

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 шестерни реверсивно-  
распределительного механизма крано-манипуляторного устройства

Обучающийся	<u>А.А. Жуков</u> (Инициалы Фамилия)	<u>_____</u> (личная подпись)
Руководитель	<u>к.т.н., доцент А.А. Козлов</u> (ученая степень (при наличии), ученое звание (при наличии), Инициалы Фамилия)	<u>_____</u>
Консультанты	<u>к.э.н., доцент О.М. Сярова</u> (ученая степень (при наличии), ученое звание (при наличии), Инициалы Фамилия)	<u>_____</u>
	<u>к.т.н., доцент А.Н. Москалюк</u> (ученая степень (при наличии), ученое звание (при наличии), Инициалы Фамилия)	<u>_____</u>

Тольятти 2022

## Аннотация

Тема выпускной квалификационной работы «Технологический процесс изготовления шестерни реверсивно-распределительного механизма краноманипуляторного устройства». Работа состоит из пояснительной записки и графической части. Пояснительная записка состоит из введения, пяти основных разделов, заключения, списка используемых источников и приложений. Объем пояснительной записки 64 страниц. Графическая часть состоит из 7 чертежей формата А1.

В каждом разделе работы решены конкретные задачи, что позволило достигнуть цели работы, которая заключается в проектировании технологии изготовления шестерни реверсивно-распределительного механизма краноманипуляторного устройства, которая обеспечит выпуск годовой программы деталей, отвечающих всем техническим требованиям в заданных производственных условиях и обеспечит минимальные затраты на изготовление. Введение работы содержит обоснование актуальности выбранной темы и формулировку ее цели. Первый раздел содержит результаты анализа выполняемых деталей функций, условий ее эксплуатации, анализ технологических показателей и формулировку задач работы. Второй раздел содержит решение технологических задач. Решены задачи выбора метода получения и проектирования заготовки, проектирования маршрута и плана изготовления детали, выбора средств технологического оснащения и проектирования технологических операций. Третий раздел содержит технические решения, направленные на проектирование специальных средств технологического оснащения. Решены задачи проектирования токарного патрона и проектирования токарного резца усовершенствованной конструкции. Четвертый раздел содержит решение задач по обеспечению пожарной, экологической и производственной безопасности. Пятый раздел содержит оценку экономических показателей спроектированной технологии изготовления.

## Содержание

Введение.....	4
1 Анализ исходных данных и постановка задач работы.....	5
1.1 Функции и условия эксплуатации детали.....	5
1.2 Анализ детали на технологичность.....	6
1.3 Определение типа производства и его характеристик.....	8
1.4 Постановка задач.....	9
2 Проектирование технологического процесса.....	11
2.1 Выбор метода получения заготовки и ее проектирование.....	11
2.2 Проектирование маршрута и плана изготовления детали.....	20
2.3 Выбор средств оснащения технологического процесса.....	21
2.4 Проектирование технологических операций.....	24
3 Проектирование специальных средств оснащения.....	27
3.1 Проектирование токарного патрона.....	27
3.2 Проектирование токарного резца.....	33
4 Безопасность и экологичность технического объекта.....	35
4.1 Конструктивно-технологическая характеристика технического объекта.....	35
4.2 Идентификация профессиональных рисков.....	35
4.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков.....	37
4.4 Обеспечение пожарной безопасности технического объекта.....	40
4.5 Обеспечение экологической безопасности объекта.....	42
5 Экономическая эффективность работы.....	44
Заключение.....	49
Список используемых источников.....	50
Приложение А Технологическая документация.....	54
Приложение Б Спецификации к сборочным чертежам.....	62

## Введение

В подъемном механизме крано-манипуляторного устройства для изменения направления вращения лебедок и поворотной части крана используются реверсивно-распределительные механизмы. По типу используемого привода данные механизмы бывают механические, гидравлические и электрические. Механический привод в отличие от гидравлического и электрического приводов обладает большей надежностью и менее чувствителен к воздействию внешних факторов, что и определило его широкое применение. Ввиду конструктивных особенностей, таких как ограниченные габариты устройства, большие величины передаваемых крутящих моментов, а также повышенные требования по надежности, все входящие в конструкцию устройства детали имеют жесткие технические требования. Выполнение данных требований должно быть обеспечено на стадии изготовления деталей. Рассматриваемая в данной выпускной квалификационной работе шестерня является частью такого реверсивно-распределительного механизма. В ходе проектирования технологии следует учесть особенности типа производства, такие как используемое оборудование, средства технологического оснащения, организационные особенности и ряд других. Это позволит обеспечить выпуск необходимого количества деталей в строго заданные сроки. Кроме того, закладываемые на стадии проектирования технологические и технические решения существенно влияют на экономические показатели производства, что требует использования оптимальных решений.

Таким образом, цель выпускной квалификационной работы, заключается в проектировании технологии изготовления шестерни реверсивно-распределительного механизма крано-манипуляторного устройства, которая обеспечит выпуск годовой программы деталей, отвечающих всем техническим требованиям в заданных производственных условиях и обеспечит минимальные затраты на изготовление.

## **1 Анализ исходных данных и постановка задач работы**

### **1.1 Функции и условия эксплуатации детали**

Шестерня устанавливается в корпусе реверсивно-распределительного механизма на подшипниках и соединяется с муфтой, которая передает ей крутящий момент от электродвигателя через штифт и радиальное отверстие. Полумуфта центрируется с шестерней по центральному отверстию и фиксируется при помощи штифта, устанавливаемого в радиальное отверстие. Далее крутящий момент при помощи зубчатого венца передается на промежуточный вал-шестерню механизма, обеспечивая выполнение им функционального назначения.

Условия эксплуатации детали характеризуются в основном воздействием факторов внешней среды. Это объясняется тем, что часть детали выходит из корпуса и имеет контакт с внешней средой. Другая часть детали находится в закрытом корпусе и работает в условиях нормальной смазки, что снижает негативное воздействие внешних факторов, прежде всего температур.

Крано-манипуляторные устройства применяются в основном для погрузочно-разгрузочных работ различных материалов, то есть все входящие в его состав детали испытывают циклические нагрузки различной величины, направлений и продолжительности. Конструктивная особенность детали, связанная с наличием перекрещивающихся отверстий, одно из которых передает крутящий момент, а второе фиксирует полумуфту, создает моменты в двух перпендикулярных плоскостях. Другой особенностью условий эксплуатации детали являются значительные перепады температур, а также воздействие на поверхности детали пыли, загрязняющих и химически активных веществ. Это может привести к повреждению поверхностей детали, возникновению очаговой коррозии и как следствие сокращению срока службы детали.

## 1.2 Анализ детали на технологичность

Критериями общей технологичности детали являются следующие показатели: «технологичность материала, технологичность конструкции, технологичность механической обработки» [1].

Технологичность материала определяется его свойствами. «Деталь изготавливается из стали 40ХГНМ ГОСТ 4543–71, которая имеет следующее содержание основных химических элементов: от 0,37% до 0,43% углерода, от 0,6% до 0,9% хрома, от 0,7% до 1,1% никеля, от 0,5% до 0,8% марганца, от 0,7% до 1,1% молибдена, от 0,17% до 0,37% кремния, не более 0,3% меди, не более 0,035% серы, не более 0,035% фосфора» [30]. «Механические свойства стали: предел прочности 980 МПа, предел текучести 835 МПа, относительное удлинение после разрыва 12%, твердость по шкале Бринелля от 255 до 302 единиц» [30]. Материал выбран исходя из служебного назначения детали, поэтому заменить его более дешевым не представляется возможным. Приведенные свойства материала позволяют сделать заключение о его хорошей обрабатываемости резанием и пластическим деформированием. Это позволит применять стандартные методы механической обработки и достаточно точные и производительные методы пластического деформирования для получения заготовки.

Технологичность конструкции детали оценим на основе анализа функционального назначения ее поверхностей, выполненного по данным [12]. Для этого на рисунке 1 приведем эскиз детали и каждой поверхности детали присвоим свой номер. Далее все поверхности классифицируем по назначению: «основные конструкторские базы 1, 13, вспомогательные конструкторские базы 5, 20, исполнительные поверхности 5, 18, свободные все оставшиеся» [12]. Данная классификация показала, что количество ответственных поверхностей, имеющих высокие требования по точности изготовления, относительно невелико. При этом данные поверхности

образованы простейшими геометрическими фигурами, такими как цилиндры и плоскости, за исключением эвольвентой поверхности зубчатого венца.

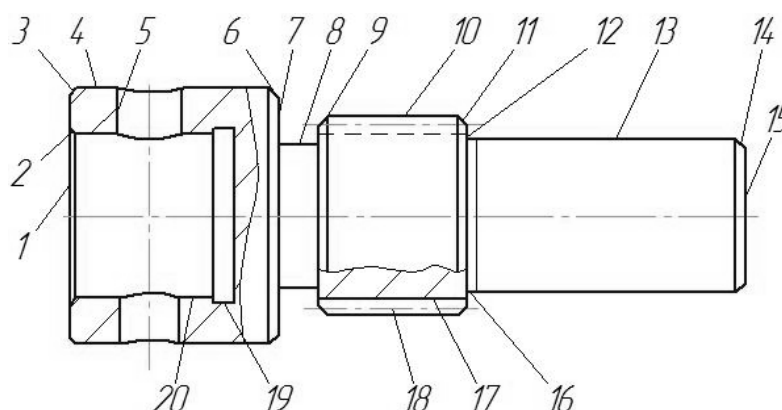


Рисунок – 1 Эскиз шестерни

Следовательно, для их получения могут быть применены стандартные методы механической обработки, за исключением зубчатого венца, для получения которого потребуется применение методов обработки со сложными формообразующими движениями. Конфигурация детали также позволяет вести одновременную обработку нескольких поверхностей.

Механическая обработка поверхностей детали может считаться технологичной. Это объясняется тем, что заданные чертежом детали параметры точности размеров, отклонения формы и взаимного расположения поверхностей, качества обработки поверхностного слоя могут быть достигнуты с применением стандартных средств оснащения. К такому оборудованию относятся технологическое оборудование нормальной и повышенной точности, а также стандартные и унифицированные станочные приспособления и режущий инструмент. Припуски на обработку могут быть минимизированы за счет соблюдения при разработке схем базирования принципов единства и постоянства технологических баз.

Общая технологичность детали, исходя из анализа в соответствии с принятыми критериями, может быть признана удовлетворительной.

### 1.3 Определение типа производства и его характеристик

Тип производства определяет дальнейшую стратегию проектирования технологического процесса и его экономическую эффективность. Для корректного определения типа производства применяется показатель коэффициента закрепления операций [21]. Определение коэффициента закрепления операций основано на знании числа операций, выполняемых на участке и числа рабочих мест. В данном случае их определение не представляется возможным, так как отсутствует технологический процесс. Согласно рекомендациям [21] в таком случае тип производства может быть определен по методике, которая требует знания массы детали и годовой производственной программы [21]. «В соответствии с данной методикой при годовой программе выпуска равной 6000 деталей и массе 0,25 кг тип производства среднесерийный» [21].

Среднесерийный тип производства по данным [21] имеет следующие характеристики:

- применимые стратегии проектирования техпроцесса последовательная, циклическая, линейная, разветвленная, жесткая и адаптивная;
- форма выпуска деталей партиями;
- технология изготовления детали проектируется на базе типового техпроцесса;
- формирование маршрута обработки производится по принципу экстенсивной концентрации операций, в обоснованных случаях допускается применение интенсивной концентрации операций;
- оформление технологии изготовления производится в маршрутном виде, при соответствующем обосновании допускается в маршрутно-операционном виде;
- заготовка может быть получена из проката, методами литья или



- штамповки;
- технологические операции планируются с учетом технологических возможностей оборудования;
  - определение припусков на обработку поверхностей по переходам на основе расчетно-аналитического метода или с применением статистических данных;
  - нормирование операций подетально на основе опытно-статистических данных;
  - достижение точности обработки методом пробных ходов и промеров и метод работы на настроенном оборудовании, допускается применение средств активного контроля;
  - разработка схем базирования заготовок с соблюдением принципов постоянства и единства баз;
  - предпочтительно использование универсальных средств технологического оснащения, допускается использование специализированных и специальных средств оснащения;
  - расстановка оборудования на участках осуществляется с учетом типов и размеров станков по группам;
  - основные производственные рабочие должны обладать высокой квалификацией.

Приведенные характеристики среднесерийного типа производства являются основой для дальнейшего проектирования техпроцесса, и их следует учитывать при разработке последующих разделов данной выпускной квалификационной работы.

#### **1.4 Постановка задач**

Исходя из цели работы, анализа функций и условий эксплуатации детали, а также характеристик производства в ходе выполнения данной работы необходимо решить следующие задачи:

- выбор метода получения на основе экономического анализа возможных методов получения и проектирование заготовки на основе определения маршрутов обработки поверхностей и расчета припусков на обработку,
- проектирование маршрута и плана изготовления детали,
- выбор средств технологического оснащения,
- проектирование технологических операций на основе определения режимов резания и нормирования операций,
- проектирование специальных средств технологического оснащения, таких как станочное приспособление и режущий инструмент,
- обеспечение пожарной, экологической и производственной безопасности,
- оценка экономических показателей спроектированной технологии изготовления.

Сформулированные задачи необходимо решить в ходе дальнейшего выполнения работы.

Выполнение данного раздела выпускной квалификационной работы позволило сформулировать задачи работы, выполнение которых необходимо для достижения ее цели. Формулировка задач основана на анализе выполняемых деталью функций, условий эксплуатации, технологических показателей, а также на определении и анализе типа производства.

## 2 Проектирование технологического процесса

### 2.1 Выбор метода получения заготовки и ее проектирование

Выбор методов получения заготовки ограничивается рядом факторов. Среди них тип производства, физико-механические свойства материала детали, конструктивные особенности детали, габариты, наличие требований к внутренней структуре материала детали. Проанализировав имеющиеся данные, приходим к выводу, что в данном случае основным ограничивающим фактором являются физико-механические свойства материала детали, которые ограничивают выбор метода получения заготовки методами пластического деформирования. Дальнейший анализ литературы [3] показал, что в условиях среднесерийного типа производства с учетом габаритных характеристик детали целесообразно получение заготовки методами штамповки на горизонтально-ковочной машине и штамповки в открытых штампах.

