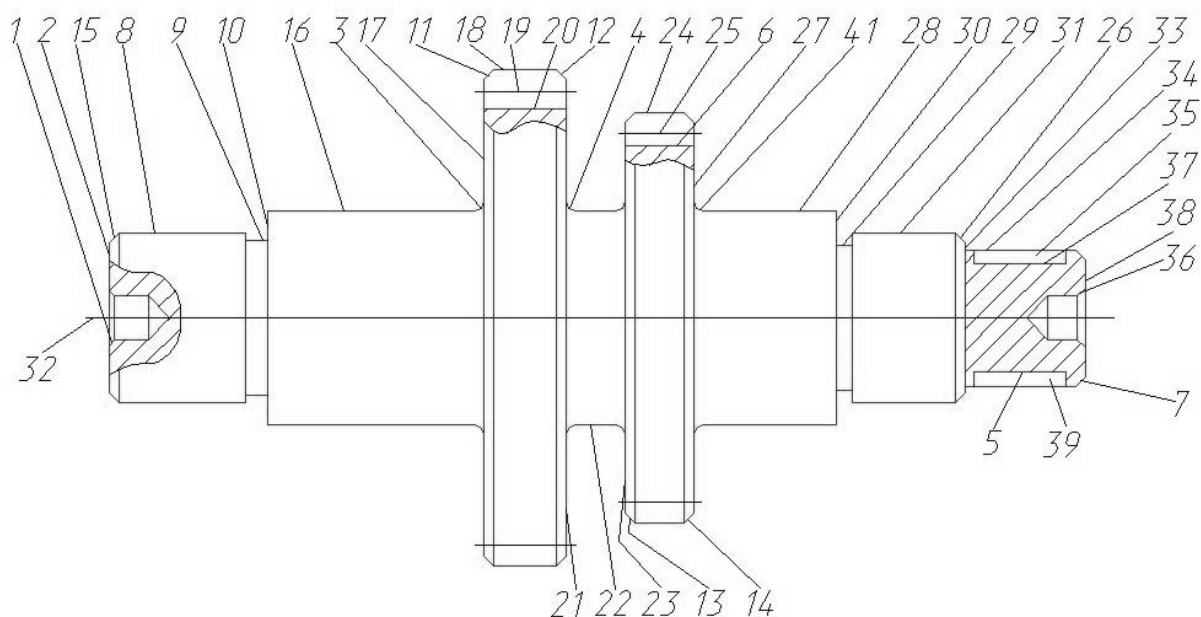


Рисунок 1 – Эскиз детали

Роль основных конструкторских баз в данной детали выполняют поверхности 8, 10, 29. Вспомогательными конструкторскими базами являются поверхности 5, 28, 33, 34, 37. В качестве исполнительных поверхностей используются 19, 25, 35, 39. Все остальные поверхности являются свободными. Анализу основных, вспомогательных конструкторских баз, а также исполнительных поверхностей следует уделить основное внимание. Большинство из этих поверхностей имеют простую форму, их размеры приняты из нормального ряда чисел, типовые элементы (фаски, канавки) также применены стандартные. Это позволяет выполнять механическую обработку поверхностей стандартными методами обработки.

Технологичность механической обработки заключается в оценке требований к базированию заготовки и оценке операций механической обработки. Базирование заготовки детали достаточно простое и позволяет применять характерные для деталей данной конфигурации схемы базирования. При этом соблюдение основных принципов базирования не вызывает каких-либо затруднений. Реализация принятых схем базирования возможна при помощи различных поверхностей заготовки. Целесообразнее всего для этих целей применять искусственные технологические базы в виде центровых отверстий. Количество требуемых операций механической обработки определяется качественными показателями поверхностей детали и сокращение их возможно только путем снижения требований к поверхностям, что недопустимо. Исходя из этого, для изготовления детали можно применять стандартное технологическое оборудование и средства оснащения, это существенно упростит этап технологической подготовки производства и сократит экономические затраты.

Приведенные технологические характеристики позволяют сделать заключение о высоких показателях технологичности вала-шестерни в целом.

### **1.3 Выбор параметров техпроцесса**

В ходе проведения анализа исходных данных было установлено, что выбор параметров проектируемого техпроцесса возможен на основе определения типа производства.

Тип производства определяется по значению коэффициента закрепления операций в случае полных данных о технологическом процессе и по массе и годовой программе на начальной стадии проектирования [20]. В данном случае применим второй подход. «При массе 4,5 кг и годовой программе выпуска 4000 штук тип производства соответствует среднесерийному» [20].



«Технологический процесс для данного типа производства характеризуется следующими параметрами» [22].

Номенклатура выпускаемых изделий достаточно большая, формируемая по группам исходя из условия конструктивного и технологического подобия деталей.

Форма организации технологического процесса групповая не поточная с запуском деталей в производство периодическими повторяющимися партиями.

Проектирование технологического процесса основано на последовательной и частично циклической стратегии проектирования. В качестве исходного техпроцесса используются типовые техпроцессы деталей данной группы. Методы обработки поверхностей назначаются исходя из требований к поверхностям детали и условий обеспечения минимальных удельных затрат. Обязательным условием при проектировании техпроцесса является обеспечение выполнения принципов единства и постоянства баз. Результаты проектирования оформляются в виде маршрутной карты, операционных карт, карт эскизов, плана изготовления и технологических наладок.

«Метод получения заготовки выбирается на основе экономического анализа исходя из особенностей материала детали. Наиболее применимы методы литья, штамповки и прокат» [22].

Операции проектируются исходя из условия обеспечения экстенсивной концентрации переходов с применением последовательной структуры. Припуски на обработку поверхностей определяются расчетно-аналитическим методом для точных и особо ответственных поверхностей, статистическим методом для остальных поверхностей. Режимы резания определяются на основе эмпирических зависимостей и статистических данных. Нормирование операций на основе опытно-статистических данных и расчетно-аналитических зависимостей. Методы достижения точности механической обработки основаны на применении предварительной настройки

оборудования на размер при помощи измерительных приборов, а также систем адаптивного управления.

Оборудование, применяемое для механической обработки универсальное, специализированное и оснащенное CNC–системами. Последний тип оборудования является предпочтительным, так как позволяет обеспечить необходимую гибкость производства.

Средства технологического обеспечения (станочные приспособления, режущие инструменты, средства контроля) универсальные, стандартные и нормализованные. В обоснованных случаях допускается использование специализированных и специальных средств технологического оснащения.

Размещение оборудования в цехе по групповому принципу с соблюдением всех норм технологического проектирования цехов и участков механосборочного профиля.

#### **1.4 Формулировка задач работы**

Основные задачи работы сформулируем на основе проведенного выше анализа назначения детали, условий эксплуатации и ее технологических характеристик:

- выбрать параметры проектируемого техпроцесса на основе определения типа производства, что позволит определить основные направления проектирования и наиболее полно использовать стандартные, ранее применяемые решения;
- провести выбор метода получения заготовки при помощи их экономического сравнения, спроектировать заготовку с минимально возможными припусками и напусками на обработку на базе определения маршрутов обработки и соответствующих припусков на обработку;
- разработать план изготовления детали на основе предложенных маршрутов обработки поверхностей, разработанных схем

- базирования и рассчитанных операционных допусков;
- выбрать соответствующие типу производства, плану изготовления и принятым схемам базирования оборудование и средства технологического оснащения техпроцесса;
  - спроектировать технологические операции на основе расчета рациональных режимов резания, соответствующих типу применяемого оборудования и технологической оснастки, а также определения эффективных норм времени на выполнение операций;
  - разработать технологическую документацию в виде маршрутных и операционных карт, а также технологических наладок на операции механической обработки;
  - провести совершенствование операций технологического процесса не обеспечивающих требуемое качество обработки или имеющих наибольшее время на выполнение, путем проектирования соответствующего станочного приспособления и металлорежущего инструмента;
  - проанализировать опасные и вредные факторы производственного процесса, воздействующие на работника и окружающую среду, разработать мероприятия по устранению или снижению их воздействия на окружающую среду;
  - экономическими расчетами подтвердить эффективность разработанного технологического процесса изготовления и предлагаемых технических решений, направленных на повышение его эффективности.

В ходе выполнения раздела произведен анализ исходных данных. Проанализированы служебное назначение детали, ее технологические характеристики, а также выбраны параметры проектируемого техпроцесса. На основе полученных данных по проведенному анализу сформулированы основные задачи работы.

## 2 Разработка технологической части работы

### 2.1 Проектирование заготовки

Характеристиками производства определено, что метод получения заготовки выбирается на основе экономического анализа исходя из особенностей материала детали. В ходе выполнения анализа исходных данных было выяснено, что наиболее подходящими методами получения заготовки вала-шестерни являются горячая штамповка и прокат [17]. Экономическое сравнение этих методов будем производить на основе сравнения общих технологических затрат на получение вала-шестерни по методике [6]:

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

где « $C_3$  – затраты на получение заготовки, руб.;

$C_{\text{обр}}$  – затраты на снятие стружки, руб» [6].

«Затраты на получение заготовки определяются по формуле:

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

где  $C_m$  – цена материала заготовки, руб.;

$M_3$  – масса заготовки, кг;

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

$K_T$  – коэффициент, зависящий от точности метода получения заготовки;

$K_{\text{сл}}$  – коэффициент, зависящий от сложности метода получения заготовки» [6].

«Определение массы заготовки производится по формуле:

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

где  $K_p$  – коэффициент, зависящий от формы детали и способа ее получения» [6].

Проводим расчеты по формуле (3).

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

$$Q = 4,5 \cdot 1,33 = 6,0 \text{ кг} \text{ – для штампованной заготовки.}$$

Определяем затраты на получение заготовки по формуле (2).

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

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

«Затраты на снятие стружки определяются по формуле:

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

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

$K_{\text{им}}$  – коэффициент использования материала;

$K_o$  – коэффициент обрабатываемости материала» [6].

«Коэффициент использования материала определяется по формуле:

$$K_{\text{им}} = \frac{M_d}{M_3}. \quad (5) \text{» [6]}$$

Выполняем расчеты.

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

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

По формуле (4) определяем затраты на снятие стружки.

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

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

Общие технологические затраты согласно формуле (1) равны.