«Выбор метода получения заготовки производится путем расчета технологической себестоимости изготовления детали из заготовок полученных сравниваемыми методами» [7]. «Расчет производится по формуле:

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

где  $C_{ЗАГ}$  – приведенные затраты метода получения заготовки, руб.;

$C_{МЕХ}$  – приведенные затраты на снятие стружки, руб.;

$C_{ОТХ}$  – цена одного кг стружки, руб.;

$Q$  – масса заготовки, кг;

$q$  – масса детали, кг» [7].

«Определение приведенных затрат метода получения заготовки производится с использованием выражения:

$$C_{\text{ЗАГ } i} = C_6 \cdot h_T \cdot h_C \cdot h_B \cdot h_M \cdot h_{\text{П}}, \quad (2)$$

где  $i$  – индекс метода получения заготовки;

$C_6$  – базовая стоимость получения одного кг заготовок, рассматриваемым методом, руб.;

$h_T$  – коэффициент, характеризующий точность метода штамповки;

$h_C$  – коэффициент, характеризующий сложности метода;

$h_B$  – коэффициент, характеризующий массу заготовки полученной данным методом;

$h_M$  – коэффициент, характеризующий марку материала;

$h_{\text{П}}$  – коэффициент, характеризующий программу выпуска» [7].

$$C_{\text{ЗАГ } 1,2} = 75,12 \cdot 1,06 \cdot 0,7 \cdot 0,82 \cdot 2,2 \cdot 0,5 = 50,28 \text{ р.}$$

Здесь и далее принимаем индекс метода получения заготовки 1 для метода штамповки в открытых штампах и 2 для метода штамповки на горизонтально-ковочной машине.

«Масса заготовки с достаточной для проектного варианта точностью может быть рассчитана по формуле:

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

где  $K_P$  – коэффициент, зависящий от метода получения заготовки и геометрических особенностей детали» [7].

Определение массы детали произведем путем проведения твердотельного моделирования в программе «Компас 3D», которая содержит встроенный модуль определения массо-центровых характеристик. В результате моделирования определяем, что масса детали равна 1,05 кг.

По формуле (3) рассчитываем массу заготовок, полученных различными методами.

$$Q_1 = 1,05 \cdot 1,6 = 1,68 \text{ кг.}$$

$$Q_2 = 1,05 \cdot 1,4 = 1,47 \text{ кг.}$$

«Приведенные затрат на снятие стружки рассчитываются по формуле:

$$C_{\text{МЕХ } i} = C_{\text{С}} + E_{\text{Н}} \cdot C_{\text{К}}, \quad (4)$$

где  $C_{\text{С}}$  – текущие затраты на снятие одного кг стружки, руб.;

$C_{\text{К}}$  – капитальные вложения на снятие одного кг стружки, руб.;

$E_{\text{Н}}$  – коэффициент, характеризующий эффективности капитальных вложений» [7].

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

С использованием формулы (1) выполняем расчет технологической себестоимости изготовления детали из заготовок полученных сравниваемыми методами.

$$C_{\text{T1}} = 50,28 \cdot 1,68 + 4,6 \cdot (1,68 - 1,05) - 1,4 \cdot (1,68 - 1,05) = 86,49 \text{ р.}$$

$$C_{\text{T2}} = 50,28 \cdot 3,78 + 4,6 \cdot (1,47 - 1,05) - 1,4 \cdot (1,47 - 1,05) = 75,25 \text{ р.}$$

Технологическая себестоимость изготовления детали из заготовки, полученной методом штамповки на горизонтально-ковочной машине ниже. Следовательно, выбираем данный метод получения заготовки для проведения дальнейшего проектирования.

Проектирование заготовки проводится в следующей последовательности. На первом этапе выбираются маршруты обработки поверхностей детали. Затем, на основе выбранных маршрутов определяются припуски на механическую обработку поверхностей. Далее определяются параметры заготовки, включая напуски и допуски на размеры. На заключительном этапе проектирования заготовки выполняется ее рабочий чертеж.

Выбор маршрутов обработки поверхностей задача многофакторная на решение которой оказывают влияние материал заготовки, форма поверхности, требуемая точность выполнения размера, требуемое качество обработки поверхности. Как правило, для достижения требуемых параметров обработки могут быть использованы несколько вариантов маршрутов

обработки. Выбор оптимального варианта производится на основе расчета экономических затрат для каждого варианта. Однако, такой подход требует тщательной проработки всей технологии изготовления, что на стадии проектирования заготовки нецелесообразно и требует больших затрат времени. Другой подход к определению оптимального маршрута обработки поверхности заключается в сравнении суммарных удельных затрат для каждого маршрута, которые определяются по данным [13]. Результаты определения маршрутов обработки поверхностей для рассматриваемой детали с использованием данной методики приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Результаты определения маршрутов обработки поверхностей

Номер поверхности	Форма поверхности	Требуемая шероховатость, мкм	Требуемый качество точности	Последовательность обработки
1	плоская	3,2	12	«т, тч, то, ш» [13]
2	коническая	12,5	12	«тч, то» [13]
3	коническая	12,5	12	«тч, то» [13]
4	цилиндрическая	12,5	12	«т, то» [13]
5	цилиндрическая	3,2	10	«с, з» [13]
6	коническая	12,5	12	«тч, то» [13]
7	плоская	12,5	12	«т, то» [13]
8	цилиндрическая	12,5	12	«т, то» [13]
9	коническая	12,5	12	«тч, то» [13]
10	цилиндрическая	12,5	12	«т, то» [13]
11	коническая	12,5	12	«тч, то» [13]
12	плоская	12,5	12	«т, то» [13]
13	цилиндрическая	0,63	6	«т, тч, то, ш, шч» [13]
14	коническая	12,5	12	«тч, то» [13]
15	плоская	3,2	12	«т, тч, то, ш» [13]
16	цилиндрическая	12,5	12	«тч, то» [13]
17	цилиндрическая	12,5	12	«зд, то» [13]
18	эвольвента	3,2	9	«зд, зш, то» [13]
19	цилиндрическая	12,5	12	«тч, то» [13]
20	цилиндрическая	1,25	8	«т, тч, то, ш» [13]

В таблице 1 применены следующие сокращения названий методов обработки: т – черновое точение; тч – чистовое точение; то – термическая обработка; ш – черновое шлифование; шч – чистовое шлифование; с –

сверление; з – зенкерование; зд – долбление; зш – шевингование.

На основе полученных маршрутов обработки поверхностей производим определение припусков на их обработку. Исходя из типа производства возможны два варианта определения припусков. Первый вариант определение припусков по переходам на основе расчетно-аналитического метода [27]. Второй вариант определение припусков с применением статистических данных [25]. Конкретный вариант определения припусков зависит от требуемой точности выполнения размера. Расчетно-аналитический метод применяется в случае необходимости получения высокой точности обработки. Чаще всего от шестого качества. В этом случае необходимость проведения точных расчетов объясняется минимальными допусками на конечный размер и большим количеством технологических переходов. Определение припусков с применением статистических данных применяется для относительно неточных поверхностей. Данное решение позволит существенно ускорить процесс проектирования при незначительном завышении значений припусков, что важно в условиях среднесерийного типа производства.

Исходя из сказанного припуски на обработку поверхности диаметром 30 мм с точностью выполнения размера  $k6^{(+0,015)}_{(-0,002)}$  рассчитываем расчетно-аналитическим методом [27].

«Минимальные значения припусков определяются по формуле:

$$z_{imin} = a_{i-1} + \sqrt{\Delta_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2}, \quad (5)$$

где  $a$  – глубина суммарного дефектного слоя, мм;

$\Delta$  – суммарные пространственные отклонения, мм;

$\varepsilon$  – погрешности установки заготовки на операции, мм;

$i$  – индекс текущего перехода;

$i - 1$  – индекс предыдущего перехода» [27].

«Максимальные значения припусков определяются по формуле:

$$z_{i \max} = z_{i \min} + 0,5 \cdot (Td_{i-1} + Td_i), \quad (6)$$

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

$Td_{i-1}$  – допуск на выполнение размера на предыдущем переходе, мм» [27].

«Средние значения припусков определяются по формуле:

$$z_{\text{ср}i} = 0,5 \cdot (z_{i \max} + z_{i \min}). \quad (7) \gg [27]$$

«Выполняем расчеты припусков.

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

$$z_{2 \min} = a_1 + \sqrt{\Delta_1^2 + \varepsilon_2^2} = 0,200 + \sqrt{0,045^2 + 0,025^2} = 0,252 \text{ мм.}$$

$$z_{3 \min} = a_{\text{ТО}} + \sqrt{\Delta_{\text{ТО}}^2 + \varepsilon_3^2} = 0,250 + \sqrt{0,030^2 + 0,012^2} = 0,263 \text{ мм.}$$

$$z_{4 \min} = a_3 + \sqrt{\Delta_3^2 + \varepsilon_4^2} = 0,150 + \sqrt{0,007^2 + 0,012^2} = 0,164 \text{ мм.}$$

$$\begin{aligned} z_{1 \max} &= z_{1 \min} + 0,5 \cdot (Td_0 + Td_1) = 0,601 + 0,5 \cdot (0,9 + 0,25) = \\ &= 1,176 \text{ мм.} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} z_{2 \max} &= z_{2 \min} + 0,5 \cdot (Td_1 + Td_2) = 0,252 + 0,5 \cdot (0,25 + 0,10) = \\ &= 0,427 \text{ мм.} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} z_{3 \max} &= z_{3 \min} + 0,5 \cdot (Td_{\text{ТО}} + Td_3) = 0,263 + 0,5 \cdot (0,160 + 0,062) = \\ &= 0,374 \text{ мм.} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} z_{4 \max} &= z_{4 \min} + 0,5 \cdot (Td_3 + Td_4) = 0,164 + 0,5 \cdot (0,062 + 0,013) = \\ &= 0,202 \text{ мм.} \end{aligned}$$

$$z_{\text{ср}1} = 0,5 \cdot (z_{1 \max} + z_{1 \min}) = 0,5 \cdot (1,176 + 0,601) = 0,889 \text{ мм.}$$

$$z_{\text{ср}2} = 0,5 \cdot (z_{2 \max} + z_{2 \min}) = 0,5 \cdot (0,427 + 0,252) = 0,340 \text{ мм.}$$

$$z_{\text{ср}3} = 0,5 \cdot (z_{3 \max} + z_{3 \min}) = 0,5 \cdot (0,374 + 0,263) = 0,319 \text{ мм.}$$

$$z_{\text{ср}4} = 0,5 \cdot (z_{4 \max} + z_{4 \min}) = 0,5 \cdot (0,202 + 0,164) = 0,183 \text{ мм} \gg [27].$$

«Минимальное значение операционного размера определяется по формуле:



$$d_{(i-1)min} = d_{i min} + 2 \cdot z_{i min}. \quad (8) \gg [27]$$

«Максимальное значение операционного размера определяется по формуле:

$$d_{(i-1)max} = d_{(i-1)min} + Td_{i-1}. \quad (9) \gg [27]$$

«Среднее значение операционного размера определяется по формуле:

$$d_{i cp} = 0,5 \cdot (d_{i max} + d_{i min}). \quad (10) \gg [27]$$

«Для перехода предшествующего термической обработке минимальный размер определяется по формуле:

$$d_{(то-1)min} = d_{(i-1) min} \cdot 0,999. \quad (11) \gg [27]$$

«Выполняем расчеты операционных размеров.

$$d_{4min} = 30,002 \text{ мм.}$$

$$d_{4max} = 30,015 \text{ мм.}$$

$$d_{4cp} = 0,5 \cdot (d_{4max} + d_{4min}) = 0,5 \cdot (30,015 + 30,002) = 30,0085 \text{ мм.}$$

$$d_{3min} = d_{4min} + 2 \cdot z_{4min} = 30,002 + 2 \cdot 0,164 = 30,330 \text{ мм.}$$

$$d_{3max} = d_{3min} + Td_3 = 30,330 + 0,062 = 30,392 \text{ мм.}$$

$$d_{3cp} = 0,5 \cdot (d_{3max} + d_{3min}) = 0,5 \cdot (30,392 + 30,330) = 30,361 \text{ мм.}$$

$$d_{то min} = d_{3min} + 2 \cdot z_{3min} = 30,330 + 2 \cdot 0,263 = 30,856 \text{ мм.}$$

$$d_{то max} = d_{то min} + Td_{то} = 30,856 + 0,160 = 31,016 \text{ мм.}$$

$$d_{то cp} = 0,5 \cdot (d_{то max} + d_{то min}) = 0,5(31,016 + 30,856) = 30,936 \text{ мм.}$$

$$d_{2min} = d_{то min} \cdot 0,999 = 30,856 \cdot 0,999 = 30,830 \text{ мм.}$$

$$d_{2max} = d_{2min} + Td_2 = 30,830 + 0,100 = 30,930 \text{ мм.}$$

$$d_{2cp} = 0,5 \cdot (d_{2max} + d_{2min}) = 0,5 \cdot (30,930 + 30,830) = 30,880 \text{ мм}$$

$$d_{1min} = d_{2min} + 2 \cdot z_{2min} = 30,930 + 2 \cdot 0,252 = 31,434 \text{ мм.}$$

$$d_{1max} = d_{1min} + Td_1 = 31,434 + 0,250 = 31,684 \text{ мм.}$$

$$d_{1cp} = 0,5 \cdot (d_{1max} + d_{1min}) = 0,5 \cdot (31,684 + 31,434) = 31,559 \text{ мм.}$$

$$d_{0min} = d_{1min} + 2 \cdot z_{1min} = 31,684 + 2 \cdot 0,601 = 32,886 \text{ мм.}$$

$$d_{0max} = d_{0min} + Td_0 = 32,886 + 0,900 = 33,786 \text{ мм.}$$

$$d_{0cp} = 0,5(d_{0max} + d_{0min}) = 0,5(33,786 + 32,886) = 33,336 \text{ мм} \gg [27].$$

«Общий минимальный припуск рассчитывается по формуле:

$$2z_{min} = d_{0min} - d_{4max}. \quad (12) \gg [27]$$

«Общий максимальный припуск рассчитывается по формуле:

$$2z_{max} = 2z_{min} + Td_0 + Td_4. \quad (13) \gg [27]$$

«Общий средний припуск рассчитывается по формуле:

$$2z_{cp} = 0,5 \cdot (2z_{min} + 2z_{max}). \quad (14) \gg [27]$$

«Выполняем расчет общих припусков.

$$2z_{min} = 32,886 - 30,012 = 2,874 \text{ мм.}$$

$$2z_{max} = 2,874 + 0,900 + 0,013 = 3,787 \text{ мм.}$$

$$2z_{cp} = 0,5 \cdot (2,874 + 3,787) = 3,3305 \text{ мм} \gg [27].$$

Точность остальных поверхностей детали позволяет определять припуски на них с использованием статистических данных [25]. В этом случае минимально допустимый припуск определяется исходя из требуемой точности обработки и технологических возможностей метода обработки, а максимальный припуск рассчитывается исходя из допусков на выполнение размеров на текущей и предшествующей операциях. С целью упрощения дальнейшего использования полученных данных сводим их в таблицу 2.

Таблица 2 – Результаты определения припусков

Номер поверхности	Номер перехода	Минимальный припуск, мм	Максимальный припуск, мм
1, 15	1	1,8	3,1
	2	0,8	1,08
	3	0,4	0,56
4	1	2,3	3,43
5	1	0,5	0,56
7	1	1,8	2,93
10	1	2,3	3,23
12	1	2,0	2,95
18	1	0,5	0,72
20	1	0,5	0,675
	2	0,4	0,47

Следующим этапом проектирования заготовки является определение ее параметров. Для этого используются рекомендации и данные [9]. «Получаем следующие параметры заготовки:

- класс точности Т4,
- группа стали М2,
- степень сложности С2,
- исходный индекс И11,
- наружные штамповочные уклоны  $5^\circ$ ,
- радиусы скруглений 2,5 мм,
- допустимые значения остаточного облоя не более 0,7 мм» [9].

Допуски на размеры заготовки определяются в зависимости от исходного индекса и номинальных размеров заготовки. Результаты их определения приведены на чертеже заготовки.

На заключительном этапе проектирования заготовки выполняем ее рабочий чертеж, приведенный в графической части данной выпускной квалификационной работы. Рабочий чертеж заготовки проектируется по рекомендациям [18].

## 2.2 Проектирование маршрута и плана изготовления детали

«Среднесерийный тип производства предполагает проектирование технологического процесса изготовления детали на базе типовых техпроцессов изготовления деталей данного класса» [4, 13]. Формирование маршрута обработки детали производится по принципу экстенсивной концентрации операций, в обоснованных случаях допускается применение интенсивной концентрации операций. Операции формируем с учетом маршрутов обработки поверхностей, приведенных в таблице 1 и условия обеспечения однородности методов обработки. Результаты проектирования маршрута изготовления детали, с учетом рекомендаций [12], представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Результаты проектирования маршрута изготовления детали

Операция	Содержание операции	Обрабатываемые поверхности
005 Токарная	точение	7, 8, 10, 12, 13, 15
010 Токарная	точение	1, 4, 20
015 Сверлильная	сверление	5
020 Токарная	точение	6, 11, 13, 15
025 Токарная	точение	1, 2, 3, 9, 19, 20
030 Зубодолбежная	долбление	17, 18
035 Зубофасочная	фрезерование	фаски зубчатого венца
040 Зубошевинговальная	шевингование	18
045 Термическая	закалка, отпуск	все
050 Внутришлифовальная	шлифование	1, 20
055 Внутришлифовальная	шлифование	15
060 Круглошлифовальная	шлифование	13
065 Внутришлифовальная	шлифование	20
070 Круглошлифовальная	шлифование	13
075 Моечная	мойка	все
080 Контрольная	контроль	все

План изготовления детали в виде графического оформляется по рекомендациям [26]. План изготовления отражает приведенный в таблице 3 маршрут изготовления детали, содержит эскизы выполнения операций, схемы базирования на операциях, операционные размеры, допуски на

операционные размеры, величины отклонения форм и расположения поверхностей и требования по шероховатости поверхностей.

Операционные эскизы отражают структуру выполнения операции и разрабатываются по рекомендациям [26]. Схемы базирования проектируются с учетом обеспечения принципов единства и постоянства баз на основе типовых схем и рекомендаций [26]. Операционные размеры назначаются в соответствии с принятой на операции схемой базирования. Допуски на операционные размеры рассчитываются в зависимости от точности применяемого на операции метода обработки и принятой схемы базирования в соответствии с рекомендациями [26]. Величины отклонения форм и расположения поверхностей и требования по шероховатости поверхностей назначаются исходя из принятого на операции метода обработки, с учетом геометрических параметров детали, в соответствии с рекомендациями [26].

Результаты проектирования маршрута изготовления детали также используются при проектировании маршрутной карты, приведенной в приложении А данной выпускной квалификационной работы.

### **2.3 Выбор средств оснащения технологического процесса**

В среднесерийном производстве предпочтительно использование универсальных оборудования и средств технологического оснащения, допускается использование специализированных и специальных средств оснащения.

Основные критерии при выборе оборудования: соответствие типу производства, соответствие размеров рабочей зоны габаритам обрабатываемой заготовки, реализация заданного метода обработки, соответствие точности обработки, возможность обеспечения необходимых режимов резания, реализация необходимой структуры операции. Модели оборудования выбираем по данным [14, 28].

Основные критерии при выборе станочных приспособлений:

соответствие типу производства, реализация принятой на операции схемы базирования, механизация процесса закрепления, высокое быстродействие, надежное закрепление, точность установки соответствующая требуемой точности на операции. Тип и размеры станочных приспособлений выбираем по данным [16, 28, 29].

Основные критерии при выборе режущего инструмента: соответствие типу производства, соответствие методу обработки, обеспечение заданной стойкости, обеспечение требуемой точности обработки, обеспечение требуемой шероховатости поверхностей, обеспечение необходимых режимов резания, реализация необходимой структуры операции. Типоразмеры режущего инструмента выбираем по данным [6, 15, 17 28].

Основные критерии при выборе средств контроля: соответствие типу производства, надежность, обеспечение требуемых диапазонов и точности контроля, универсальность, возможность получения результатов контроля в абсолютных величинах. Модели средств контроля и их размеры выбираем по данным [23, 28].

Результаты выбора оборудования и средств технологического оснащения приведены в таблице 4.

Таблица 4 – Оборудование и средства технологического оснащения

Операция	Оборудование	Приспособления	Режущий инструмент	Средства контроля
005 Токарная	токарный HAAS SL-10	патрон трехкулачковый специальный	резец специальный	штангенциркуль ГОСТ 166-89
010 Токарная	токарный HAAS SL-10	патрон трехкулачковый специальный	сверло спиральное R840-3000-30-A0A GC1220, резец специальный, резец расточной специальный	штангенциркуль ГОСТ166-89
015 Сверлильная	вертикально-	патрон	сверло	калибр

Продолжение таблицы 4

Операция	Оборудование	Приспособле ния	Режущий инструмент	Средства контроля
	сверлильный HAAS OM-1	трехкулачков ый специальный	спиральное R640-3000-30- A0A GC1220, развертка N151.2-500-40- 4P GC1220 «Sandvik»	
020 Токарная	токарный HAAS SL-10	оправка цанговая	резец специальный	штангенцирк уль ГОСТ 166-89
025 Токарная	токарный HAAS SL-10	патрон трехкулачков ый специальный	резец специальный, резец расточной специальный	штангенцирк уль ГОСТ 166-89
030 Зубодолбежная	зубодолбежный 5121	оправка цанговая	долбяк чашечный Ø100 ГОСТ 9323-79 P18	калибры
035 Зубофасочная	зубофасочный BC- 320A	оправка цанговая	фреза специальная	калибры
040 Зубошевинговаль ная	зубошевинговальн ый 5A702Г	оправка цанговая	шевер дисковый Ø180 ГОСТ8570-75	калибры
050 Внутришлифоваль ная	внутришлифоваль ный 3K227	патрон цанговый	круг 23A60V30м/с1 А, круг 23A60K5V40м/с 1А	микрометр ГОСТ 6507- 90
055 Внутришлифоваль ная	внутришлифоваль ный 3K227	оправка цанговая	круг 23A60V30м/с1 А	микрометр ГОСТ 6507- 90
060 Круглошлифоваль ная	круглошлифоваль ный 3A151	патрон цанговый	круг 23A46M6V8	микрометр ГОСТ 6507- 90
065 Внутришлифоваль ная	внутришлифоваль ный 3K227	оправка цанговая	круг 24A80K7V30м/с 1А	микрометр ГОСТ 6507- 90
070 Круглошлифоваль ная	круглошлифоваль ный 3A151	патрон цанговый	круг 24A25K7V30м/с 1А	микрометр ГОСТ6507-90

Выбранные оборудование и средства технологического оснащения заносим в технологическую документацию, которая представлена в

приложении А, а также в виде плана обработки и технологических наладок в графической части работы. Полученные данные также будем использовать для проектирования технологических операций и для совершенствования технологического процесса.

## 2.4 Проектирование технологических операций

Проектирование технологических операций осуществляется на основе плана изготовления детали с учетом принятой структуры каждой отдельно взятой операции и рекомендаций [25].

Для проектирования технологических операций также необходимо определить режимы их выполнения и провести их нормирование. В условиях среднесерийного типа производства определение режимов резания производится на основе расчетно-аналитического метода, а нормирование операций выполняется подетально на основе опытно-статистических данных.

При назначении режимов резания учтем использование высокопроизводительного инструмента на ряде операций лезвийной обработки, для которого стандартная методика даст заниженные результаты. Поэтому для этих операций режимы резания определим по данным [15]. Режимы резания на остальные операции определяем по методике [10, 20].

«Расчетная скорость резания определяется по формуле:

$$V = \frac{C_V \cdot K_V}{T^{m \cdot t^x \cdot S^y}} \quad (15)$$

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» [10].



«Частота вращения шпинделя инструмента или заготовки определяется по формуле:

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

где  $d$  – диаметр обработки, мм» [10].

«С учетом этого фактическая скорость резания пересчитывается по формуле:

$$V = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000}. \quad (17) \text{ » [10].}$$

Нормирование операций выполняется подетально на основе опытно-статистических данных [22].

«Основное время определяется по формуле:

$$T_0 = \frac{L_{\text{р.х.}}}{S \cdot n}, \quad (18)$$

где  $L_{\text{р.х.}}$  – длина рабочего хода, мм;

$S$  – подача, мм/об» [22].

«Длина рабочего хода определяется по формуле:

$$L_{\text{р.х.}} = l_1 + l_{\text{рез}} + l_2, \quad (19)$$

где  $l_1$  – длина врезания, мм;

$l_{\text{рез}}$  – длина резания, мм;

$l_2$  – длина перебега, мм» [22].

Определенные в соответствии с принятыми методиками режимы резания на выполнение операций и результаты нормирования операций представлены в таблице 5.

Таблица 5 – Режимы резания и нормирование технологических операций

Номер операции	Переход	Подача, мм/об	Скорость резания, м/мин	Частота вращения, об/мин	Длина хода, мм	Основное время, мин
005	1	0,3	189	2000	102	0,17
010	1	0,3	189	2000	69	0,12
	2	0,2	76	1600	35	0,11
	3	0,15	113	1800	36	0,13
015	1	0,05	24	1500	54	0,72
	2	0,5	15	1200	54	0,18
020	1	0,15	226	2400	64	0,18
025	1	0,15	166	2400	11	0,03
	2	0,1	150	2500	35	0,14
	3	0,1	150	2500	1,5	0,01
030	1	0,3	25	100	2,6	3,4
035	1	0,3	35	600		0,7
040	1	120	12	260	25	0,92
050	1	0,014	25	360	11	0,86
	2	0,017	30	360	33	0,94
055	1	0,014	25	360	18	1,1
060	1	0,008	36	360	33	1,89
070	1	0,011	30	320	58	2,82

Результаты определения режимов резания и выполнения нормирования технологических операций заносим в технологическую документацию, которая представлена в приложении А, в виде маршрутной карты и операционных карт, а также на технологические наладки в графической части работы.

Выполнение данного раздела выпускной квалификационной работы позволило решить следующие технологические задачи. Произведены выбор метода получения на основе экономического анализа возможных методов получения и проектирование заготовки на основе определения маршрутов обработки поверхностей и расчета припусков на обработку. Спроектирован маршрут и план изготовления детали. Выбраны средства технологического оснащения. Спроектированы технологические операции на основе определения режимов резания и нормирования операций. Оформлена соответствующая технологическая документация.

### 3 Проектирование специальных средств оснащения

#### 3.1 Проектирование токарного патрона

Проведя анализ структуры времени выполнения 010 черновой токарной операции (рисунок 2) приходим к выводу, что для сокращения времени ее выполнения необходимо механизировать процесс закрепления заготовки. Это решение позволит существенно сократить вспомогательное время выполнения операции. Косвенным эффектом от применения данного технического решения будет обеспечение стабильности сил закрепления, что в условиях работы на настроенном оборудовании, позволит обеспечить стабильность выполняемых размеров.