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

$$C = 295,39 + 10,47 = 305,86 \text{ р.} - \text{ для штампованной заготовки.}$$

Метод получения заготовки горячей штамповкой имеет лучшие экономические показатели и должен быть выбран в качестве базового метода в проектируемом технологическом процессе.

Основываясь на знании метода получения заготовки, проводим ее проектирование. С этой целью используем методику [17]. Согласно данной методике проектирования на первом этапе необходимо для каждой поверхности определить маршрут ее обработки. В ходе определения характеристик производства было выяснено, что для этого необходимо знать параметры точности, шероховатости поверхности, ее форму и удельные затраты, обеспечиваемые каждым методом обработки [21]. Оптимальный маршрут обработки поверхностей должен обеспечить минимальную сумму данных затрат.

Следующим этапом проектирования заготовки является определение припусков на обработку поверхностей на базе маршрутов их обработки.

В соответствии с определенными ранее характеристиками типа производства расчета припусков для точной поверхности диаметром  $40k6^{+0,018}_{+0,002}$  ведем расчетно-аналитическим методом [14].

«Определение минимального припуска для каждого перехода производится по формуле:

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

где  $a$  – величина дефектного слоя, мм;

$\Delta$  – величина суммарных пространственных отклонений, мм;

$\varepsilon$  – величина погрешности установки заготовки, мм;

$i$  – индекс текущего перехода;

$i - 1$  – индекс предыдущего перехода» [14].

«Определение максимального припуска для каждого перехода производится по формуле:

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

где  $Td_i$  – допуск размера на текущем переходе, мм;

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

Определение среднего припуска для каждого перехода производится по формуле:

$$z_{\text{ср}i} = 0,5 \cdot (z_{i \max} + z_{i \min}). \quad (8)$$

Проводим соответствующие расчеты.

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

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

$$z_{3\min} = a_{T_0} + \sqrt{\Delta_{T_0}^2 + \varepsilon_3^2} = 0,025 + \sqrt{0,040^2 + 0,012^2} = 0,292 \text{ мм.}$$

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

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

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

$$\begin{aligned} z_{3 \max} &= z_{3 \min} + 0,5 \cdot (Td_{T_0} + Td_3) = 0,292 + 0,5 \cdot (0,16 + 0,10) = \\ &= 0,422 \text{ мм.} \end{aligned}$$

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

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

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

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

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

Определение минимального операционного размера производится по формуле:

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

Определение максимального операционного размера производится по формуле:

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

Определение минимального диаметра на переходе предшествующем термическому переходу производится по формуле:

$$d_{(ro-1)min} = d_{(i-1)min} \cdot 0,999. \quad (11)$$

Определение среднего операционного размера производится по формуле:

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

Расчеты выполняются по направлению от готового размера к заготовке.

$$d_{4min} = 40,002 \text{ мм.}$$

$$d_{4max} = 40,018 \text{ мм.}$$

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

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

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



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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

$$d_{0cp} = 0,5 \cdot (d_{0max} + d_{0min}) = 0,5 \cdot (45,276 + 43,676) = 44,476 \text{ мм.}$$

Определение минимального общего припуска производится по формуле:

$$2z_{min} = d_{0 min} - d_{4 max}. \quad (13)$$

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

Определение максимального общего припуска производится по формуле:

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

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

Определение среднего общего припуска производится по формуле:

$$2z_{cp} = 0,5 \cdot (2z_{min} + 2z_{max}). \quad (15)$$

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

Операционные припуски на обработку других поверхностей определяются статистическим методом [11]. «Согласно данному методу сначала необходимо определить минимальный припуск на обработку для каждого технологического перехода обработки поверхности, затем рассчитать по формуле (7) максимальный припуск и по формуле (8) средний припуск. Результаты определения припусков приведены в таблице 1» [11].

Таблица 1 – Результаты определения припусков

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

На следующем этапе проектирования заготовки производится определение ее допусков, напусков и других характеристик по методике [11].

В результате заготовка имеет следующие параметры:

- класс точности заготовки Т4;
- группа марки материала М2;
- степень сложности заготовки С2;
- исходный индекс для определения основных припусков на обработку И11;
- величина остаточного облоя 1,2 мм;

- уклоны наружные 7°;
- радиусы скруглений 3 мм.

Основываясь на полученные данные по величине припусков на обработку и величине напусков, формируется контур заготовки путем их прибавления к исходному контуру детали. Расчетные размеры заготовки, а также допуски на их изготовление и другие технические требования указываются на чертеже заготовки в графической части работы.

## 2.2 Проектирование плана изготовления

Основой для проектирования плана изготовления является технологический маршрут изготовления детали. Характеристиками среднесерийного типа производства установлено, что проектирование должно вестись на базе типовых маршрутов обработки. Наиболее приемлемые типовые маршруты обработки содержатся в литературе [6, 19].

Методика разработки маршрута обработки детали на основе типовых маршрутов подразумевает, что каждая операция технологического маршрута изготовления детали объединяет методы обработки различных поверхностей с одинаковыми показателями достигаемых параметров. При формировании операций технологического маршрута изготовления также следует учитывать конструктивные особенности детали, а также расположение конкретных поверхностей в конструкции детали и относительно друг друга. Маршрут изготовления вала-шестерни представлен в таблице 2.

Таблица 2 – Маршрут изготовления вала-шестерни

Наименование операции	Обрабатываемые поверхности	Метод обработки
005 Фрезерно-центровальная	1, 2, 36, 38	фрезерование, сверление
010 Токарная	34, 33, 31, 30, 28, 27, 24, 23, 22, 5, 4, 18, 17, 3, 16, 10, 8	точение
015 Токарная	34, 33, 7, 26, 31, 29, 30, 14, 13, 12, 11, 8,	точение

Продолжение таблицы 2

Наименование операции	Обрабатываемые поверхности	Метод обработки
	9, 10	
020 Фрезерная	5, 39	фрезерование
025 Фрезерная	35, 37	фрезерование
030 Зубофрезерная	19, 20	зубофрезерование
035 Зубофасочная		фрезерование
040 Зубодолбежная	6, 25	зубодолбление
045 Зубофасочная		фрезерование
050 Зубошевенговальная	19	зубошевенгование
055 Зубошевенговальная	25	зубошевенгование
060 Термическая	все	закалка, отпуск
065 Центрошлифовальная	1, 36	центрошлифование
070 Шлифовальная	10, 8	шлифовальная
075 Шлифовальная	30, 31, 34, 33	шлифовальная
080 Шлифовальная	10, 8	шлифовальная
085 Шлифовальная	30, 31, 34, 33	шлифовальная
090 Притирочная	19, 25	притирка
095 Моечная	все	моечная
100 Контрольная	все	контрольная

«На основе представленного в таблице 2 маршрута изготовления формируется план изготовления вала-шестерни, который представляет собой графическое отображение маршрута в рекомендованном виде» [9]. Кроме того, план изготовления содержит перечень используемого на операциях оборудования, операционные эскизы с указанными на них обрабатываемыми поверхностями, схемами базирования и операционными размерами, а также операционные технические требования. Разработка схем базирования ведется с соблюдением основных принципов базирования [21]. Это позволит снизить припуски на обработку и сократить количество технологических переходов для получения заданной точности обработки за счет снижения и исключения погрешности базирования заготовки на операциях механической обработки. Спроектированный план изготовления представлен в графической части работы, а также в виде технологической документации в приложении А.

### 2.3 Определение средств оснащения техпроцесса

Решения, принятые на данном этапе проектирования во многом определяют экономические показатели проектируемого технологического процесса. К средствам технологического оснащения в данном случае относятся оборудование, металлорежущий инструмент, станочное приспособление и измерительные средства. Определение данных средств оснащения многофакторная задача, решение которой зависит от типа производства, принятой структуры технологической операции, требуемой производительности операции, обеспечиваемой точности размеров и других параметров техпроцесса.

При определении моделей оборудования следует учитывать специфические требования, такие как, необходимость обеспечения гибкости, производительности и точности выполнения операций. Конкретные модели оборудования определяются по данным [2, 7]. Результаты приведены в таблице 3.

При определении типа и конструкции станочного приспособления следует учитывать схемы базирования, подлежащие к реализации, требуемую точность обработки, необходимое усилие закрепления. Конкретные наименования приспособлений определяются по данным [2, 16]. Результаты приведены в таблице 4.

При определении конструкции и типоразмеров металлорежущего инструмента следует учитывать требования к его стойкости и характеристикам обрабатываемой поверхности. Конкретные наименования и типоразмеры определяются по данным [13, 15]. Результаты приведены в таблице 5.

При определении измерительных средств следует учитывать требуемую точность контроля, необходимость автоматизации и механизации контрольных операций. Конкретные наименования измерительных средств определяются по данным [8, 15]. Результаты приведены в таблице 6.

Таблица 3 – Технологическое оборудование

Операция	Обрабатываемые поверхности	Квалитет точности	Модель оборудования
005 Фрезерно-центровальная	1, 2, 36, 38	9, 12	фрезерно-центровальный МР-78
010 Токарная	8, 10, 16, 17, 34, 33, 31, 30, 28, 27, 24, 23, 22, 21, 18	12	токарно-винторезный САМАТ 400 ХС
015 Токарная	8, 10, 9, 15, 34, 33, 31, 30, 29, 26, 7	10	токарно-винторезный САМАТ 400 ХС
020 Фрезерная	35, 37	9	вертикально-фрезерный 6Т13
025 Фрезерная	35, 37	9	вертикально-фрезерный 6Т13
030 Зубофрезерная	19, 20	8	вертикальный зубофрезерный 53А20
035 Зубофасочная		14	зубофасочный ВС-320А
040 Зубодолбежная	6, 25	8	зубодолбежный 5А122В
045 Зубофасочная		14	зубофасочный ВС-320А
050 Зубошевинговальная	19	6	зубошевинговальный 5702В
055 Зубошевинговальная	25	6	зубошевинговальный 5702В
060 Термическая			печь закалочная
065 Шлифовальная	1, 36	8	центрошлифовальный 3922
070 Шлифовальная	8, 10	8	торцекруглошлифовальный 3Т160
075 Шлифовальная	39, 30, 33, 34	8	торцекруглошлифовальный 3Т160
080 Шлифовальная	8, 10	6	торцекруглошлифовальный 3Т160
085 Шлифовальная	31, 30	6	торцекруглошлифовальный 3Т160
090 Притирочная	19, 25	6	притирочный 5П722
095 Моечная			моечная машина
100 Контрольная			контрольный стол

Таблица 4 – Станочные приспособления

Операция	Установочные элементы	Модель приспособления
005 Фрезерно-центровальная	призмы установочные, осевой упор	тиски самоцентрирующие ГОСТ 12195-66
010 Токарная	центр подпружиненный А1-3-	патрон трехкулачковый

Продолжение таблицы 4

Операция	Установочные элементы	Модель приспособления
	НП-ЧПУ ГОСТ 8742-75	
015 Токарная	центр подпружиненный А1-3-НП-ЧПУ ГОСТ 8742-75	патрон поводковый ГОСТ 8742-75
020 Фрезерная	призмы установочные, осевой упор	тиски самоцентрирующие ГОСТ 12195-66
025 Фрезерная	призмы установочные, осевой упор	тиски самоцентрирующие ГОСТ 12195-66
030 Зубофрезерная	центр вращающийся ГОСТ 8742-75	настольный пневматический трехкулачковый патрон ГОСТ 2675-47
035 Зубофасочная	центр вращающийся ГОСТ 8742-75	патрон цанговый, центр вращающийся ГОСТ 8742-75
040 Зубодолбежная	центр вращающийся ГОСТ 8742-75	настольный пневматический трехкулачковый патрон ГОСТ 2675-47
045 Зубофасочная	центр вращающийся ГОСТ 8742-75	патрон цанговый, центр вращающийся ГОСТ 8742-75
050 Зубошевинговальная	центр вращающийся ГОСТ 8742-75	патрон цанговый, центр вращающийся ГОСТ 8742-75
055 Зубошевинговальная	центр вращающийся ГОСТ 8742-75	патрон цанговый, центр вращающийся ГОСТ 8742-75
060 Термическая		
065 Шлифовальная	кулачки	патрон мембранный ГОСТ 16157-70
070 Шлифовальная	центр неподвижный ГОСТ 8742-75	патрон поводковый ГОСТ 2571-71, центр неподвижный ГОСТ 8740-75
075 Шлифовальная	центр неподвижный ГОСТ 8742-75	патрон поводковый ГОСТ 2571-71, центр неподвижный ГОСТ 8740-75
080 Шлифовальная	центр неподвижный ГОСТ 8742-75	патрон поводковый ГОСТ 2571-71, центр неподвижный ГОСТ 8740-75
085 Шлифовальная	центр неподвижный ГОСТ 8742-75	патрон поводковый ГОСТ 2571-71, центр неподвижный ГОСТ 8740-75
090 Притирочная	центр неподвижный ГОСТ 8742-75	центр неподвижный ГОСТ 8740-75
095 Моечная		
100 Контрольная		

Таблица 5 – Металлорежущий инструмент

Операция	Материал инструмента	Наименование режущего инструмента
005 Фрезерно-центровальная	ТТ20К9, Р6М5	фрезы торцевые ГОСТ 1695-80, сверло центровочное А 6,3 ГОСТ 14952-80
010 Токарная	Т5К10	резец контурный ГОСТ 18879-73
015 Токарная	Т15К10	резец подрезной ГОСТ 18877-73, резец канавочный ГОСТ 18877-73, резец резьбовой ГОСТ 18877-73
020 Фрезерная	Р6М5	фреза шпоночная ГОСТ 9308-69
025 Фрезерная	Р6М5	фреза шпоночная ГОСТ 9308-69
030 Зубофрезерная	Р9М4К8-МП	фреза червячная
035 Зубофасочная	Р6М5	фреза одновитковая ГОСТ 9324-80
040 Зубодолбежная	Р6М5	долбьяк дисковый ГОСТ 9323-79
045 Зубофасочная	Р6М5	фреза одновитковая ГОСТ 9324-80
050 Зубошевинговальная	Р9Ф5	шевер дисковый А ГОСТ8570-80
055 Зубошевинговальная	Р9Ф5	шевер дисковый А ГОСТ8570-80
060 Термическая		
065 Шлифовальная	алмаз синтетический АГК	головка шлифовальная алмазная АГК ГОСТ2447-82
070 Шлифовальная	электрокорунд белый	круг шлифовальный 1-500×203×80 23А46М6V8 30м/с1А
075 Шлифовальная	электрокорунд белый	круг шлифовальный 5-500×203×80 23А46М6V8 30м/с1А
080 Шлифовальная	электрокорунд белый	круг шлифовальный 5- 500×203×80 24А80М5V5 30м/с1А
085 Шлифовальная	электрокорунд белый	круг шлифовальный 5- 500×203×80 24А80М5V5 30м/с1А
090 Притирочная	чугун	колесо притирочное
095 Моечная		
100 Контрольная		

Таблица 6 – Средства контроля

Операция	Точность контроля	Наименование средства контроля
005 Фрезерно-центровальная	9, 12	штангенциркуль ШЦ-1 ГОСТ160-80, калибр контроля центровочного отверстия
010 Токарная	12	штангенциркуль ШЦ-1 ГОСТ160-80
015 Токарная	10	микрометр МК-50 ГОСТ6507-78
020 Фрезерная	9	штангенциркуль ШЦ-1 ГОСТ160-80, калибр-пробка
025 Фрезерная	9	штангенциркуль ШЦ-1 ГОСТ160-80, калибр-пробка
030 Зубофрезерная	8	прибор БВ-5061
035 Зубофасочная	14	шаблон
040 Зубодолбежная	8	прибор БВ-601



## Продолжение таблицы 6

Операция	Точность контроля	Наименование средства контроля
045 Зубофасочная	14	шаблон
050 Зубошевинговальная	7	прибор БВ-5061
055 Зубошевинговальная	7	прибор БВ-5061
065 Шлифовальная	9	шаблон
070 Шлифовальная	8	скоба рычажная
075 Шлифовальная	8	скоба рычажная
080 Шлифовальная	6	скоба рычажная
085 Шлифовальная	6	скоба рычажная
090 Притирочная	7	прибор БВ-5061

Выбранные средства оснащения заносятся в соответствующие графы маршрутной карты и операционных карт, которые приведены в приложении А. Кроме того, марки технологического оборудования приводятся в графической части работы на плане изготовления. Результаты определения средств оснащения должны быть учтены на следующем этапе проектирования техпроцесса при разработке технологических операций.

### 2.4 Разработка технологических операций

Технологические операции разрабатываются в виде маршрутной карты, операционных карт и технологических наладок. Основой для разработки данной технологической документации является определение режимов резания и нормирование операций технологического процесса.

Выбор наиболее эффективной методики определения режимов резания зависит от типа инструмента, который используется на операции. В данном случае режимы резания на операции определяются по методике [12]. Данная методика предусматривает выполнение нескольких этапов.

«На первом этапе определяется глубина резания и подача» [12].

«На втором этапе определяется скорость резания по формуле:

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

где  $V_T$  – скорость резания табличная, м/мин;

$K_1$  – коэффициент обрабатываемого материала;

$K_2$  – коэффициент стойкости инструмента и марки инструментального материала;

$K_3$  – коэффициент вида обработки» [12].

На третьем этапе определяется частота вращения по формуле:

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

где  $d$  – размер поверхности обработки, мм.

На четвертом этапе, исходя из действительной частоты вращения  $n_D$ , определяется действительная скорость резания по формуле:

$$V_D = \frac{\pi \cdot d \cdot n_D}{1000}. \quad (18)$$

После расчета режимов резания проводится нормирование операций технологического процесса, то есть определение норм времени на их выполнение. Для этого используются данные [14].

В общем случае процесс нормирования операции выглядит следующим образом. Сначала необходимо определить длину рабочего хода инструмента по формуле:

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

где  $l_1$  – длина врезания инструмента, мм;

$l_{рез}$  – длина обработки, мм;

$l_2$  – длина перебега инструмента, мм.

Затем определяется основное время на выполнение операции по формуле:

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

где  $S_0$  – подача инструмента, мм/об.

Результаты определения режимов резания и нормирования операций приведены в таблице 7.

Таблица 7 – Определение режимов резания и нормирование операций

Переход	Подача, мм/об	Скорость, м/мин	Частота вращения, об/мин	Длина рабочего хода, мм	Основное время, мин
005 Фрезерно-центровальная					
1	0,1	22	1000	60	0,6
010 Токарная, установ А					
1	0,4	85	500	125	0,625
010 Токарная, установ Б					
1	0,4	85	500	180	0,9
2	0,2	85	500	10	0,1
015 Токарная, установ А					
1	0,15	160	1250	90	0,48
2	0,2	160	1250	6,6	0,03
015 Токарная, установ Б					
1	0,15	160	1250	45	0,24
2	0,2	160	1250	6,6	0,03
020 Фрезерная					
1	(0,04)	16	630	38	0,3
025 Фрезерная					
1	(0,04)	16	630	38	0,3
030 Зубофрезерование					
1	2,5	40	250	28	1,4
035 Зубофасочная					
1			600	28	0,3
040 Зубодолбежная					
1	0,25	23	380	30	1,27
045 Зубофасочная					
1			600	28	0,3
050 Зубошевинговальная					
1	120	12	260	28	0,92
055 Зубошевинговальная					

Продолжение таблицы 7

Переход	Подача, мм/об	Скорость, м/мин	Частота вращения, об/мин	Длина рабочего хода, мм	Основное время, мин
1	120	12	260	28	0,92
065 Центрошлифовальная					
1	0,55	15		0,3	0,18
070 Шлифовальная					
1	1,9	40	300	0,213	0,25
075 Шлифовальная					
1	1,9	40	300	0,213	0,25
2	1,9	40	300	0,6	0,46
080 Шлифовальная					
1	0,5	40	300	0,08	0,3
085 Шлифовальная					
1	0,5	40	300	0,08	0,3

Полученные данные заносятся в соответствующие графы технологической документации, которая в данном случае оформляется в виде маршрутной и операционных карт, а также являются основой для проектирования технологических наладок на операции техпроцесса. Результаты проектирования представлены в графической части работы и приложении А.