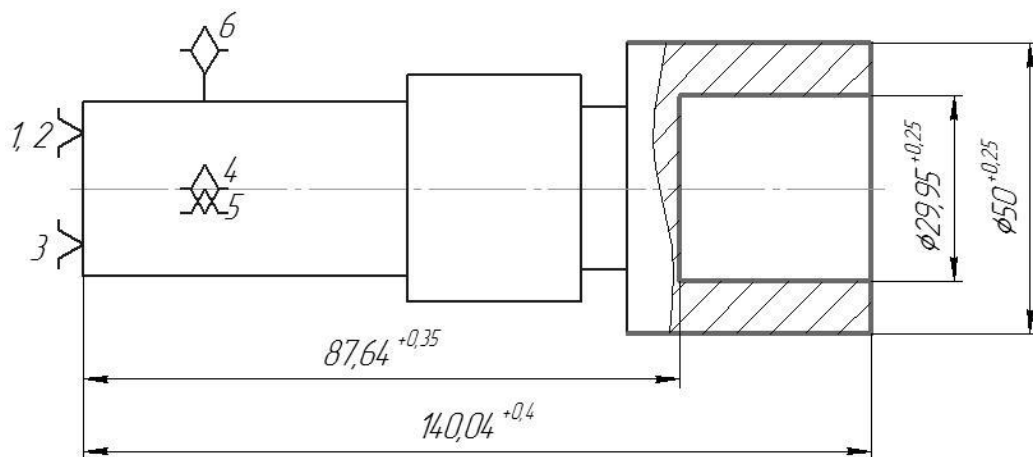


Рисунок 2 – Операционный эскиз токарной операции

Проектирование механизированного токарного патрона производим по методике [5, 11]. Алгоритм проектирования следующий. Сначала необходимо определить составляющие силы резания, действующие на заготовку в процессе обработки. Далее из условия равенства моментов резания и закрепления выводится уравнение для определения силы закрепления предварительно составив до этого уравнения момента силы

резания и силы закрепления. Затем рассчитывается усилие, развиваемое силовым приводом с учетом конструктивных особенностей зажимного механизма. Исходя из полученного значения определяется диаметр силового привода. На заключительном этапе проектирования приспособления определяется точность установки в нем заготовки и производится оценка ее соответствия требуемой точности обработки на операции.

«Составляющие силы резания рассчитываются по формуле:

$$P_{Z,Y} = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p, \quad (20)$$

где  $C_p$ ,  $x$ ,  $y$ ,  $n$  – коэффициент и показатели степеней, характеризующие фактические условия выполнения операции;

$t$  – глубина резания, мм;

$S$  – подача, мм/об;

$V$  – скорость резания, м/мин;

$K_p$  – коэффициент условий обработки» [5].

Выполняем расчеты.

$$P_Z = 10 \cdot 243 \cdot 2,86^{0,9} \cdot 0,5^{0,6} \cdot 189^{0,3} \cdot 0,9 = 502 \text{ Н.}$$

$$P_Y = 10 \cdot 300 \cdot 2,86^{1,0} \cdot 0,5^{0,75} \cdot 189^{0,15} \cdot 0,9 = 1323 \text{ Н.}$$

С целью проведения дальнейших расчетов необходимо составить схему сил, действующих на заготовку во время обработки (рисунок 3). Из данной схемы выводим уравнения моментов сил.

«Составляющая силы резания  $P_Z$  создает момент равный:

$$M_{P_Z} = P_Z \cdot \frac{d_1}{2}, \quad (21)$$

где  $d_1$  – обрабатываемый диаметр, мм» [5].

«Уравновешивающий его момент силы закрепления равен:

$$M_{3P_Z} = \frac{W \cdot f \cdot d_2}{2}, \quad (22)$$

где  $W$  – сила зажима, Н;

$f$  – коэффициент трения поверхностей заготовки и сменного кулачка;

$d_2$  – диаметр закрепления, мм» [5].

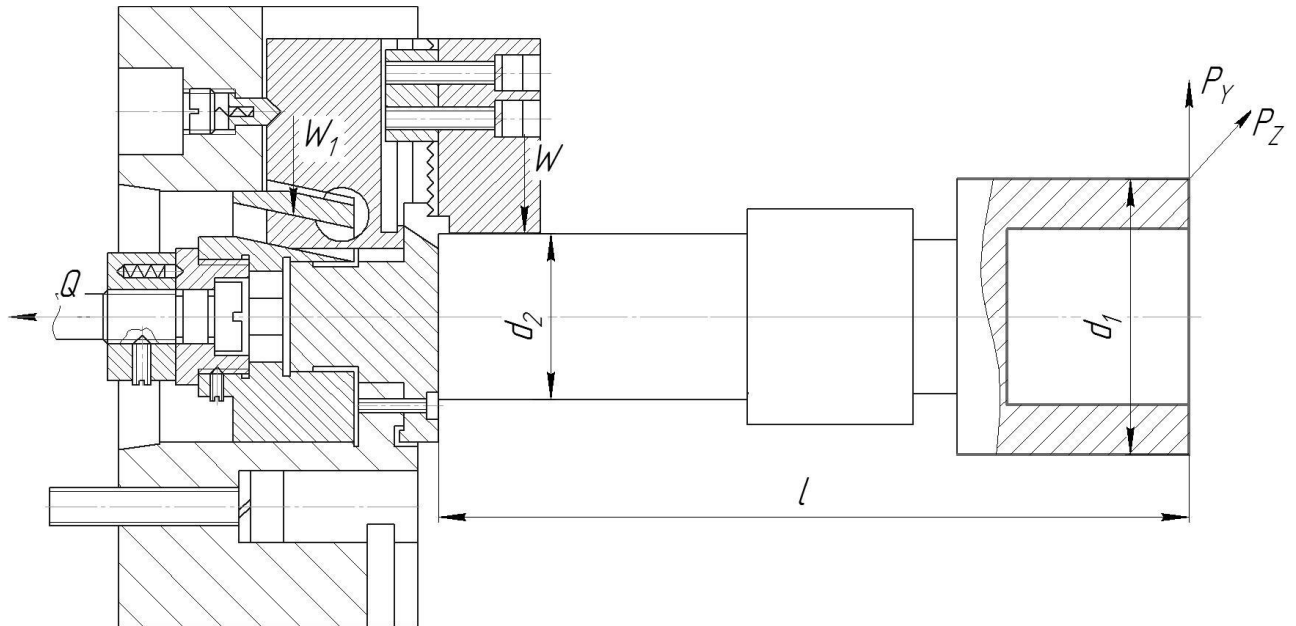


Рисунок 3 – Схема сил, действующих на заготовку во время обработки

«Выводим уравнение для определения силы закрепления:

$$W = \frac{P_Z \cdot d_1}{2 \cdot f \cdot d_2} \cdot K, \quad (23)$$

где  $K$  – коэффициент запаса, учитывающий условия обработки» [5].

$$W = \frac{502 \cdot 50}{2 \cdot 0,3 \cdot 30} \cdot 1,8 = 2510 \text{ Н.}$$

«Составляющая силы резания  $P_Y$  создает момент равный:

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

где  $l$  – плечо приложения силы, мм» [5].

«Уравновешивающий его момент силы закрепления равен:

$$M_{3PY} = \frac{2 \cdot W \cdot f \cdot d_2}{3}. \quad (25) \gg [5]$$

«Выводим уравнение для определения силы закрепления:

$$W = \frac{3 \cdot P_Y \cdot l}{2 \cdot f \cdot d_2} \cdot K. \quad (26) \gg [5]$$

$$W = \frac{3 \cdot 1323 \cdot 140}{2 \cdot 0,3 \cdot 22} \cdot 2,52 = 42095 \text{ Н.}$$

Из двух расчетных значений силы закрепления для дальнейших расчетов принимаем наибольшее значение.

«Усилие зажима на постоянных кулачках рассчитывается по формуле:

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

где  $l$  – вылет кулачка, мм;

$H$  – длина направляющей постоянного кулачка, мм;

$f_1$  – коэффициент трения в направляющих» [5].

$$W_1 = \frac{42095}{1 - \frac{3 \cdot 62}{80} \cdot 0,1} = 54847 \text{ Н.}$$

«В конструкции зажимного механизмы применен клин. Усилие, которое должен развивать привод в таком случае составит:

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

где  $i_c$  – передаточное отношение зажимного механизма» [5].

«Передаточное отношение клинового механизма рассчитывается по формуле:

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

где  $\alpha$  – угол клина, град;

$\varphi$  – угол трения наклонной поверхности клина, град;

$\varphi_1$  – угол трения плоской поверхности клина, град» [5].

Выполняем расчет.

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

$$Q = \frac{54847}{2,5} = 21939 \text{ Н.}$$

«Исходя из полученного значения усилия, развиваемого силовым приводом, определяется диаметр поршня силового привода:

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

где  $d$  – диаметр штока поршня, мм;

$P$  – давление масла в гидросистеме, МПа» [5].

$$D = \sqrt{\frac{1,27 \cdot 21939}{4,0} + 30^2} = 88,69 \text{ мм.}$$

В конструкции приспособления предполагается применить стандартный гидравлический привод, поэтому полученное значение диаметра поршня округляем до стандартного значения равного 90 мм.

В соответствии с принятым алгоритмом проектирования на заключительном этапе определяем точность установки заготовки в приспособлении. Данная задача решается на основе размерной схемы приспособления, приведенной на рисунке 4.

«Из схемы составляем уравнение расчета погрешности установки в приспособлении:

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

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;  
 $\Delta_4$  – погрешность изготовления размера  $A_4$ , мм;  
 $\Delta_5$  – колебание зазора в сопряжении  $A_5$ , мм» [11].

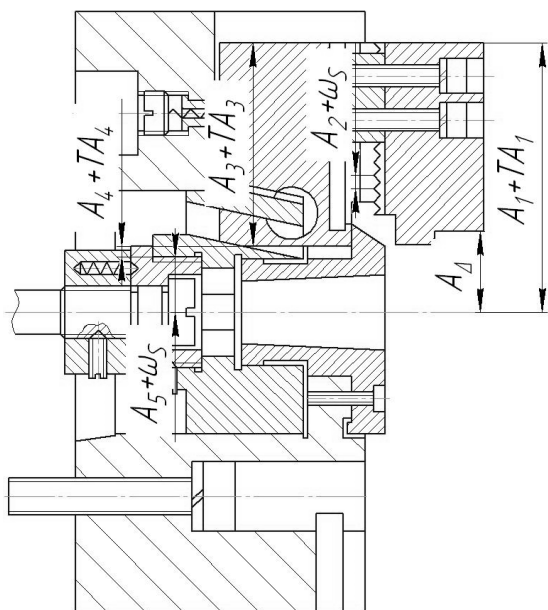


Рисунок 4 – Размерная схема приспособления

Выполняем расчет.

$$\varepsilon_y = \frac{1}{2} \sqrt{0,025^2 + 0,015^2 + 0,018^2 + 0,015^2 + 0,015^2} = 0,020 \text{ мм.}$$

Данная точность считается удовлетворительной если она составляет менее 30% от требуемой точности обработки на данной операции, что составляет в данном случае 0,03 мм. Следовательно, точность установки в спроектированном патроне является удовлетворительной.

Разработанная конструкция токарного патрона приведена на листе графической части работы и в приложении Б. В результате проектирования приспособления удалось решить проблему механизации процесса закрепления заготовки.



### 3.2 Проектирование токарного резца

В спроектированном технологическом процессе предполагается большой объем токарной обработки. Анализ данных операций показал, что при использовании стандартных резцов наблюдается неудовлетворительное дробление и завивание стружки, что приводит к увеличению вспомогательного времени операций и снижению качества обработки. Устранение данного недостатка возможно путем изменения конструкции режущего инструмента и добавления в нее специальных элементов улучшающих дробление и завивание стружки. Проектирование такого токарного резца проведем с использованием методики [24].

Материал режущей части пластины и форму режущей пластины оставляем неизменной. Принимаем трехгранную пластину из твердого сплава Т5К10. «Способ крепления пластины к державке принимаем механический посредством поджима пластины к штифту, минимально допустимый диаметр которого определяется по формуле:

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot Q_1}{\pi \cdot \sigma_d}}, \quad (32)$$

где  $Q_1$  – сила, действующая на штифт при работе инструмента, Н;  
 $\sigma_d$  – допустимое материалом штифта напряжение, МПа» [24].

$$\ll Q_1 = \frac{P_{Zmax}}{0,7}, \quad (33)$$

где  $P_{Zmax}$  – максимальное значение главной составляющей силы резания, Н» [24].

Выполняем расчеты.

$$Q_1 = \frac{1250}{0,7} = 1786 \text{ Н.}$$

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot 1786}{\pi \cdot 650}} = 1,9 \text{ мм.}$$

«Основные конструктивных параметров резца определяются по величине сечения срезаемого слоя:

$$F = t \cdot S, \quad (34)$$

где  $t$  – глубина резания, мм;

$S$  – подача, мм/об» [24].

$$F = 1,1 \cdot 0,4 = 0,44 \text{ мм}^2.$$

По определенному значению сечения срезаемого слоя, с учетом особенностей технологического оборудования определяем следующие параметры резца: длина, высота, элементы крепления в револьверной головке, размеры режущей пластины, система крепления режущей пластины, геометрия режущей части.

С целью устранения дробления и завивания стружки предлагается выполнить на режущей пластине уступ, создающий дополнительную деформацию стружки при сходе по передней поверхности, в соответствии с рекомендациями [2].

Конструкция спроектированного резца приведена на рабочем чертеже резца и в спецификации приложения Б.

В данном разделе рассмотрены технические решения, направленные на проектирование специальных средств технологического оснащения. Решены задачи проектирования токарного патрона и проектирования токарного резца усовершенствованной конструкции, что позволило сократить время на выполнение токарных операций и увеличить показатели качества обработки на данных операциях.

## 4 Безопасность и экологичность технического объекта

### 4.1 Конструктивно-технологическая характеристика технического объекта

В работе рассмотрен технологический процесс изготовления шестерни реверсивно-распределительного механизма крано-манипуляторного устройства. В процессе изготовления детали выполняются следующие операции: токарная, шлифовальная, сверлильная, зубодолбежная и другие. Полный перечень операций приведен в таблице 3. В технологическом процессе участвуют операторы станков. Полный перечень оборудования, приспособлений и инструментов представлен в таблице 4.

### 4.2 Идентификация профессиональных рисков

Согласно приказа Минтруда № 776н «методы оценки уровня профессиональных рисков определяются работодателем с учетом характера своей деятельности и сложности выполняемых операций» [8].

В таблице 6 проведена идентификация профессиональных рисков, действующих на операторов станков.