В данном разделе определены основные характеристики типа производства, на основании которых произведено дальнейшее проектирование технологии изготовления. Произведено проектирование заготовки на основе определения маршрутов обработки поверхностей и рассчитанных в соответствии с ними припусков на механическую обработку. Спроектирован план изготовления детали на основе разработанного маршрута изготовления и схем базирования. Произведен подбор оптимальных средств технологического оснащения соответствующих типу производства. Разработаны технологические операции на основе определения режимов резания и их нормирования.

### 3 Проектирование специальных средств оснащения

#### 3.1 Проектирование станочного приспособления

Операция 010 токарная содержит зажимное приспособление, которое не обладает механизированным приводом. Применение такого приспособления приводит к появлению нестабильности сил зажима, что в свою очередь вызывает необходимость увеличения припусков на обработку, снижению точности обработки и увеличению вспомогательного времени на данной операции. Эскиз операции приведен на рисунке 2. Проведем проектирование станочного приспособления, обладающего механизированным приводом.

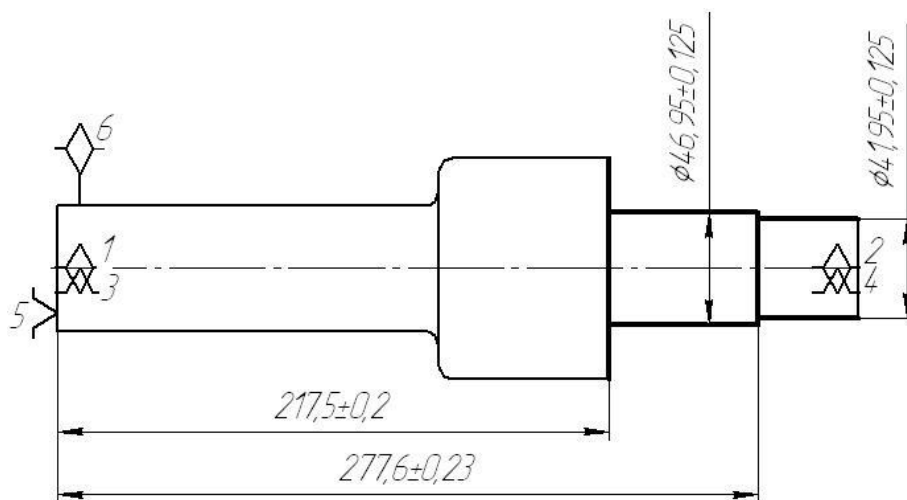


Рисунок 2 – Эскиз токарной операции

Схему приспособления и проведение его расчета принимаем по рекомендациям [10, 18].

Определение расчетного усилия зажима производится из условия обеспечения равновесия системы под действием моментов сил закрепления и резания в процессе обработки.

Условие равновесия и моменты сил определяются исходя из расчетной схемы закрепления, представленной на рисунке 3.

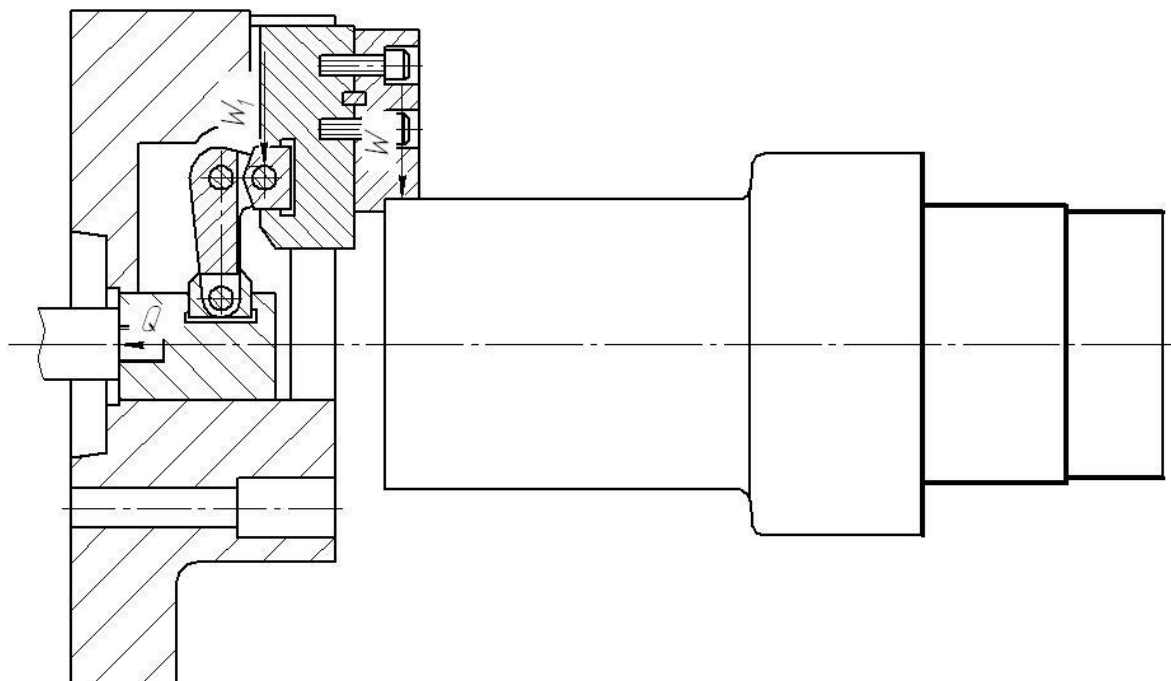


Рисунок 3 – Схема закрепления заготовки

«Расчет основных составляющих силы резания выполняется по формуле:

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

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

$t$  – глубина резания, мм;

$S$  – подача, мм/об;

$V$  – фактическая скорость резания, м/мин;

$K_p$  – коэффициент условий обработки» [18].

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

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

Исходя из схемы закрепления, момент от составляющей силы резания  $P_Z$  определяется по формуле:

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

где  $d_o$  – диаметр обрабатываемой поверхности, мм.

Момент от силы закрепления также определяется исходя из схемы закрепления по формуле:

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

где  $W$  – расчетное усилие зажима, Н;

$f$  – коэффициент;

$d_3$  – диаметр, за который происходит закрепление, мм.

В соответствии с условием равновесия системы в процессе обработки приравниваем моменты сил закрепления и резания и выводим формулу для определения расчетного усилия зажима:

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

где  $K$  – коэффициент условий выполнения операции.

«Коэффициента условий выполнения операции рассчитывается по формуле:

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

где:  $K_0$  – гарантированный коэффициент запаса;

$K_1$  – коэффициент, учитывающий влияние неровностей обрабатываемой поверхности;

$K_2$  – коэффициент, учитывающий состояние режущего

инструмента;

$K_3$  – коэффициент, учитывающий непостоянство сил резания;

$K_4$  – коэффициент, учитывающий колебания усилия на приводе;

$K_5$  – коэффициент, учитывающий эргономические характеристики зажимного механизма» [18].

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

Из рекомендаций принятой методики проектирования следует, что коэффициент по условиям выполнения операции следует принять равным 2,5.

Подставляем значения в формулу (24) и выполняем расчет.

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

Исходя из схемы закрепления, момент от составляющей силы резания  $P_Y$  определяется по формуле:

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

где  $l$  – расстояние между точкой приложения силы закрепления и силы резания, мм.

Момент от силы закрепления также определяется исходя из схемы закрепления по формуле:

$$M_{3P_Y} = \frac{2 \cdot W \cdot f \cdot d_3}{3}. \quad (27)$$

В соответствии с условием равновесия системы в процессе обработки приравниваем моменты сил закрепления и резания и выводим формулу для определения расчетного усилия зажима:

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



Подставляем значения в формулу (28) и выполняем расчет.

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

Для дальнейших расчётов принимаем больше значение требуемой силы зажима.

Для обеспечения расчетного усилия зажима необходимо создать на постоянных кулачках усилие, величина которого определяется по формуле:

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

где  $l$  – вылет кулачка, мм;

$H$  – размер направляющей постоянного кулачка, мм;

$f_1$  – коэффициент трения в зоне контакта направляющей и постоянного кулачка.

Проводим расчет.

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

Создание расчетного усилия зажима в механизированном приспособлении подразумевает использование для этого силового привода. Усилие, которое необходимо развить силовому приводу зависит от принятой схемы зажимного механизма и конструкции силового привода. Для данного зажимного механизма усилие определяется по формуле:

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

где  $i_c$  – передаточное отношение зажимного механизма.

Передаточное отношение для рычажного зажимного механизма определяется исходя из соотношения длин плеч рычага по формуле:

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

где  $A$  и  $B$  – размеры плеч рычага, мм.

Проведя расчеты получим.

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

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

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

где  $d$  – диаметр штока, мм;

$P$  – давление масла в гидросистеме, МПа» [10].

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

Расчет точности приспособления выполняется исходя из представленной на рисунке 4 расчетной схемы.

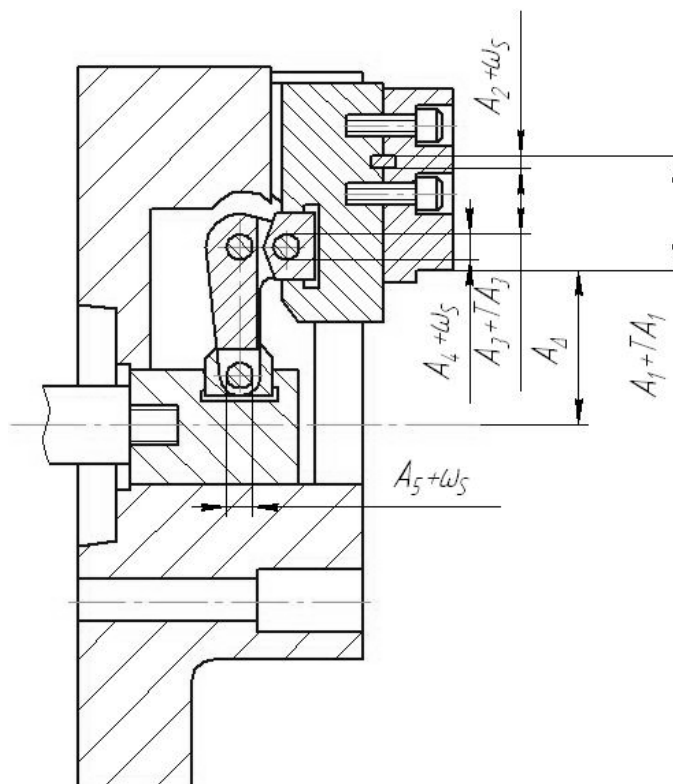


Рисунок 4 – Расчетная схема патрона

Определение погрешности производится по формуле:

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

где  $\Delta_1$  – погрешность изготовления размера  $A_1$ , мм;

$\Delta_2$  – колебание зазора в сопряжении  $A_2$ , мм;

$\Delta_3$  – погрешность изготовления размера  $A_3$ , мм;

$\Delta_4$  – колебание зазора в сопряжении  $A_4$ , мм;

$\Delta_5$  – колебание зазора в сопряжении  $A_5$ , мм.