Таблица 6 – Идентификация профессиональных рисков

Перечень оборудования	Реестр опасностей/ рисков	Опасные и вредные производственные факторы
токарный HAAS SL-10, сверлильный HAAS OM-1, зубодолбежный 5121, внутришлифовальный 3K227, круглошлифовальный 3A151	«груз, инструмент или предмет, перемещаемый или поднимаемый, в том числе на высоту» [8]	«действие силы тяжести в тех случаях, когда оно может вызвать падение твердых, сыпучих, жидких объектов на работающего» [8]
	«транспортное средство, в том числе погрузчик» [8]	«движущиеся твердые, жидкие или газообразные объекты, наносящие удар по телу работающего» [8]

Продолжение таблицы 6

Перечень оборудования	Реестр опасностей/ рисков	Опасные и вредные производственные факторы
	«подвижные части машин и механизмов» [8]	«движущиеся (в том числе разлетающиеся) твердые, жидкие или газообразные объекты, наносящие удар по телу работающего» [8]
	«воздействие на кожные покровы смазочных масел» [8]	«производственные факторы, обладающие свойствами химического воздействия на организм работающего человека» [8]
	материал, жидкость или газ, имеющие высокую температуру	«опасные и вредные производственные факторы, связанные с чрезмерно высокой или низкой температурой материальных объектов производственной среды, могущих вызвать ожоги (обморожения) тканей организма человека» [8]
	«повышенный уровень шума и другие неблагоприятные характеристики шума» [8]	«производственные факторы, связанные с акустическими колебаниями в производственной среде и характеризующиеся повышенным уровнем и другими неблагоприятными характеристиками шума» [8]
	«воздействие общей вибрации» [8]	«производственные факторы, связанные с механическими колебаниями твердых тел и их поверхностей, характеризующиеся повышенным уровнем общей вибрации» [8]
	«физические перегрузки» [8]	«монотонность труда, тяжесть трудового процесса» [8]
	«электрический ток» [8]	«производственные факторы, связанные с электрическим током, под действие которого попадает работающий» [8]

Таким образом, можно сделать вывод, что операторы станков подвергаются воздействию опасных и вредных производственных факторов физического, химического и психофизиологического воздействия, что приводит к возникновению соответствующих профессиональных рисков.

### 4.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков

Разработаем методы и средства снижения профессиональных рисков на основе Приказа Минтруда России № 771н от 29 октября 2021 г. «Об утверждении Примерного перечня ежегодно реализуемых работодателем мероприятий по улучшению условий и охраны труда, ликвидации или снижению уровней профессиональных рисков либо недопущению повышения их уровней» (таблица 7).

Таблица 7 - Методы и средства снижения профессиональных рисков

Реестр опасностей/ рисков	Мероприятия по улучшению условий и охраны труда (Приказ Минтруда России № 771н)	Методы и средства снижения профессиональных рисков
груз, инструмент или предмет, перемещаемый или поднимаемый, в том числе на высоту	«издание (тиражирование) инструкций, правил (стандартов) по охране труда» [8]	использование современной высокопроизводительной техники; соблюдение эргономических характеристик рабочего места; обеспечение безопасных условий труда
транспортное средство, в том числе погрузчик	«устройство и содержание пешеходных дорог, тротуаров, переходов, тоннелей, галерей на территории организации в целях обеспечения безопасности работников» [8]	«соблюдение правил дорожного движения и правил перемещения транспортных средств по территории работодателя; соблюдение скоростного режима; применение исправных транспортных средств, подача звуковых сигналов при движении и своевременное применение систем торможения» [8]
подвижные части машин и	устройство ограждений	использование

Продолжение таблицы 7

Реестр опасностей/ рисков	Мероприятия по улучшению условий и охраны труда (Приказ Минтруда России № 771н)	Методы и средства снижения профессиональных рисков
механизмов	«элементов производственного оборудования, защищающих от воздействия движущихся частей, а также разлетающихся предметов, включая наличие фиксаторов, блокировок, герметизирующих и других элементов» [8]	«блокировочных устройств, применение средств индивидуальной защиты, специальных рабочих костюмов, халатов, исключающих попадание свисающих частей одежды на быстродвижущиеся элементы производственного оборудования; допуск к работе работника, прошедшего обучение в области охраны труда» [8]
воздействие на кожные покровы смазочных масел	«обеспечение работников, занятых на работах с вредными или опасными условиями труда, а также на работах, производимых в особых температурных и климатических условиях или связанных с загрязнением, специальной одеждой, специальной обувью и другими средствами индивидуальной защиты, дерматологическими средствами индивидуальной защиты» [8]	«устройство систем удаления вредных веществ, выделяющихся в технологическом процессе, на станки и инструменты; организация первичного и периодического обучения и инструктажей работников безопасным методам и приемам выполнения работ; использование средств индивидуальной защиты, герметизация технологического оборудования» [8]
материал, жидкость или газ, имеющие высокую температуру	«обеспечение работников, занятых на работах с вредными или опасными условиями труда, на работах, производимых в особых температурных условиях или связанных с загрязнением, специальной одеждой, специальной обувью и другими средствами индивидуальной защиты, дерматологическими средствами индивидуальной защиты» [8]	«применение закрытых систем для горячих сред, установка изоляции, разделяющих защитных устройств, уменьшение площади контакта, правильное применение средств индивидуальной защиты» [8]

Продолжение таблицы 7

Реестр опасностей/ рисков	Мероприятия по улучшению условий и охраны труда (Приказа Минтруда России № 771н)	Методы и средства снижения профессиональных рисков
повышенный уровень шума и другие неблагоприятные характеристики шума	«обеспечение работников, занятых на работах с вредными или опасными условиями труда, а также на работах, производимых в особых температурных и климатических условиях или связанных с загрязнением, специальной одеждой, специальной обувью и другими средствами индивидуальной защиты, дерматологическими средствами индивидуальной защиты» [8]	«применение звукоизолирующих ограждений-кожухов, кабин управления технологическим процессом, устройство звукопоглощающих облицовок и объемных поглотителей шума, использование средств индивидуальной защиты» [8]
воздействие общей вибрации (колебания всего тела, передающиеся с рабочего места).	«обеспечение работников, занятых на работах с вредными или опасными условиями труда, а также на работах, производимых в особых температурных и климатических условиях или связанных с загрязнением, специальной одеждой, специальной обувью и другими средствами индивидуальной защиты, дерматологическими средствами индивидуальной защиты» [8]	«своевременный ремонт машин и оборудования (с балансировкой движущихся частей), проверкой крепления агрегатов к полу, фундаменту, с последующим лабораторным контролем вибрационных характеристик; установка стационарного оборудования на отдельные фундаменты и поддерживающие конструкции зданий и сооружений, применение вибропоглощения и виброизоляции» [8]
физические перегрузки	«проведение специальной оценки условий труда, выявления и оценки опасностей, оценки уровней профессиональных рисков, реализация мер, разработанных по результатам их проведения» [8]	«проведение инструктажа на рабочем месте; соблюдение основных требований эргономики, соблюдение режимов труда и отдыха; организация рабочего места для наиболее безопасного и эффективного труда работника, исходя из физических и психических особенностей человека» [8]

## Продолжение таблицы 7

Реестр опасностей/ рисков	Мероприятия по улучшению условий и охраны труда (Приказа Минтруда России № 771н)	Методы и средства снижения профессиональных рисков
электрический ток	«внедрение и (или) модернизация технических устройств и приспособлений, обеспечивающих защиту работников от поражения электрическим током» [8]	«изоляция токоведущих частей электрооборудования, применение средств индивидуальной защиты, соблюдение требований охраны труда, применение ограждений, сигнальных цветов, табличек, указателей и знаков безопасности» [8]

Приведенные в таблице 7 мероприятия выполнены на основе действующих нормативных документов и позволяют эффективно снизить профессиональные риски, воздействующие на работников, выполняющих технологический процесс изготовления шестерни реверсивно-распределительного механизма крано-манипуляторного устройства.

### 4.4 Обеспечение пожарной безопасности технического объекта

Характеристика производственного корпуса по пожароопасности представлена в таблице 8.

Таблица 8 – Характеристика производственного корпуса

Характеристика	Показатель
категория по взрыво и пожаробезопасности	пожароопасное
степень огнестойкости зданий и сооружений	из негорючих
класс помещения в зависимости от окружающей среды	сухое
класс помещения по степени опасности поражения электрическим током	с повышенной опасностью

По виду горючего материала возможные пожары относятся к классу D пожары, связанные с воспламенением и горением металлов. Учтем это при



разработке мероприятий по обеспечению пожарной безопасности технологического процесса.

«К основным опасным факторам возможного пожара в данном случае относятся: пламя и искры, тепловой поток, повышенная температура окружающей среды, повышенная концентрация токсичных продуктов горения и термического разложения, пониженная концентрация кислорода, снижение видимости в дыму (в задымленных пространственных зонах). К сопутствующим проявлениям опасных факторов пожара относятся: образующиеся в процессе пожара осколочные фрагменты, крупногабаритные части разрушившихся строительных зданий, инженерных сооружений, транспортных средств, энергетического оборудования, технологических установок, производственного и инженерно-технического оборудования, произведенной и/или хранящейся продукции и материалов и иного имущества; вынос (замыкание) высокого электрического напряжения на токопроводящие части технологических установок, оборудования, агрегатов, изделий и иного имущества; негативные термохимические воздействия, используемых при пожаре огнетушащих веществ, на предметы и людей» [8].

В таблице 9 представлены средства обеспечения пожарной безопасности. Индивидуальные средства защиты для операторов станков не предусмотрено действующими нормативными документами.

Таблица 9 – Технические средства обеспечения пожарной безопасности

Первичные средства пожаротушения	Мобильные средства пожаротушения	Средства пожарной автоматики	Пожарное оборудование	Пожарные сигнализация, связь и оповещение
огнетушители: – ОП-10, ОВП-10, ОВП-100, ОП-100.	мотопомпа пожарная Shibaura	пожарный извещатель ИП-212-141	пожарный щит класса ЩП-А	оповещатель охранно-пожарный звуковой Маяк-220, программно-аппаратный комплекс «Стрелец-мониторинг»

В целях предотвращения чрезвычайных ситуаций, связанных с пожарами, осуществляются следующие мероприятия: разрабатываются инструкции по действиям персонала в случае аварийной и чрезвычайной ситуации; проводится инструктаж по пожарной безопасности. Каждый работник, зафиксировавший негативную ситуацию, которая может привести к возникновению пожаров, обязан уведомить об этом своего непосредственного руководителя работ.

В цехах и складских помещениях имеются огнетушители, иные средства пожаротушения. Помещения оборудованы системами противопожарной сигнализации и автоматического пожаротушения.

#### **4.5 Обеспечение экологической безопасности объекта**

Основными негативными факторами, оказывающими антропогенное воздействие при выполнении технологического процесса, в данном случае являются выбросы в сточные воды и выбросы в землю. Выбросы в атмосферу при выполнении данного технологического процесса проявляются в виде образования незначительного количества паров смазочно-охлаждающей жидкости и абразивной пыли, поэтому данными выбросами можно пренебречь.

Сточные воды, образующиеся вследствие выполнения технологического процесса, включают в свой состав масла, смазочно-охлаждающие жидкости, смазочные материалы, частицы абразива и мелкой стружки. В качестве отходов, попадание которых возможно в землю, образуются металлический лом, стружка, мусор промышленный, отработанные масла и смазочно-охлаждающие жидкости.

ГОСТ Р 53692–2009 определяет основные этапы процедуры по сбору, обезвреживанию, транспортировке, размещению, утилизации опасных промышленных отходов [8]. В случае аварийной ситуации для работников и населения, находящегося в пределах воздействия вредных химических

веществ необходимо применение средств индивидуальной защиты органов дыхания. В целом «возможные причины возникновения и развития аварийных ситуаций условно можно разделить на три группы: отказы оборудования, ошибочные действия работников, внешние воздействия природного и техногенного характера» [8].

В разделе проведен анализ профессиональных рисков, воздействующих на работников, выполняющих технологический процесс изготовления шестерни реверсивно-распределительного механизма краноманипуляторного устройства, представлены мероприятия по снижению рисков, выполненные на основе действующих нормативных документов. Проведен анализ пожарной безопасности техпроцесса, выбраны технические средства обеспечения пожарной безопасности. Проведен анализ экологической безопасности техпроцесса, выявлены негативными факторами, оказывающими антропогенное воздействие при выполнении технологического процесса, определены основные этапы процедуры по сбору, обезвреживанию, транспортировке, размещению, утилизации опасных промышленных отходов.

## 5 Экономическая эффективность работы

Данный раздел, являющийся завершающим разделом бакалаврской работы. Поэтому его основной целью является экономическое обоснование целесообразности предлагаемых изменений в технологический процесс изготовления детали.

Для подтверждения экономической целесообразности предложенных совершенствований, необходимо произвести расчеты ряда параметров согласно этапам алгоритму определения экономической эффективности технологических решений (рисунок 5).