Рассчитываем искомую погрешность.

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

Допустимая погрешность установки рассчитывается по формуле

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

где  $Td$  – технологический допуск на выполняемый размер, мм.

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

Точность приспособления считается достаточной, если расчетное значение погрешности меньше допустимого. В данном случае условие выполнено, и приспособление можно считать годным для использования на предлагаемой технологической операции.

Патрон состоит из зажимного механизма и механизированного привода. Зажимной механизм представляет собой корпус, в который устанавливаются рычаги, вращающиеся на осях и тяга. Связь исполнительного механизма с приводом осуществляется посредством штока. Механизированный привод состоит из корпуса и установленного в нем поршня. Подача рабочей жидкости в гидроцилиндр осуществляется через вращающуюся муфту с отверстиями для ее подвода.

Установка и закрепление заготовки в спроектированном патроне производится следующим образом. Заготовка устанавливается в разжатые кулачки до упора. При подаче в правую полость гидроцилиндра рабочей жидкости она воздействует на поршень, который перемещает шток и соединенную с ним тягу, которая воздействует на рычажный зажимной механизм, тем самым кулачки перемещаются по направляющим и сходятся к центру, обеспечивая центрирование и закрепление заготовки. При подаче рабочей жидкости в левую полость шток возвращает зажимной механизм в исходное положение, кулачки расходятся от центра, тем самым обеспечивая раскрепление заготовки.

Конструкция приспособления представлена на чертеже графической части, а его спецификация в приложении Б.

### 3.2 Проектирование режущего инструмента

В проектируемом технологическом процессе имеется операция зубофрезерования, которая является ответственной и отвечает за формирование наиболее сложной поверхности эвольвенты зубчатого венца. Выполнение данной операции предусматривает наличие специальной червячной фрезы. Проведем проектирование такого инструмента с использованием данных [3, 13].

Согласно принятой методики сначала определяются размеры фрезы по нормали.

Шаг по нормали определяется по формуле:

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

где  $m$  – нормальный модуль, мм.

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

Расчетная толщина зуба по нормали:

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

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

$\Delta S$  – припуск на обработку, мм.

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

Определение высоты головки зуба фрезы производится по формуле:

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

где  $h$  – высота нарезаемого зуба, мм;

$h^l$  – высота ножки нарезаемого зуба, мм.

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

Определение высоты зуба фрезы производится по формуле:

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

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

Определение радиусов закруглений на головке и ножке зуба производится по формуле:

$$r = 0,3 \cdot m. \quad (38)$$

$$r = 0,3 \cdot 3 = 0,9 \text{ мм.}$$

Далее определяются конструктивные размеры фрезы.

Наружный диаметр фрезы  $D_{бу}$  принимаем по справочным данным равным 112 мм.

Определение числа зубьев фрезы производится по формуле:

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

где  $\varphi$  – угловой шаг зубьев фрезы, град.

Угловой шаг зубьев фрезы определяется из выражения:

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

Проводим соответствующие расчеты.

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

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

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

Округляем количество зубьев фрезы до 15.

Для обеспечения затылования фрезы принимаем падение затылка  $K$  равным 4 мм.

Определение диаметра начальной окружности производится по формуле:

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

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

Для определения угла подъема витков фрезы на начальной окружности используется выражение:

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

где  $a$  – число заходов фрезы.

Проводим соответствующие расчеты.

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

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

Осевой шаг между витками определяется по формуле:

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

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

Исходя из характеристик нарезаемого зубчатого венца, выбираем правое направление наклона стружечных винтовых канавок фрезы.

Шаг канавки по оси определяется по формуле:

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

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

На заключающем этапе проектирования фрезы необходимо провести проверочный расчет. Для этого необходимо определить толщину зуба фрезы, требуемую для обеспечения заданной толщины зуба колеса и сравнить ее с чертежной толщиной зуба фрезы. Если они не совпадут, то необходимо найти высоту головки зуба фрезы при найденной толщине зуба фрезы. По найденной таким образом высоте головки находим фактически получающийся диаметр окружности ножек, который должен быть меньше, чем чертежные размеры диаметра окружности ножек.

Толщина зуба фрезы, требуемой для обеспечения заданной толщины зуба колеса, определяется по формуле:

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

где  $S_{d1}$  – толщины зуба колеса на делительной окружности, мм.

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

Высоту головки зуба фрезы определяется по формуле:

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

где  $\alpha$  – угол подъема витков фрезы, град.

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

Фактически получающийся диаметр окружности ножек определяется по формуле:

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

где  $d_{d1}$  – делительный диаметр, мм.

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

Условие проверки выполнено. Однако, расчеты показали, что фактический диаметр меньше чертежного. Это считается допустимым, если уменьшение не превышает величины равной 0,2 от модуля, то есть в данном случае не более 0,6 мм.

Более подробно конструкция зуборезной червячной фрезы представлена в графической части работы, а его спецификация приведена в приложении Б.

В данном разделе произведено совершенствование операций технологического процесса через разработку соответствующей технологической оснастки и режущего инструмента.



## 4 Безопасность и экологичность технического объекта

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

Приведем характеристику анализируемого технологического процесса исходя из используемого оборудования, средств технологического оснащения, материалов и веществ, необходимых для его осуществления. Большинство операций являются типовыми, поэтому рассматривать будем только изменяющиеся операции. Необходимые характеристики приведены в таблице 8.

Таблица 8 – Технологический паспорт технического объекта

«Технологический процесс» [1]	«Технологическая операция, вид выполняемых работ» [1]	«Наименование должности работника, выполняющего технологический процесс, операцию» [1]	«Оборудование, техническое устройство, приспособление» [1]	«Материалы, вещества» [1]
технологический процесс изготовления вала-шестерни трансмиссии мини-погрузчика	токарная операция	оператор станков с числовым управлением	токарно-винторезный SAMAT 400 XC станок, патрон трехкулачковый, резец подрезной ГОСТ 18877-73, резец канавочный ГОСТ 18877-73, резец резьбовой ГОСТ 18877-73	сталь 30ХМА ГОСТ 4543-71, обтирочная ветошь, синтетическая смазочно-охлаждающая жидкость
	зубофрезерная операция	зуборезчик	вертикальный зубофрезерный 53А20 станок, настольный пневматический трехкулачковый патрон ГОСТ	

## Продолжение таблицы 8

«Технологический процесс» [1]	«Технологическая операция, вид выполняемых работ» [1]	«Наименование должности работника, выполняющего технологический процесс, операцию» [1]	«Оборудование, техническое устройство, приспособление» [1]	«Материалы, вещества» [1]
			2675-47, фреза червячная Р9М4К8-МП	

Данные приведенные в таблице 8 используем для оценки профессиональных рисков, возникающих на изменяемых операциях технологического процесса и разработки мероприятий по их устранению, оценки пожарной безопасности производственного участка, а также для оценки экологического влияния производственного процесса и разработки мероприятий по снижению данного влияния.

### **4.2 Идентификация профессиональных рисков**

В таблице 9 представлены основные результаты выявления наиболее значимых профессиональных рисков, возникающих при выполнении модернизируемых операций технологического процесса изготовления вала-шестерни трансмиссии мини-погрузчик.

Таблица 9 – Идентификация профессиональных рисков

«Производственно-технологическая и/или эксплуатационно-технологическая операция, вид выполняемых работ» [1]	«Опасный и/или вредный производственный фактор» [1]	«Источник опасного и/или вредного производственного фактора» [1]
токарная операция, зубофрезерная операция	«неподвижные режущие, колющие, обдирающие, разрывающие части твердых объектов, воздействующие на работающего при соприкосновении с ним» [1]	оборудование, средства технологического оснащения, транспортно-погрузочные устройства
	опасные и вредные производственные факторы, связанные с чрезмерно высокой или низкой температурой материальных объектов производственной среды, могущих вызвать ожоги (обморожения) тканей организма человека	«обрабатываемая заготовка, металлорежущий инструмент» [1]
	опасные и вредные производственные факторы, связанные с механическими колебаниями твердых тел и их поверхностей и характеризующиеся повышенным уровнем общей вибрации	«оборудование, средства технологического оснащения, транспортно-погрузочные устройства» [1]
	опасные и вредные производственные факторы, связанные с акустическими колебаниями в производственной среде и характеризующиеся повышенным уровнем и другими неблагоприятными характеристиками шума	«оборудование, средства технологического оснащения, транспортно-погрузочные устройства» [1]
	опасные и вредные производственные факторы, связанные с электрическим током, вызываемым разницей электрических потенциалов, под действие которого попадает работающий, включая действие молнии и высоковольтного разряда в виде дуги	оборудование
	отсутствие или недостаток необходимого естественного освещения	оборудование, средства технологического оснащения, транспортно-погрузочные устройства

## Продолжение таблицы 9

«Производственно-технологическая и/или эксплуатационно-технологическая операция, вид выполняемых работ» [1]	«Опасный и/или вредный производственный фактор» [1]	«Источник опасного и/или вредного производственного фактора» [1]
	вещества, обладающие острой токсичностью по воздействию на организм (ядовитые вещества/химикаты/химическая продукция)	смазочно-охлаждающая жидкость
	физическая динамическая нагрузка	оборудование, средства технологического оснащения, транспортно-погрузочные устройства
	стереотипные рабочие движения	оборудование, средства технологического оснащения, транспортно-погрузочные устройства

Представленные в таблице 9 опасные и вредные факторы практически все в значительной степени влияют на безопасность выполнения модернизируемых операций технологического процесса. В связи с этим необходимо разработать меры по снижению или устранению влияния данных факторов на работников производства.