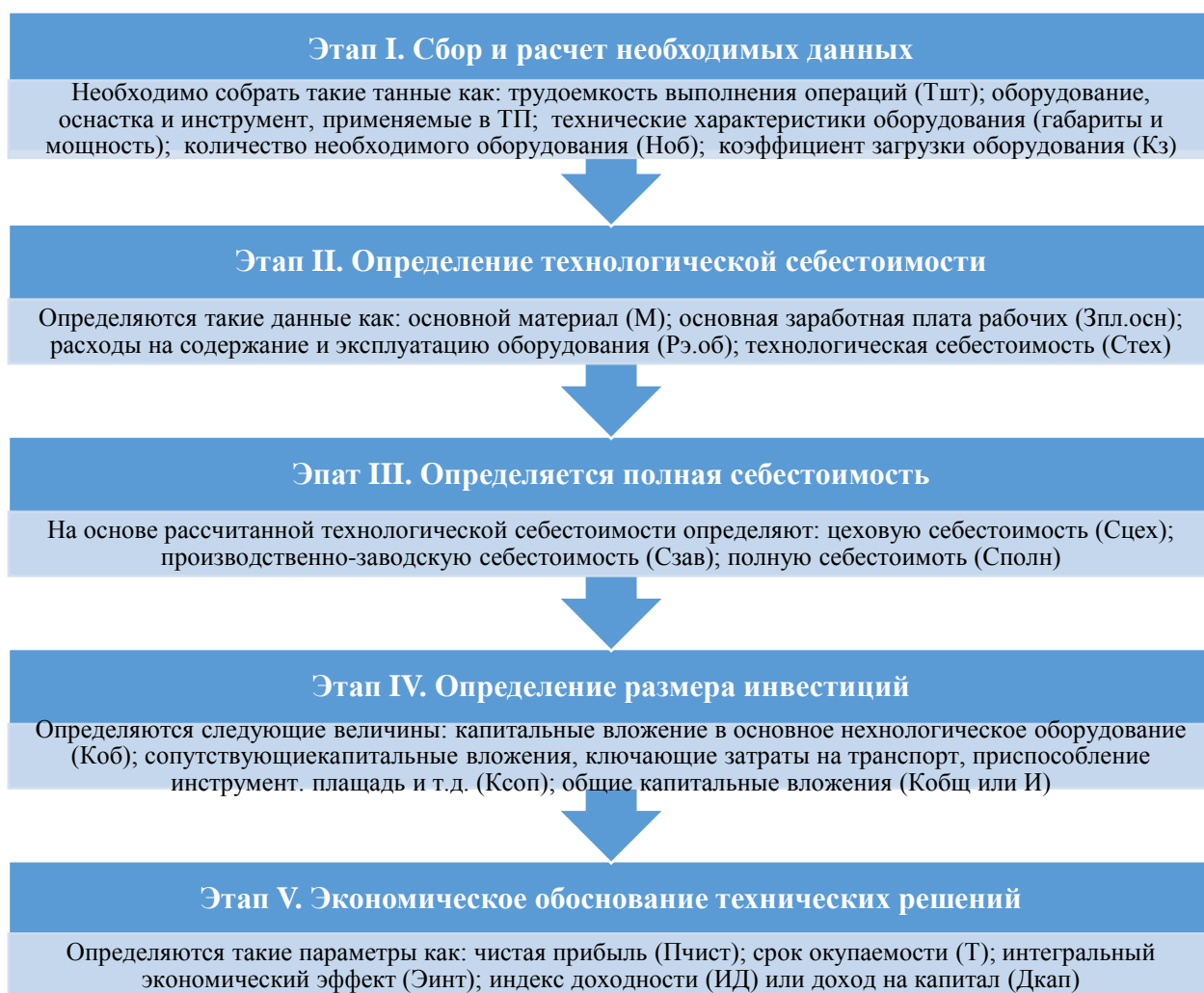


Рисунок 5 – Алгоритм определения экономической эффективности технологических решений

Как видно из рисунка 5, алгоритм предполагает выполнение пяти этапов, каждый из которых имеет обязательные расчеты ряда параметров. Подробная методика расчета этих параметров представлена в учебно-методическом пособии по выполнению экономического раздела выпускной квалификационной работы [19].

Далее согласно описанному алгоритму необходимо провести описание каждого этапа и выполнение соответствующих расчетов.

Этап I. Сбор и расчет необходимых данных. Этот этап предполагает, на основе технологического процесса и его изменений, сбор таких данных, как стоимость оборудования, оснастки и инструмента, а так же площадь и мощность данного оборудования. Кроме этого необходимо произвести расчеты по определению количества оборудования и его загрузки.

В качестве исходных данных представим краткое описание изменений технологического процесса изготовления детали в виде рисунка 6.

<p align="center"><b>Базовый вариант технологического процесса токарных операций 005 и 010</b></p>	<p align="center"><b>Проектный вариант технологического процесса токарных операций 005 и 010</b></p>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• <u>Оборудование</u> – токарно-винторез-ный станок с ЧПУ, модель 16K20Ф3.</li> <li>• <u>Оснастка</u> – патрон 3-хкулачковый.</li> <li>• <u>Инструмент</u> – резец контурный, T5K10</li> <li>• <u>Трудоемкость</u> – операция 005: Тшт = 0,34 мин, То = 0,25 мин; операция 010: Тшт = 0,57 мин, То = 0,48 мин</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <u>Оборудование</u> – токарный станок с ЧПУ, HAAS SL-10.</li> <li>• <u>Оснастка</u> – патрон 3-хкулачковый</li> <li>• <u>Инструмент</u> – резец контурный, со специальной стружколомающей канавкой с пластиной GS4205 «Sandvik».</li> <li>• <u>Трудоемкость</u> – операция 005: Тшт = 0,23 мин, То = 0,17 мин; операция 010: Тшт = 0,44 мин, То = 0,36 мин</li> </ul>

Рисунок 6 – Краткое описание изменений технологического процесса

Как видно из рисунка 6, изменениям подвергается модель оборудования и применяемый инструмент. Так как в процессе

предложенного технического решения материал и способ получения заготовки не измены, поэтому в дальнейшем, расчеты, применяемые для определения стоимости материалов, будут исключены. Это связано с тем, что в обоих вариантах расходы на материалы останутся одинаковыми и на конечный результат расчетов влияния не окажут.

Этап II. Определение технологической себестоимости. Данный этап позволяет произвести расчеты слагаемых технологической себестоимости: расходов на материал, заработную плату рабочих и операторов, социальных отчислений и расходов на содержание и эксплуатацию оборудованию.

Применение необходимой методики, в совокупности с программным обеспечением Microsoft Excel, позволяет получить числовые параметры всех необходимых значений для написания соответствующих выводов, как по данному этапу, так и по всем последующим.

Результаты выполнения этапа II представлены на рисунке 7.

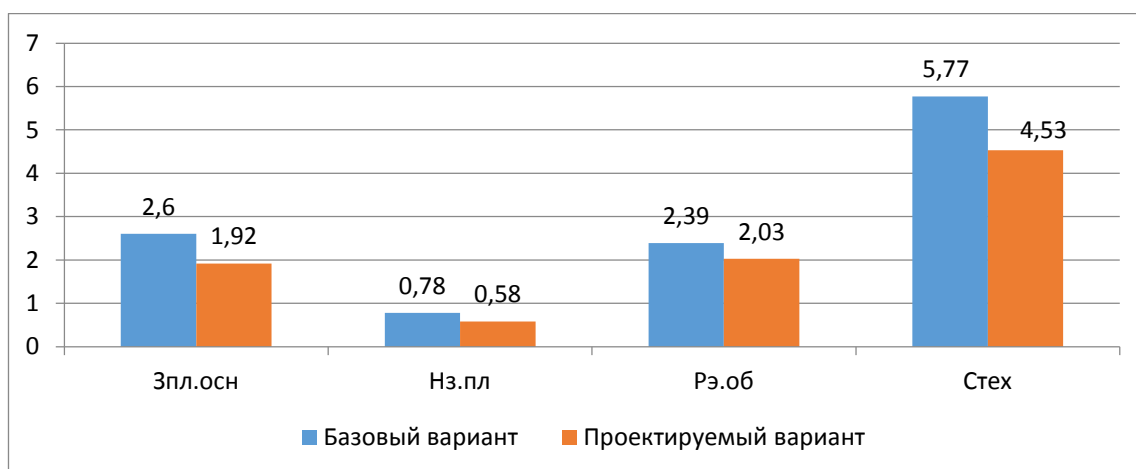


Рисунок 7 – Формирование технологической себестоимости токарных операций 005 и 010 по вариантам, руб.

Анализируя рисунок 7 можно сделать вывод о том, что в проектируемом варианте все расходы представленных параметров снижаются. Такие изменения позволяют в итоге достичь уменьшения технологической себестоимости на 21,6%.

Этап III. Определение полной себестоимости. В рамках данного этапа последовательно определяются такие виды себестоимости как: цеховая, производственная и полная.

Результаты выполнения этапа III представлены на рисунке 8. Анализируя методику расчета полной себестоимости, можно сказать, что основой для ее определения является величина технологической себестоимости. Поэтому, чтобы показать связь между перечисленными видами себестоимости, на этом рисунке представлены все их виды.

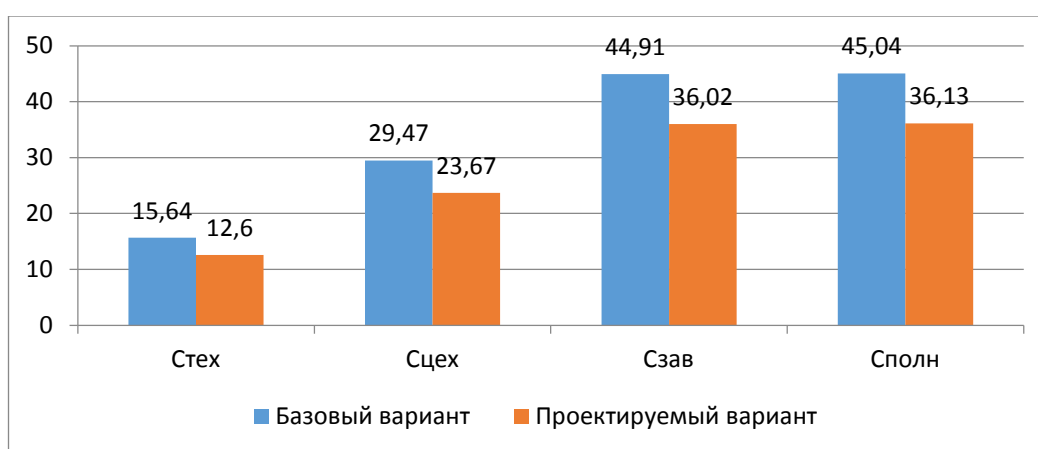


Рисунок 8 – Формирование полной себестоимости токарных операций 005 и 010 по вариантам, руб.

Как видно из рисунка 8, все значения в проектируемом варианте, также имеют тенденцию к снижению. Так полная себестоимость токарных операций 005 и 010 проектируемого процесса уменьшилась на 3,75 рубля, что составляет 24,5%.

Этап IV. Определение инвестиций. Этот этап позволяет определить необходимый объем инвестиций, который потребуется для осуществления предложенных совершенствований технологического процесса.

Результаты выполнения этапа IV представлены на рисунке 9.

Как видно из рисунка 9, инвестиции потребуются на: закупку оборудования ( $K_{OB}$ ); доставку и монтаж оборудования ( $K_M$ ); проектирование ( $Z_{ПР}$ ), инструмент ( $K_{И}$ ), производственную площадь ( $K_{Э.ПЛ}$ ); корректировку

управляющей программы ( $K_A$ ) и незавершенное производство ( $HЗП$ ). Учитывая размеры перечисленных параметров, общий объем инвестиций ( $I$ ) составит 44073,11 рублей.

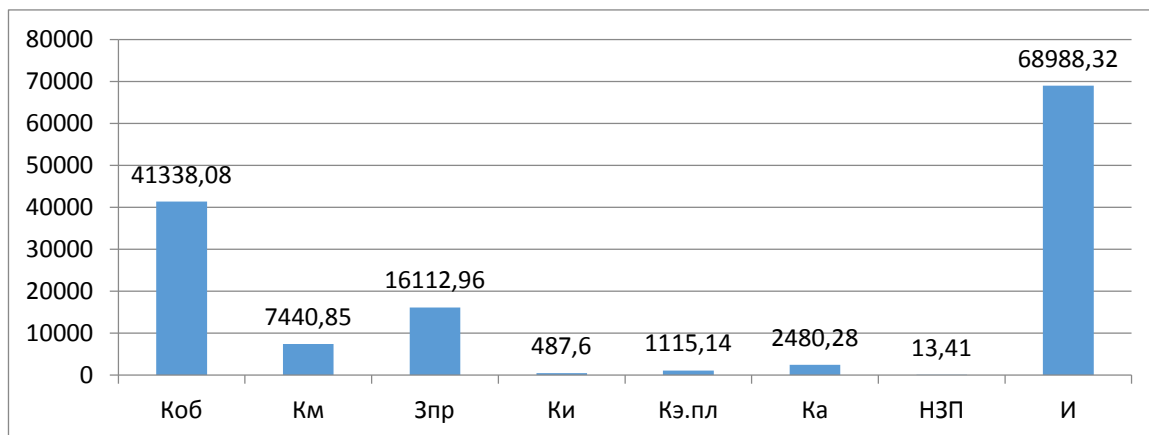


Рисунок 9 – Формирование размера инвестиций на выполнение измененных токарных операции 005 и 010, руб.

Этап V. Экономическое обоснование изменений технологического процесса. На данном этапе выполняются все необходимые расчеты, связанные с определением срока окупаемости инвестиций и прибыльности предлагаемых технических решений.

Из всех перечисленных параметров данного этапа, описанных в рисунке 5 (алгоритм определения экономической эффективности технологических решений), наибольший интерес для итоговых выводов представляют величина интегрального экономического эффекта.

Согласно проведенным расчетам, с учетом размера прибыли на заданную программу выпуска и размера инвестиций, интегральный экономический эффект составит 8942,26 рубля. Данная величина является положительной, что подтверждает целесообразность финансовых вложений в предложенное техническое решение.

Выполнение данного раздела позволило произвести оценку экономических показателей спроектированной технологии изготовления.



## Заключение

В ходе выполнения данной выпускной квалификационной работы, выполнено проектирование технологии изготовления шестерни реверсивно-распределительного механизма крано-манипуляторного устройства, которая обеспечивает выпуск годовой программы деталей, отвечающих всем техническим требованиям в заданных производственных условиях и обеспечит минимальные затраты на изготовление. Для этого были проведены следующие мероприятия.

На первом этапе выполнения работы проведено обоснование актуальности выбранной темы и сформулирована цель работы. Далее проведен анализ выполняемых деталей функций и условий ее эксплуатации, а также анализ технологических показателей. По результатам данного комплексного анализа сформулированы задачи, которые необходимо решить в ходе выполнения работы. Затем решены технологические задачи. В них вошли задачи выбора метода получения и проектирования заготовки, проектирования маршрута и плана изготовления детали, выбора средств технологического оснащения и проектирования технологических операций. По результатам решения данных задач спроектирована вся необходимая технологическая документация в виде соответствующем единой системы конструкторско-технологической документации. Проанализировав полученный технологический процесс, были предложены технические решения, направленные на проектирование специальных средств технологического оснащения. Решение задач проектирования токарного патрона и проектирования токарного резца усовершенствованной конструкции позволило добиться снижения времени выполнения токарных операций и увеличения показателей качества обработки на данных операциях. На производственном участке обеспечена пожарная, экологическая и производственная безопасность. Произведена оценка экономических показателей спроектированной технологии изготовления.