### 4.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков

«Разработка мер по снижению и устранению влияния опасных и вредных факторов, возникающих в ходе выполнения технологического процесса, заключается в разработке соответствующих организационных мер, применении специальных технических средств коллективной и

индивидуальной защиты» [1]. Результаты разработки представлены в таблице 10.

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

«Опасный и/или вредный производственный фактор» [1]	«Организационно-технические методы и технические средства защиты, частичного снижения, полного устранения опасного и/или вредного производственного фактора» [1]	«Средства индивидуальной защиты работника» [1]
«неподвижные режущие, колющие, обдирающие, разрывающие части твердых объектов, воздействующие на работающего при соприкосновении с ним» [1]	инструктажи по охране труда в соответствии с требованиями нормативной документации, устройства, ограждающие опасные зоны, зачистка заусенцев	«фартук для защиты от общих производственных загрязнений и механических воздействий, перчатки с полимерным покрытием, перчатки трикотажные с точечным полимерным покрытием, очки защитные» [1]
опасные и вредные производственные факторы, связанные с чрезмерно высокой или низкой температурой материальных объектов производственной среды, могущих вызвать ожоги (обморожения) тканей организма человека	инструктажи по охране труда в соответствии с требованиями нормативной документации, устройства, ограждающие опасные зоны	«костюм для защиты от общих производственных загрязнений и механических воздействий или халат для защиты от общих производственных загрязнений и механических воздействий, нарукавники, перчатки с полимерным покрытием, перчатки трикотажные с точечным полимерным покрытием» [1]
опасные и вредные производственные факторы, связанные с механическими колебаниями твердых тел и их поверхностей и характеризующиеся повышенным уровнем общей вибрации	«инструктажи по охране труда в соответствии с требованиями нормативной документации, устройства и приспособления, гасящие вибрации» [1]	ботинки кожаные с защитным подноском

Продолжение таблицы 10

«Опасный и/или вредный производственный фактор» [1]	«Организационно-технические методы и технические средства защиты, частичного снижения, полного устранения опасного и/или вредного производственного фактора» [1]	«Средства индивидуальной защиты работника» [1]
опасные и вредные производственные факторы, связанные с акустическими колебаниями в производственной среде и характеризующиеся повышенным уровнем и другими неблагоприятными характеристиками шума	«инструктажи по охране труда в соответствии с требованиями нормативной документации, устройства и приспособления, поглощающие и снижающие уровень шума до предельно допустимых значений» [1]	наушники противошумные или вкладыши противошумные
опасные и вредные производственные факторы, связанные с электрическим током, вызываемым разницей электрических потенциалов, под действие которого попадает работающий, включая действие молнии и высоковольтного разряда в виде дуги, а также электрического разряда живых организмов	инструктажи по охране труда в соответствии с требованиями нормативной документации, устройства, ограждающие опасные зоны, устройства заземления оборудования, изоляции токоведущих частей, системы аварийного отключения оборудования, диэлектрические коврики	спецодежда
отсутствие или недостаток необходимого естественного освещения	инструктажи по охране труда в соответствии с требованиями нормативной документации, устройства местного освещения	
вещества, обладающие острой токсичностью по воздействию на организм (ядовитые вещества/химикаты/химическая продукция)	инструктажи по охране труда в соответствии с требованиями нормативной документации, устройств ограждающие опасные зоны	«костюм для защиты от общих производственных загрязнений и механических воздействий или халат для защиты от общих производственных загрязнений и механических воздействий, нарукавники, респиратор, фартук для защиты от общих производственных загрязнений» [1]

## Продолжение таблицы 10

«Опасный и/или вредный производственный фактор» [1]	«Организационно-технические методы и технические средства защиты, частичного снижения, полного устранения опасного и/или вредного производственного фактора» [1]	«Средства индивидуальной защиты работника» [1]
«физическая динамическая нагрузка» [1]	«инструктажи по охране труда в соответствии с требованиями нормативной документации, соблюдение периодичности и продолжительности регламентированных перерывов» [1]	
стереотипные рабочие движения	инструктажи по охране труда в соответствии с требованиями нормативной документации, соблюдение периодичности и продолжительности регламентированных перерывов	

Приведенные в таблице 10 мероприятия позволяют полностью устранить, либо значительно снизить негативное влияние опасных и вредных факторов, выявленных ранее. Это позволяет сделать вывод о безопасности вносимых в технологический процесс технических и организационных изменений.

### **4.4 Обеспечение пожарной безопасности технического объекта**

Пожарная безопасность производственного участка обеспечивается целым комплексом взаимосвязанных мероприятий.

В первую очередь необходимо определить характеристики возможного пожара и его опасность. Результаты идентификации класса пожара и его опасных факторов приведены в таблице 11.

Таблица 11 – Идентификация классов и опасных факторов пожара

«Участок, подразделение» [1]	«Оборудование» [1]	«Класс пожара» [1]	«Опасные факторы пожара» [1]	«Сопутствующие проявления факторов пожара» [1]
участок изготовления вала-шестерни трансмиссии мини-погрузчика	токарно-винторезный SAMAT 400 XC станок, патрон трехкулачковый, резец подрезной ГОСТ 18877-73, резец канавочный ГОСТ 18877-73, резец резьбовой ГОСТ 18877-73, вертикальный зубофрезерный 53A20 станок, настольный пневматический трехкулачковый патрон ГОСТ 2675-47, фреза червячная Р9М4К8-МП	«пожары горючих жидкостей или плавящихся твердых веществ и материалов (В) » [1]	«пламя и искры; тепловой поток; повышенная температура окружающей среды; повышенная концентрация токсичных продуктов горения и термического разложения; пониженная концентрация кислорода; снижение видимости в дыму» [1]	«осколки, части разрушившихся оборудования, изделий и иного имущества; вынос высокого напряжения на токопроводящие части оборудования, изделий и иного имущества; опасные факторы взрыва, происшедшего вследствие пожара; воздействие огнетушащих веществ» [1]

Основываясь на знании характеристик возможного пожара, определяем технические средства необходимые на производстве для обеспечения пожарной безопасности. Результаты представлены в таблице 12.



Таблица 12 – Технические средства пожарной безопасности

«Первичные средства пожаротушения» [1]	«Мобильные средства пожаротушения» [1]	«Стационарные установки и системы пожаротушения» [1]	«Средства пожарной автоматики» [1]	«Пожарное оборудование» [1]	«Средства индивидуальной защиты и спасения людей при пожаре» [1]	«Пожарный инструмент (механизированный и немеханизированный)» [1]	«Пожарные сигнализация, связь и оповещение» [1]
огнетушители, гидропомпы, ведра, бочки с водой, лопаты, ящики с песком, асбестовые полотна войлочные маты, кошмы, ломы, пилы, топоры	пожарные автомобили, мотопомпы, передвижные огнетушители	газовая система пожаротушения	извещатели пожарные; приборы приемно-контрольные пожарные; приборы управления пожарные; системы передачи извещений о пожаре	клапаны, гидранты, колонки, стволы, рукава, соединительные колонки, гидроэлеваторы	противогазы, самоспасатели	конусные ведра; ломы; багры с деревянной ручкой; ножницы, резиновые коврики и резиновые боты; полотно; лопаты; тележка; экран защитного действия	оповещатели звуковые автоматические, световые оповещатели «Выход»

«Далее разрабатываем комплекс необходимых организационных мероприятий, направленных на обеспечение пожарной безопасности» [1].  
 Результаты представлены в таблице 13.

Таблица 13 – Организационные мероприятия по обеспечению пожарной безопасности

«Наименование технологического процесса, используемого применяемого оборудования, в составе технического объекта» [1]	«Наименование видов реализуемых организационных мероприятий» [1]	«Предъявляемые нормативные требования по обеспечению пожарной безопасности» [1]
технологический процесс изготовления вала-шестерни трансмиссии мини-погрузчика	«разработка и реализация приказов и распоряжений в части организации проведения работы по обеспечению пожарной безопасности объекта, а также разработку инструкций о мерах пожарной безопасности и действиях при возникновении пожара; обучение работников объекта мерам пожарной безопасности; применение средств наглядной агитации по обеспечению пожарной безопасности» [1]	«пожарные инструктажи, наличие пожарной сигнализации, автоматической системы пожаротушения, первичных средств пожаротушения» [1]

Представленный комплекс взаимосвязанных мероприятий позволяет обеспечить необходимый для действующих производственных условий уровень пожарной безопасности.

#### 4.5 Обеспечение экологической безопасности технического объекта

Экологическая безопасность производственного процесса обеспечивается на основе идентификации тех негативных факторов, которые возникают в ходе его выполнения. Результаты проведения данной идентификации представлены в таблице 14.

Таблица 14 – Идентификация негативных экологических факторов технического объекта

«Наименование технического объекта, производственно-технологического техпроцесса» [1]	«Структурные составляющие объекта производственно-технологического процесса» [1]	«Негативное экологическое воздействие технического объекта на атмосферу» [1]	«Негативное экологическое воздействие технического объекта на гидросферу» [1]	«Негативное экологическое воздействие технического объекта на литосферу» [1]
технологический процесс изготовления вала-шестерни трансмиссии мини-погрузчика	токарно-винторезный SAMAT 400 XC станок, патрон трехкулачковый, резец подрезной ГОСТ 18877-73, резец канавочный ГОСТ 18877-73, резец резьбовой ГОСТ 18877-73, вертикальный зубофрезерный 53A20 станок, настольный пневматический трехкулачковый патрон ГОСТ 2675-47, фреза червячная P9M4K8-МП	взвешенные частицы и аэрозоли смазочно-охлаждающей жидкости и других технических жидкостей, пыль	смазочно-охлаждающая жидкость, другие технические жидкости и их растворы, частицы стружки, растворенная пыль	металлическая стружка, ветошь, смазочно-охлаждающая жидкость, другие технические жидкости и их растворы

Снижение влияния выявленных факторов негативно воздействующих на экологию производится путем разработки соответствующих организационно-технических мероприятий, результаты которой представлены в таблице 15.

Таблица 15 – Разработанные организационно-технические мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия заданного технического объекта на окружающую среду

Наименование технического объекта	технологический процесс изготовления вала-шестерни трансмиссии мини-погрузчика
Мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия на атмосферу	«система очистки воздуха перед выбросом ее в атмосферу на основе циклонов, электрофильтров и абсорберов» [1]

## Продолжение таблицы 15

Наименование технического объекта	технологический процесс изготовления вала-шестерни трансмиссии мини-погрузчика
Мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия на гидросферу	«система очистки сточных вод на основе отстойников, пневматических флотомашин, аэротенка» [1]
Мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия на литосферу	«сортировка отходов по виду, переработка металлических отходов, утилизация отходов на специальных полигонах» [1]

Представленные в таблице 15 мероприятия позволяют успешно снизить влияние всех ранее выявленных негативных факторов производственного процесса, влияющих на экологию окружающей среды.

В данном разделе на основе проведенного анализа рассматриваемого техпроцесса на предмет безопасности и экологичности его выполнения выявлены все основные негативные факторы, а также предложен комплекс организационных и технических мероприятий по устранению и снижению их влияния на работников предприятия и окружающую среду.

## 5 Экономическая эффективность работы

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

Основанием для определения экономической эффективности служат предложенные изменения в технологическом процессе изготовления детали «Вал шестерня». Эти изменения касаются трех операций:

- две, это токарно-винторезные, на которых использованы патроны специальные механизированные, вместо патронов с ручными зажимами;
- и одна – зубофрезерная, на которой предложено нарезание зубьев проводить фрезой червячной с напылением карбо нитрида титана, что позволило увеличить стойкость инструмента в 2 раза, вместо стандартной червячной фрезы.

Используя данное описание изменений, рассчитаем необходимые для определения эффективности параметры, такие как: себестоимость, капитальные вложения, прибыль, срок окупаемости и экономический эффект. Чтобы получить значения указанных параметров необходимо воспользоваться соответствующим учебно-методическим пособием [5] и программным обеспечением Microsoft Excel.

Для определения себестоимости, в частности технологической себестоимости, необходимо последовательно определить основную заработную плату, социальные отчисления и расходы на содержание и эксплуатацию оборудования. Значения этих параметров, по сравниваемым вариантам выполнения описанных операций показано на рисунке 5.

Как видно из рисунка 5, все параметры имеют тенденцию к снижению, то есть проектируемый вариант предполагает снижение технологической себестоимости изготовления детали «Вал шестерня» на 5,98 руб., что составит 23,7 %.

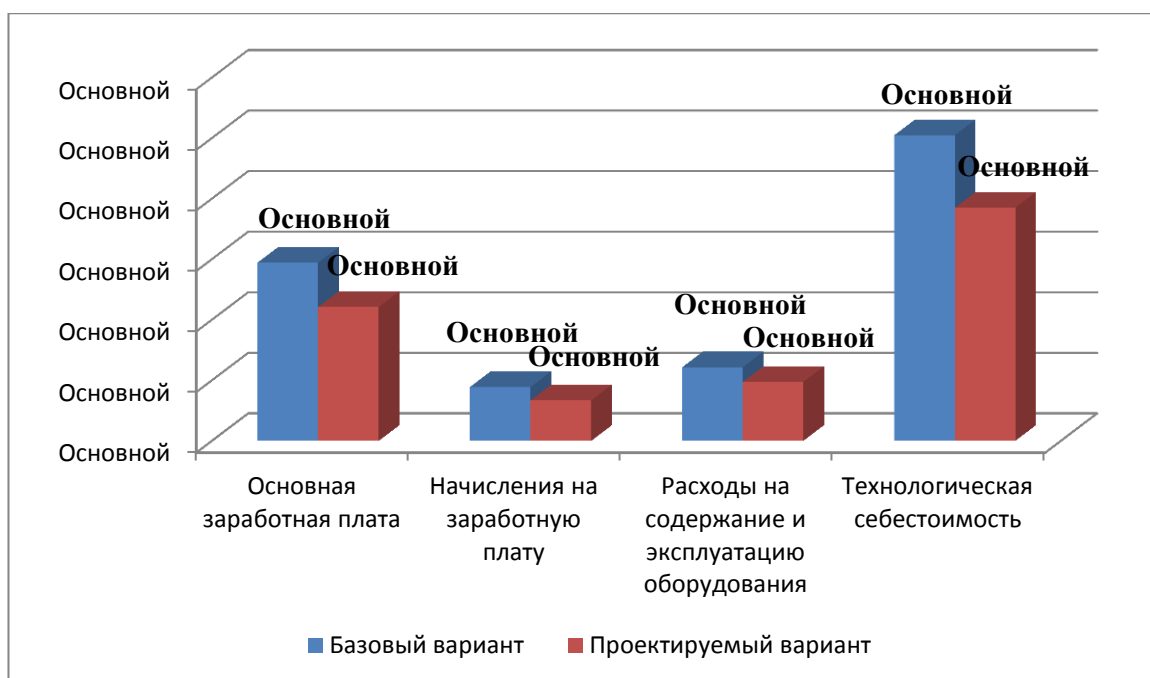


Рисунок 5 – Сравнительная характеристика параметров технологической себестоимости по вариантам, руб.

Полученные значения основной заработной платы и технологической себестоимости по сравниваемым вариантам служат необходимыми данными для определения такого параметра как полная себестоимость. В результате проведенных расчетов полная себестоимость для базового варианта составит 79,01 рублей, а для проектируемого – 59,66 рублей. По полученным значениям можно сделать вывод о том, что полная себестоимость проектируемом варианте меньше чем в базовом. Эта разница составляет 24,5% или 19,35 руб.

Используя полученную разницу и годовую программу выпуска детали, определяем сначала ожидаемую прибыль, а затем, с учетом налоговой ставки для юридических лиц, чистую прибыль от внесенных изменений в технологический процесс, которая составит 61920 рублей.

Чтобы определить будут ли эффективны предложенные изменения, необходимо рассчитать инвестиции или капитальные вложение в проект. Учитывая то, что изменения технологического процесса изготовления детали «Вал шестерня» затрагивают замену инструмента и оснастки, то капитальные

вложения будут складываться из затрат на инструмент, приспособление и затрат на проектирование нового технологического процесса, поэтому общая сумма инвестиций составит 42118,74 рублей. На рисунке 6 представлена структура капитальных вложений в долевом соотношении.



Рисунок 6 – Структура капитальных вложений в долях к общей величине

Анализируя структуру параметров инвестиций, представленную на рисунке 6, видно, что затраты на проектирование составляют большую долю в общей величине капитальных вложений, их доля – 87,8 %.

Имея все необходимые параметры, можно обосновать эффективность предложенных изменений. Для этого необходимо определить: срок окупаемости, общий дисконтируемый доход, интегральный экономический эффект и в зависимости от величины эффекта либо индекс доходности, либо доход на капитал. Полученные значения всех перечисленных параметров представлены в таблице 16.

Таблица 16 – Показатели экономической эффективности проекта

Наименование параметра	Величина параметра
Срок окупаемости, года	1
Общий дисконтируемый доход, руб.	47630,77
Интегральный экономический эффект, руб.	5512,03
Индекс доходности, руб. / руб.	1,13

Анализируя, представленные в таблице 16, данные можно сделать вывод о том, что проект является эффективным, так как интегральный экономический эффект является положительной величиной и составляет 5512,03 рублей, что является обязательным условием для экономического обоснования мероприятий. Именно по этому, определяется индекс доходности, а не доход на капитал. Данный показатель дает понимание, какую прибыль может получить производитель с каждого вложенного в проект рубля, в нашем случае эта прибыль составит 0,13 рублей, что может обеспечить рентабельность в размере 13 %.

В данном разделе для подтверждения эффективности технологического процесса произведен расчет его экономических показателей. В результате определено, что разработанная технология является эффективной.



## Заключение

В ходе проектирования технологического процесса изготовления вала-шестерни трансмиссии мини-погрузчика были проведены ряд мероприятий. Обоснована актуальность данной темы. Выполнен анализ исходных данных и сформулированы основные задачи работы, решение которых позволило достичь цели работы.

В частности были определены основные характеристики типа производства, на основе которых производилось проектирование технологии изготовления вала-шестерни.

Спроектирован план изготовления детали на основе разработанного маршрута изготовления, схем базирования и характеристик производства. Для каждой операции подобраны средства технологического оснащения. Спроектированы технологические операции на основе определения режимов резания и нормирования операций.

Совершенствование токарной операции технологического процесса произведено путем разработки соответствующего механизированного патрона, что позволило снизить время обработки.

Совершенствование зубофрезерной операции технологического процесса произведено путем разработки соответствующей червячной фрезы, что позволило получить требуемое качество выполнения операции.

Проведено выявление основных профессиональных рисков в ходе изготовления детали, разработаны мероприятия по их устранению, а также произведена оценка экологичности спроектированного технологического процесса.

Эффективность спроектированного технологического процесса подтверждена расчетами его экономических показателей.

## Список используемых источников

1. Горина Л.Н. Раздел выпускной квалификационной работы «Безопасность и экологичность технического объекта» : электрон. учеб.-метод. пособие / Л.Н. Горина, М.И. Фесина. – Тольятти. : Изд-во ТГУ, 2018. – 41 с. [Электронный ресурс]. – URL: <http://hdl.handle.net/123456789/8767> (дата обращения: 02.05.2020).
2. Иванов В.П. Оборудование и оснастка промышленного предприятия: учеб. для студентов вузов по специальности "Оборудование и технологии высокоэффектив. процессов обработки материалов" / В.П. Иванов, А.В. Крыленко. – Минск. : Новое знание, 2016. – 234 с.
3. Клименков С.С. Обрабатывающий инструмент в машиностроении: учебник / С.С. Клименков. – Москва. : ИНФРА-М, 2013. – 459 с.
4. Клименков С.С. Проектирование заготовок в машиностроении: практикум: учеб. пособие / С.С. Клименков. – Москва. : ИНФРА-М, 2013. – 269 с.
5. 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: 09.05.2020).
6. Меринов В.П. Технология изготовления деталей: курсовое проектирование по технологии машиностроения: учеб. пособие для студентов вузов, обуч. по специальности "Технология машиностроения" направления подготовки "Конструкторско-технол. обеспечение машиностр. пр-в" / В.П. Меринов, А.М. Козлов, А.Г. Схиртладзе ; 4-е изд., перераб. и доп. – гриф МО. – Старый Оскол. : ТНТ, 2015. – 263 с.
7. Мещерякова В.Б. Металлорежущие станки с ЧПУ: учеб. пособие / В.Б. Мещерякова, В.С. Стародубов. – Москва. : ИНФРА-М, 2017. – 336 с. [Электронный ресурс]. – URL: <http://znanium.com/catalog/product/881108> (дата обращения: 26.04.2020).