## Список используемых источников

1. Антимонов А.М. Основы технологии машиностроения : учебник / А.М. Антимонов. – 2-е изд., стер. – Москва : ФЛИНТА, 2020. – 176 с. [Электронный ресурс]. – URL: <https://e.lanbook.com/book/143717> (дата обращения: 26.03.2022).
2. Артамонов Е.В. Расчет и проектирование сменных режущих пластин и сборных инструментов : монография / Е.В. Артамонов, Т.Е. Помигалова, М.Х. Утешев. – Тюмень : ТюмГНГУ, 2011. – 152 с. [Электронный ресурс]. – URL: <https://e.lanbook.com/book/28284> (дата обращения: 25.04.2022).
3. Афонькин М.Г. Производство заготовок в машиностроении. / М.Г. Афонькин, В.Б. Звягин – 2-е изд., доп. и пер.ера. СПб: Политехника, 2007 – 380с.
4. Безъязычный В.Ф. Технология машиностроения : учебное пособие / В.Ф. Безъязычный, С.В. Сафонов. – Вологда : Инфра-Инженерия, 2020. – 336 с. [Электронный ресурс]. – URL: <https://e.lanbook.com/book/148334> (дата обращения: 26.03.2022).
5. Блюменштейн В.Ю. Проектирование технологической оснастки : учебное пособие для вузов / В.Ю. Блюменштейн, А.А. Клепцов. – 4-е изд., стер. – Санкт-Петербург : Лань, 2021. – 220 с. [Электронный ресурс]. – URL: <https://e.lanbook.com/book/166346> (дата обращения: 16.04.2022).
6. 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.
7. Воронов Д.Ю. Проектирование и производство заготовок изделий машиностроительного производства : учебно-методическое пособие / Д.Ю. Воронов, В.М. Боровков, И.В. Кузьмич. – Тольятти : ТГУ, 2018. –203 с. [Электронный ресурс]. –URL: <https://e.lanbook.com/book/140032> (дата обращения: 07.03.2022).

8. 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.

9. ГОСТ 7505-89. Поковки стальные штампованные. Допуски, припуски и кузнечные напуски. – Введ. 1990-01-07. – М. : Изд-во стандартов, 1990. – 83 с.

10.Гузеев В. И., Режимы резания для токарных и сверлильно-фрезерно-расточных станков с числовым программным управлением : справочник / В. И. Гузеев, В. А. Батуев, И. В. Сурков ; под ред. В. И. Гузеева. - 2-е изд. - Москва : Машиностроение, 2007. - 364 с.

11.Зубарев Ю.М. Расчет и проектирование приспособлений в машиностроении : учебник / Ю.М. Зубарев. – Санкт-Петербург : Лань, 2015. –320 с. [Электронный ресурс]. – URL: <https://e.lanbook.com/book/61360> (дата обращения: 22.04.2022).

12.Иванов А.С. Курсовое проектирование по технологии машиностроения: Учебное пособие / А.С. Иванов, П.А. Давыденко, Н.П. Шамов. – М.: ИЦ РИОР: НИЦ ИНФРА-М, 2014. – 276 с.

13.Иванов И.С. Технология машиностроения: учеб. пособие / И.С. Иванов. - 2-е изд., перераб. и доп. – Москва. : ИНФРА-М, 2016. – 240 с. [Электронный ресурс]. – URL: <http://znanium.com/catalog/product/504931> (дата обращения: 06.04.2022).

14.Каталог продукции «haascnc». [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.int.haascnc.com> (дата обращения: 12.04.2022).

15.Каталог продукции «Sandvik coromant». [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.sandvik.coromant.com> (дата обращения: 12.04.2022).

16.Клепиков В.В. Технологическая оснастка: станочные приспособления: учеб. пособие / В.В. Клепиков. – Москва. : ИНФРА-М, 2019. – 345 с. [Электронный ресурс]. – URL: <http://znanium.com/catalog/product/765631> (дата обращения: 19.04.2022).

17.Клименков С.С. Обработывающий инструмент в машиностроении:

учебник / С.С. Клименков. – Москва. : ИНФРА-М, 2013. – 459 с. [Электронный ресурс]. – URL: <http://znanium.com/catalog/product/435685> (дата обращения: 29.04.2022).

18.Клименков С.С. Проектирование заготовок в машиностроении. Практикум. [Электронный ресурс] – Электрон. дан. –Минск : Новое знание, 2013. – 269 с.

19.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: 04.05.2022).

20.Макаров В.Ф. Выбор абразивных инструментов и режимов резания для высокоэффективного шлифования заготовок : учебное пособие / В.Ф. Макаров. – Пермь : ПНИПУ, 2011. – 231 с. [Электронный ресурс]. – URL: <https://e.lanbook.com/book/160502> (дата обращения: 15.04.2022).

21.Маталин А.А. Технология машиностроения : учебник для во / А.А. Маталин. – 5-е изд., стер. – Санкт-Петербург : Лань, 2020. – 512 с. [Электронный ресурс]. – URL: <https://e.lanbook.com/book/143709> (дата обращения: 01.04.2022).

22.Назначение рациональных режимов резания при механической обработке: учебное пособие / В.М. Кишуров, М.В. Кишуров, П.П. Черников, Н. В. Юрасова. – 3-е изд., стер. – Санкт-Петербург : Лань, 2019. –216 с. [Электронный ресурс]. – URL: <https://e.lanbook.com/book/121986> (дата обращения: 15.04.2022).

23.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: 12.04.2022).

24.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. –ISBN 978-5-8114-1632-5. –Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная

система. – URL: <https://e.lanbook.com/book/64341> (дата обращения: 25.04.2022).

25. 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: 02.04.2022).

26. Расторгуев Д. А. Разработка плана изготовления деталей машин : учеб.-метод. пособие / Д. А. Расторгуев ; ТГУ ; Ин-т машиностроения ; каф. "Оборудование и технологии машиностроит. пр-ва". - ТГУ. - Тольятти : ТГУ, 2013. - 51 с.

27. 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.

28. 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.

29. 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.

30. Химический состав и физико-механические свойства стали 40ХГНМ [Электронный ресурс]. – URL: [https://metallichekiy-portal.ru/marki\\_metallov/stk/40XGHN](https://metallichekiy-portal.ru/marki_metallov/stk/40XGHN)? (дата обращения: 02.04.2022).



Продолжение Приложения А

Продолжение таблицы А.1

А	Цех	Уч	РМ	Опер	Код, наименование операции	Обозначение документа									
						Код, наименование оборудования	СМ	проф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Кшт
Т 19	<i>Резец расточной специальный Т5К10; 391213 Сверло <math>\phi 30</math> R840-3000-30-A0A GC1220 Sandvik; 393311</i>														
Т 20	<i>Штангенциркуль ШЦ-1 ГОСТ 166-89.</i>														
21															
А 22	<i>XX XX XX 015 4120 Сверлильная</i>														
Б 23	<i>381210 Сверлильный с ЧПУ HAAS OM-13 17335 422 1P 1 1 1 800 1 11</i>														
О 24	<i>Сверлить поверхность 5 в размер <math>\phi 12^{+0,05}</math> 16<sup>+0,05</sup></i>														
Т 25	<i>396190 Патрон 3-х кулачковый специальный 391213 Сверло <math>\phi 12</math> R640-3000-30-A0A GC1220 Sandvik;</i>														
Т 26	<i>391701 Развертка N15.12-500-40-4P GC1220 Sandvik; 393400 Калибр.</i>														
27															
А 28	<i>XX XX XX 020 4110 Токарная</i>														
Б 29	<i>381101 Токарный HAAS SL-10 3 18217 312 1P 1 1 1 800 1 0,24</i>														
О 30	<i>Точить последовательно поверхности 6, 11, 13, 14, 15 в размер <math>\phi 30,3_{0,+}</math>, <math>\phi 27,5_{0,094}</math>, <math>137,9^{+0,16}</math>, <math>72,5^{+0,12}</math></i>														
О 31	<i><math>43,5^{+0,1}</math>, <math>1^{+0,1}</math> x45°.</i>														
Т 32	<i>396190 Оправка цанговая; 392101 Резец контурный специальный Т5К10; 393311 Штангенциркуль</i>														
Т 33	<i>ШЦ-1 ГОСТ 166-89.</i>														
34															
А 35	<i>XX XX XX 025 4110 Токарная</i>														
Б 36	<i>381101 Токарный HAAS SL-10 3 18217 312 1P 1 1 1 800 1 0,24</i>														
О 37	<i>Точить поверхности 1, 2, 3, 9, 19, 20 в размер <math>\phi 31,2^{+0,1}</math>, <math>\phi 32,5^{+0,1}</math>, <math>136,8^{+0,16}</math>, <math>94^{+0,3}</math>, <math>86^{+0,3}</math>, <math>1^{+0,1}</math> x45°.</i>														
Т 38	<i>396190 Патрон 3-х кулачковый специальный; 392101 Резец контурный специальный Т5К10; 392101</i>														
Т 39	<i>Резец расточной специальный Т5К10; 393311 Штангенциркуль ШЦ-1 ГОСТ 166-89.</i>														
40															
А 41	<i>XX XX XX 030 4152 Зудолбежная</i>														
МК															

Продолжение Приложения А

Продолжение таблицы А.1

А	Цех	Уч	РМ	Опер	Код, наименование операции	Обозначение документа										
						СМ	проф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Кшт	Тпоэ	Тшт
А 69					381571 Зубодолбежный 5121	3	12287	312	1Р	1	1	1	800	1		4,08
Б 70	<i>Долбить поверхности 17, 18 в размер 10-й степени точности.</i>															
О 71	<i>396190 Оправка цанговая; 392413 Долбяк чашечный <math>\phi 100</math> ГОСТ9323-79 Р18; 394590 Прибор</i>															
Т 72	<i>измерительный универсальный.</i>															
73																
А 74	<i>XX XX XX 035 4162 Зубофасочная</i>															
Б 75					381574 Зубофасочный ВС-320А 3 12287 312 1Р 1 1 1 800 1											0,91
О 76	<i>Обработать в размер <math>15^{\circ} \pm 30'</math></i>															
Т 77	<i>396190 Оправка цанговая; 391810 Фреза Р6МБ специальная; 393610 Шаблон.</i>															
78																
А 79	<i>XX XX XX 040 4157 Зубошеввинговальная</i>															
Б 80					381574 Зубошеввинговальный 5А702Г 3 12287 312 1Р 1 1 1 800 1											11
О 81	<i>Шевинговать пов. 18 в размер 8-й степени точности</i>															
Т 82	<i>396190 Оправка цанговая; 391810 Шейвер дисковый <math>\phi 180</math> ГОСТ8570-75 Р18; 393610 Шаблон.</i>															
83																
А 84	<i>XX XX XX 045 Термическая</i>															
85																
А 86	<i>XX XX XX 050 4132 Шлифовальная</i>															
Б 87					381312 Внутришлифовальный 3К227 3 18873 312 1Р 1 1 1 800 1											2,16
О 88	<i>Шлифовать поверхности 1, 20 в размер <math>\phi 316^{+0,039}</math> <math>136,4^{+0,16}</math></i>															
Т 89	<i>396190 Патрон цанговый; 39810 Круг шлифовальный; 393421 Микрометр МР-70 ГОСТ6507-90.</i>															
90																
А 91	<i>XX XX XX 055 4132 Шлифовальная</i>															
МК																