8. Пелевин В.Ф. Метрология и средства измерений: учеб. пособие / В.Ф. Пелевин. – Москва. : ИНФРА-М, 2017. – 273 с. [Электронный ресурс]. – URL: <http://znanium.com/catalog/product/774201> (дата обращения: 26.04.2020).

9. Расторгуев Д.А. Проектирование технологических операций: электрон. учеб.-метод. пособие / Д.А. Расторгуев. – Тольятти. : ТГУ, 2015. – 140 с. [Электронный ресурс] – URL: <http://hdl.handle.net/123456789/76> (дата обращения: 29.04.2020).

10. Расчет и конструирование станочных приспособлений: учеб. пособие для вузов / А.В. Бобровский [и др.]. – 2-е изд., перераб. и доп. – Москва. : Славян. шк., 2003. – 200 с.

11. Расчет припусков и межпереходных размеров в машиностроении: Учеб. пособ. Для машиностроит. спец. вузов/ Я.М. Радкевич, В.А. Тимирязев, А.Г. Схиртладзе, М.С. Островский; Под ред. В.А. Тимирязева. – 2-е изд. – М.: Высш. шк., 2007. – 272 с.

12. Режимы резания металлов : справочник / Ю. В. Барановский [и др.] ; под ред. А. Д. Корчемкина. – 4-е изд., перераб. и доп. – Москва : НИИТавтопром, 1995. – 456 с. [Электронный ресурс]. – URL: <https://e.lanbook.com/book/60989> (дата обращения: 29.04.2020).

13. Солоненко В.Г. Резание металлов и режущие инструменты: учеб. пособие / В.Г. Солоненко, А.А. Рыжкин. – Москва. : ИНФРА-М, 2016. – 416 с. [Электронный ресурс]. – URL: <http://znanium.com/catalog/product/549074> (дата обращения: 30.04.2020).

14. Справочник технолога-машиностроителя. В 2 т. Т. 1 / А.М. Дальский [и др.] ; под ред. А. М. Дальского [и др.]. – 5-е изд., испр. – Москва. : Машиностроение-1, 2003. – 910 с.

15. Справочник технолога-машиностроителя. В 2 т. Т. 2 / А.М. Дальский [и др.] ; под ред. А. М. Дальского [и др.]. – 5-е изд., испр. – Москва. : Машиностроение-1, 2003. – 941 с.

16. Схиртладзе А.Г. Технологическая оснастка машиностроительных производств : учеб. пособие для студентов вузов, обуч. по направлению

"Конструкторско-технол. обеспечение машиностр. пр-в". Т. 2 / А.Г. Схиртладзе, С.Н. Григорьев, В.П. Борискин. - 4-е изд., перераб. и доп. ; гриф УМО. – Старый Оскол. : ТНТ, 2016. – 517 с.

17. Схиртладзе А.Г. Проектирование и производство заготовок : учеб. для вузов / А.Г. Схиртладзе, В.П. Борискин, А.В. Макаров. – 3-е изд., перераб. и доп. ; Гриф УМО. – Старый Оскол. : ТНТ, 2009. – 447 с.

18. Схиртладзе А.Г. Станочные приспособления: учеб. пособие для вузов / А.Г. Схиртладзе, В.Ю. Новиков. - Гриф МО. – Москва. : Высш. шк., 2001. – 110 с.

19. Сысоев С.К. Технология машиностроения: Проектирование технол. процессов: учеб. пособие для студентов вузов, обуч. по направлению подготовки дипломир. специалистов "Конструкторско-технол. обеспечение машиностр. пр-в" / С.К. Сысоев, А.С. Сысоев, В.А. Левко. – Санкт-Петербург. : Лань, 2016. – 349 с.

20. Технология машиностроения: курсов. проектирование и диплом. проектирование: учеб. пособие для студентов вузов, обуч. по специальности 15.05.01 "Проектирование технол. машин и комплексов" и направлению подготовки 15.03.05 "Конструкторско-технол. обеспечение машиностр. пр-в" (бакалавриат) / М. Ф. Пашкевич [и др.]. – Старый Оскол. : ТНТ, 2015. – 443 с.

21. Технология машиностроения: учеб. для студентов вузов, обуч. по направлению "Конструкторско-технол. обеспечение машиностр. пр-в" / Л.В. Лебедев [и др.]. – 2-е изд., перераб. и доп. ; гриф УМО. – Старый Оскол. : ТНТ, 2015. – 620 с.

22. Технология машиностроения: учебник / В.В. Клепиков [и др.]. – Москва. : ИНФРА-М, 2017. – 387 с. [Электронный ресурс]. – URL: <http://znanium.com/catalog/product/545572> (дата обращения: 16.04.2020).

23. Химический состав и физико-механические свойства стали 30ХМА [Электронный ресурс]. – URL: [http://metallicheckiy-portal.ru/marki\\_metallov/stj/30XMA](http://metallicheckiy-portal.ru/marki_metallov/stj/30XMA) (дата обращения: 03.04.2020).

Приложение А

Технологическая документация

Дл.обл.	Взам.	Подл.													
			ТГУ Кафедра ОТМП												
			Вал-шестерня												
Разработал			Игнатьев												
Проверил			Козлов												
Утвердил															
Н. контр.															
M01	Сталь 30ХНМА ГОСТ 4345-71														
	Код	ЕВ	МД	ЕН	Н. расх.	КМ	Код заготовки	Профиль и размеры			КД	МЗ			
M02		166	4,5к2	1		0,65		315х80,2			1	6,0к2			
А	Цех	Уч	РМ	Опер	Код, наименование операции		Обозначение документа								
Б				Код, наименование обработки		СМ	проф.	Р	УТ	КР	КОМД	ЕН	ОП	Кшт	Тшт
A03	XX XX XX 000 Заготовительная														
B04	Горизонтально-ковочная машина														
O5															
A06	XX XX XX 005 4269 Фрезерно-центровальная														
B07	Фрезерно-центровальный п/а МР-78 3 18225 422 1Р 1 1 1200 1 0,8														
O 08	Подрезать торцы 2, 8 в размер 315±0,2, просверлить центровые отверстия 1, 36 в размер 13,2х14														
T 09	396131 Тиски самоцентрирующие с призматическими губками ГОСТ 12195-66; 391801 Фреза торцовая														
*0	Ø70 ГОСТ 1695-80 Т120К9; 391267 Сверла центровочные А6.3 ГОСТ 14952-80 Р6М5; 393311 Штанген-														
11	циркуль ШЦ-1 ГОСТ 160-80.														
12															
A 13	XX XX XX 010 4110 Токарная														
Б 14	381101 Токарный САМАТ 400 ХС 3 18217 422 1Р 1 1 1200 1 192														
O 15	Точить последовательно поверхности и торцы Установ А: пов. 8 Ø40±0,25; торец 9 l=140±0,46; пов.														
*6	16 Ø50±0,25; торец 17 l=100±0,4; Установ Б: пов. 34 Ø30±0,21; торец 7 l=275±0,52; пов. 31 Ø40±0,25;														

Приложение Б

Спецификации к сборочным чертежам

Инв. № подл.	Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Инв. № дроб.	Взам. шиф. №	Подп. и дата	Справ. №	Перв. примен.	Формат	Зона	Лист	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание	
											A1			20.БР.ОТМП.722.65.00.000СБ	Сборочный чертеж			
																	<u>Документация</u>	
																	<u>Детали</u>	
									A4			1	20.БР.ОТМП.722.65.00.001	Корпус патрона	1			
									A4		2	20.БР.ОТМП.722.65.00.002	Втулка	1				
									A4		3	20.БР.ОТМП.722.65.00.003	Гидроцилиндр	1				
									A4		4	20.БР.ОТМП.722.65.00.004	Сменный кулачок	3				
									A4		5	20.БР.ОТМП.722.65.00.005	Крышка цилиндра	1				
									A4		6	20.БР.ОТМП.722.65.00.006	Корпус гидроцилиндра	1				
									A4		7	20.БР.ОТМП.722.65.00.007	Поршень	1				
									A4		8	20.БР.ОТМП.722.65.00.008	Рычаг	1				
									A4		9	20.БР.ОТМП.722.65.00.009	Постоянный кулачок	3				
									A4		10	20.БР.ОТМП.722.65.00.010	Втулка	1				
									A4		11	20.БР.ОТМП.722.65.00.011	Шток	1				
									A4		12	20.БР.ОТМП.722.65.00.012	Ось	9				
									A4		13	20.БР.ОТМП.722.65.00.013	Пробка	3				
																	<u>Стандартные изделия</u>	
												14		Винт установочный ГОСТ Р50384-92	3			
												15		Кольцо ОСТ 92-8969-78	1			
												16		Манжета ГОСТ 8752-79	3			
														20.БР.ОТМП.722.65.00.000				
														<div style="font-size: 1.5em; font-weight: bold;">Станочное приспособление</div>		Лит.	Лист	Листов
Разраб.		Игнатъев														1	2	
Проб.		Козлов																
Н.контр.																ТГУ, ИМ, гр. ТМбз-1502а		
Утв.																Копировал <span style="float: right;">Формат А4</span>		

Продолжение Приложения Б

Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
		17		Манжета ГОСТ 8752-79	3	
		18		Винт М8х30 ГОСТ 14475-80	6	
		19		Подшипник 904 ГОСТ 8338-75	2	
		20		Манжета ГОСТ 8752-79	2	
		21		Демпфер ГОСТ 8754-79	2	
		22		Винт М14х120 ГОСТ 11738-84	3	
		23		Прокладка ГОСТ 14475-80	1	
		24		Гайка М20 ГОСТ 15526-70	2	
		25		Шайба ГОСТ 11872-89	1	
		26		Винт М8х25 ГОСТ 14475-80	8	

Изм. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инд. № дцкл.	Подп. и дата

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	20.БР.ОТМП.722.65.00.000	Лист 2
------	------	----------	-------	------	--------------------------	-----------