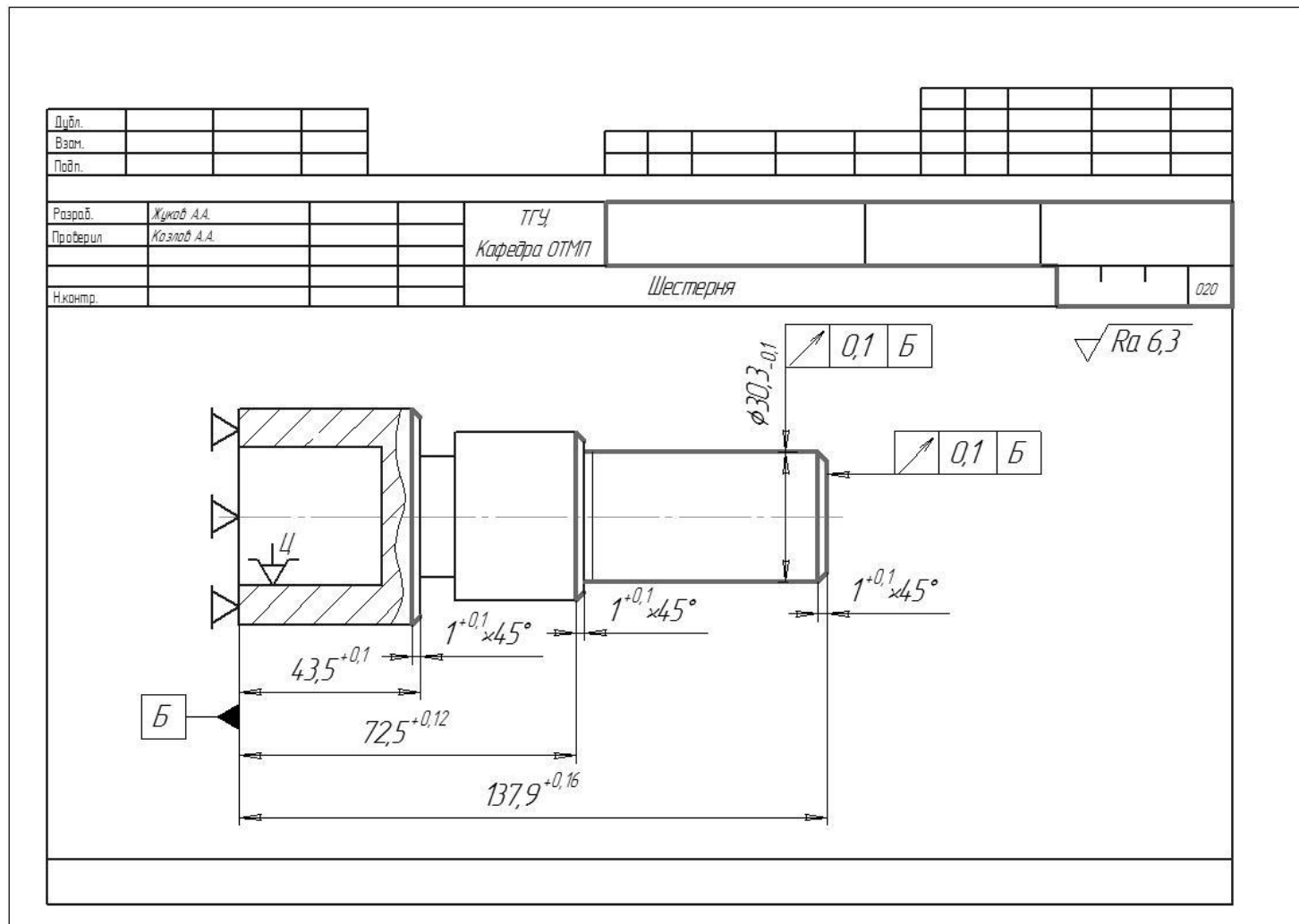
Продолжение Приложения А

Продолжение таблицы А.1

А	Цех	Уч	РМ	Опер	Код наименования операции	Обозначение документа								
						СМ	проф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Кшт
Б 94	381312	Внутришлифовальный	ЗК227	3	18873	312	1Р	1	1	1	800	1	132	
О 95	Шлифовать поверхность 15 в размер 136 <sup>+0,16</sup>													
Т 96	396190 Оправка цанговая; 39810 Круг шлифовальный; 393421 Микрометр МР-70 ГОСТ6507-90.													
97														
А 98	XX XX XX	060	4131	Шлифовальная										
Б 99	381311	Круглошлифовальный	ЗА151	3	18873	312	1Р	1	1	1	800	1	256	
О 100	Шлифовать поверхность 13 в размер $\phi 30,33^{+0,062}$													
Т 101	396190 Оправка цанговая; 39810 Круг шлифовальный; 393421 Микрометр МР-70 ГОСТ6507-90.													
102														
А 103	XX XX XX	065	4132	Шлифовальная										
Б 104	381312	Внутришлифовальный	ЗК227	3	18873	312	1Р	1	1	1	800	1	227	
О 105	Шлифовать поверхность 20 в размер $\phi 32^{+0,059}$													
Т 06	396190 Патрон цанговый; 39810 Круг шлифовальный; 393421 Микрометр МР-70 ГОСТ6507-90.													
107														
А 108	XX XX XX	070	4131	Шлифовальная										
Б 109	381311	Круглошлифовальный	ЗА151	3	18873	312	1Р	1	1	1	800	1	339	
О 110	Шлифовать поверхность 13 в размер $\phi 30,002^{+0,013}$													
Т 111	396190 Оправка цанговая; 39810 Круг шлифовальный; 393421 Микрометр МР-70 ГОСТ6507-90.													
112														
А 113	XX XX XX	075	Моечная.											
114														
А 115	XX XX XX	080	Контрольная.											
116														
МК														

# Продолжение Приложения А

## Продолжение таблицы А.1



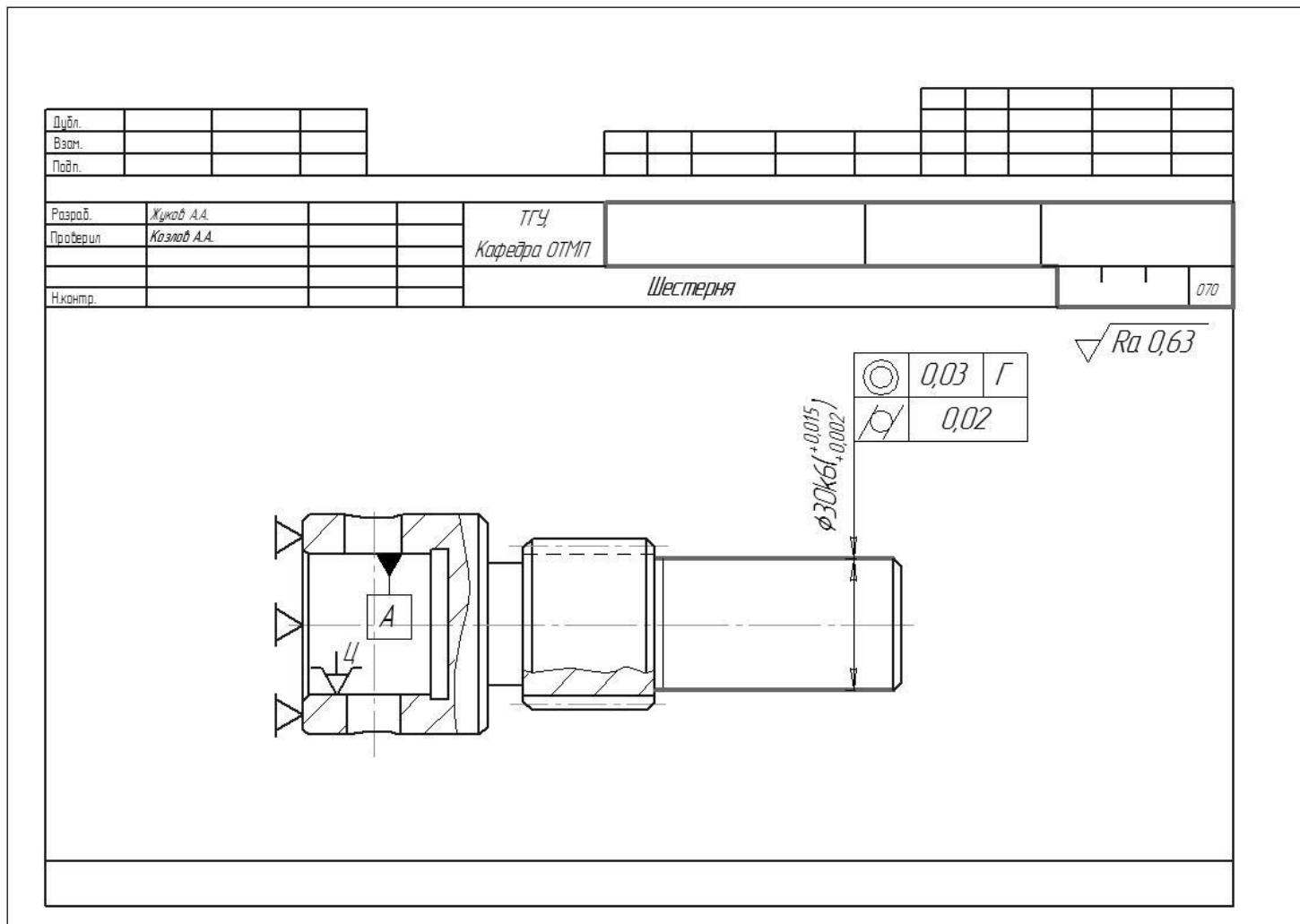
Продолжение Приложения А

Продолжение таблицы А.1

										ГОСТ 3.116-82			Форм 1	
Дубл.														
Взам.														
Подл.														
Разраб.	Жуков А.А.			ТГУ										
Проверил	Козлов А.А.			Кафедра ОТМП										
Н.контр.				Шестерня						Цех	Уч.	Р.М.	Опер.	020
Наименование операции		Материал			Твердость	EB	МД	Профиль и размеры			МЗ	КОИД		
Токарная		Сталь 40ХГНМ ГОСТ 4543-71				166	105	φ518,7х208,94			14,7	1		
Оборудование, устройство ЧПУ		Обозначение программы			Тв	Ть	Тгв	Тшт	Сож					
НААС SL-10					0,18			0,24	Ужинат-1					
				пи		о или в	л	т	и	с	п	у		
01	1. Установить заготовку													
Т.02	396190 Оправка цанговая; 392101 Резец контурный специальный Т5К10; 393311 Штангенциркуль													
Т.03	ШЦ-1 ГОСТ 166-89.													
04	2. Точить поверхности выдерживая размеры согласно эскиза.													
Р.05				1			15		0,15	2400	226			
06	3. Открепить, снять деталь с приспособления, положить на тележку.													
07														
08														
09														
10														

Продолжение Приложения А

Продолжение таблицы А.1



Продолжение Приложения А

Продолжение таблицы А.1

										ГОСТ 3.116-82		Форм 1		
Дубл.														
Взам.														
Подл.														
Разраб.	Жуков А.А.			ТГУ										
Проверил	Козлов А.А.			Кафедра ОТМП										
Н.контр.				Шестерня							Цех	Уч.	Р.М.	Опер.
Наименование операции		Материал			Твердость	EB	МД	Профиль и размеры			МЗ	КОИД		
Шлифовальная		Сталь 40ХГНМ ГОСТ 4543-71				166	105	φ518,7х208,94			14,7	1		
Оборудование, устройство ЧПУ		Обозначение программы			Тв	Ть	Тгв	Тшт	Сож					
3А151					2,62			3,39	Укринал-1					
				пи	о или в	l	f	i	s	п	v			
01	1. Установить заготовку													
Т.оп	396190 Оправка цанговая; 39810 Круг шлифовальный; 393421 Микрометр МР-70 ГОСТ6507-90													
02	2. Точить поверхности выдерживая размеры согласно эскиза.													
Р.оп	1 0,011 320 30													
03	3. Открепить, снять деталь с приспособления, положить на тележку.													
04														
05														
06														
07														
08														
09														
10														

## Приложение Б

### Спецификации к сборочным чертежам

Таблица Б.1 – Спецификации к сборочным чертежам

		Формат		Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
		Зона	Лист				
Перед. примен.					<u>Документация</u>		
		A1		22.БР.ОТМП.284.65.00.000СБ	Сборочный чертеж		
					<u>Детали</u>		
Склад №		A3	1	22.БР.ОТМП.284.65.00.001	Корпус	1	
		A4	2	22.БР.ОТМП.284.65.00.002	Стопор	1	
		A4	3	22.БР.ОТМП.284.65.00.003	Клин	1	
		A4	4	22.БР.ОТМП.284.65.00.004	Постоянный кулачек	3	
		A4	5	22.БР.ОТМП.284.65.00.005	Сухарь	3	
		A4	6	22.БР.ОТМП.284.65.00.006	Сменный кулачек	3	
		A4	7	22.БР.ОТМП.284.65.00.007	Втулка	1	
		A4	8	22.БР.ОТМП.284.65.00.008	Заглушка	1	
		A4	9	22.БР.ОТМП.284.65.00.009	Тяга	1	
		A4	10	22.БР.ОТМП.284.65.00.010	Гайка	1	
Лист и дата		A4	11	22.БР.ОТМП.284.65.00.011	Плунжер	1	
		A4	12	22.БР.ОТМП.284.65.00.012	Втулка	3	
		A4	13	22.БР.ОТМП.284.65.00.013	Шток	3	
		A3	14	22.БР.ОТМП.284.65.00.014	Корпус неподвижный	1	
Инд. № детал.		A4	15	22.БР.ОТМП.284.65.00.015	Муфта	1	
		A3	16	22.БР.ОТМП.284.65.00.016	Крышка	1	
		A3	17	22.БР.ОТМП.284.65.00.017	Корпус гидроцилиндра	1	
		A4	18	22.БР.ОТМП.284.65.00.018	Поршень	1	
Взам. инд. №		A4	19	22.БР.ОТМП.284.65.00.019	Шток	1	
		A4	20	22.БР.ОТМП.284.65.00.020	Переходная втулка	1	
Лист и дата							
Инд. № лист.	<b>22.БР.ОТМП.284.65.00.000</b>						
	Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		
	Разработ.	Жуков А.А.				Лист	Листов
	Проб.	Козлов А.А.				1	2
	Н.контр.	Козлов А.А.				<b>ТГУ, ТМдп-1702а</b>	
	Утв.	Логонов Н.Ю.				Копировал _____ Формат А4	

Продолжение Приложения Б

Продолжение таблицы Б.1

Формат	Зона	Паз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание	Инд. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инд. № дубл.	Подп. и дата	Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	22.БР.ОТМП.284.65.00.000	
																	Лист	2
				Стандартные изделия														
		21		Пружина ГОСТ9379-85	3													
		22		Винт М8х35 ГОСТ11738-84	6													
		23		Шайба ГОСТ6402-70	6													
		24		Винт М5х25 ГОСТ11738-84	3													
		25		Пружина ГОСТ9379-85	1													
		26		Винт стопорный М5х15 ГОСТ1479-93	1													
		27		Винт стопорный М5х10 ГОСТ1479-93	1													
		28		Винт М14х70 ГОСТ11738-84	3													
		29		Пружина ГОСТ9379-85	3													
		30		Подшипник206 ГОСТ2893-82	2													
		31		Кольцо ГОСТ 1567-68	3													
		32		Кольцо ГОСТ 1567-68	1													
		33		Демпфер ГОСТ 8754-79	2													
		34		Кольцо ГОСТ 1567-68	2													
		35		Пружина М5 ГОСТ 12202-66	2													
		36		Винт стопорный М8х15 ГОСТ1479-93	1													
		37		Винт стопорный М8х15 ГОСТ1479-93	2													
		38		Винт М8х25 ГОСТ11738-84	6													
		39		Прокладка ГОСТ 14475-80	1													

Продолжение Приложения Б

Продолжение таблицы Б.1

Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание	
<i>Перв. примен.</i>							
				<i>Документация</i>			
A2			22.БР.ОТМП.284.70.00.000СБ	Сборочный чертеж			
<i>Детали</i>							
A3	1		22.БР.ОТМП.284.70.00.001	Державка резца	1		
A4	2		22.БР.ОТМП.284.70.00.002	Пластина режущая	1		
A4	3		22.БР.ОТМП.284.70.00.003	Пластина опорная	1		
A4	4		22.БР.ОТМП.284.70.00.004	Штифт цилиндрический	1		
A4	5		22.БР.ОТМП.284.70.00.005	Втулка	1		
A4	6		22.БР.ОТМП.284.70.00.006	Клин	1		
<i>Стандартные изделия</i>							
		7		Винт зажимной ГОСТ 17475-80	1		
<i>Подп. и дата</i>							
<i>Изм. № подл.</i>							
<i>Взам. инв. №</i>							
<i>Инв. № дубл.</i>							
<i>Подп. и дата</i>							
			22.БР.ОТМП.284.70.00.000				
			<b>Резец токарный</b>				
Изм. / Лист	№ док-м	Подп.		Дата	Лит.	Лист	Листов
Разраб.	Жуков А.А.						1
Проб.	Козлов А.А.						
И.контр.	Козлов А.А.				ТГУ, ТМдп-1702а		
Утв.	Логинов Н.Ю.						
				Копировал	Формат А4		