

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования  
«Тольяттинский государственный университет»

Институт машиностроения  
(наименование института полностью)

Кафедра «Оборудование и технологии машиностроительного производства»  
(наименование)

15.03.05 «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств»  
(код и наименование направления подготовки / специальности)

Технология машиностроения  
(направленность (профиль) / специализация)

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

на тему Технологический процесс изготовления шестерни коробки скоростей

Обучающийся	<u>А.И. Копоть</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. Сярдова</u> (ученая степень (при наличии), ученое звание (при наличии), Инициалы Фамилия)	<u>_____</u>
	<u>И.В. Резникова</u> (ученая степень (при наличии), ученое звание (при наличии), Инициалы Фамилия)	<u>_____</u>

Тольятти 2023

## Аннотация

В выпускной квалификационной работе рассмотрен технологический процесс изготовления шестерни коробки скоростей. «Цель работы – проектирование технологического процесса изготовления шестерни коробки скоростей» [7], обеспечивающего выпуск годовой программы выпуска деталей требуемого качества в условиях среднесерийного типа производства с минимальными экономическими затратами.

Пояснительная записка работы состоит из пяти разделов. В первом разделе проведен анализ условий работы, назначения и технологичности детали, анализ типа производства, в условиях которого предполагается изготавливать деталь, сформулированы задачи работы. «Во втором разделе произведен выбор метода получения заготовки, произведено проектирование заготовки, произведено проектирование плана изготовления детали, выбраны средства технологического оснащения технологического процесса, произведен расчет режимов резания и нормирование технологических операций» [7]. В третьем разделе, с целью повышения эффективности базовой технологии, произведено проектирование специальных средств технологического оснащения. Спроектированы мембранный патрон и резец, что позволило снизить затраты вспомогательного времени за счет механизации процесса закрепления на шлифовальной операции и решить технические проблемы токарных операций связанные с образованием в процессе резания сливной стружки. В четвертом разделе рассмотрены вопросы обеспечения безопасности и экологичности технического объекта. Это позволило выявить опасные производственные факторы, устранить и уменьшить их влияние на работников производства и окружающую среду. В пятом разделе определена экономическая эффективность технологического процесса.

Объем работы 64 страниц пояснительной записки и 7 чертежей формата А1.

## Содержание

Введение.....	4
1 Анализ исходных данных.....	5
1.1 Анализ назначения и условий эксплуатации детали.....	5
1.2 Анализ технологичности детали .....	6
1.3 Анализ характеристик типа производства.....	8
1.4 Формулировка задач работы.....	10
2 Разработка технологической части .....	11
2.1 Выбор и проектирование заготовки.....	11
2.2 Проектирование плана изготовления детали .....	19
2.3 Выбор средств технологического оснащения .....	22
2.4 Расчет режимов резания и нормирование .....	25
3.1 Проектирование мембранного патрона .....	28
3.2 Проектирование токарного резца .....	35
4 Безопасность и экологичность технического объекта .....	38
4.1 Конструктивно-технологическая характеристика технического объекта.....	38
4.2 Идентификация профессиональных рисков.....	39
4.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков.....	40
4.4 Обеспечение пожарной безопасности технического объекта .....	42
4.5 Обеспечение экологической безопасности объекта .....	44
5 Экономическая эффективность работы .....	45
Заключение .....	49
Список используемой литературы и используемых источников.....	50
Приложение А Технологическая документация.....	53
Приложение Б Спецификации к сборочным чертежам .....	62

## Введение

Металлообрабатывающие цеха машиностроительных производств представляют собой сложную организационную и техническую систему, построенную на базе разнообразных машин и механизмов. Основная часть данных машин и механизмов это металлорежущие станки различных типов и назначений. Конструкция металлорежущих станков может существенно отличаться в зависимости от вида выполняемых работ и требуемых технических характеристик. Как правило, в конструкцию большинства универсальных станков входит коробка скоростей, которая представляет собой механизм, позволяющий изменять скорость вращения шпинделя главного движения резания в определенных диапазонах.

Рассматриваемая в данной работе шестерня является частью коробки скоростей токарного станка. Шестерня является ответственной деталью, непосредственно влияющей на работоспособность и надежность коробки скоростей. В связи с этим технология изготовления детали должна обеспечить выполнение всех конструкторских требований, указанных на чертеже детали. Другим немаловажным требованием к технологии изготовления детали является обеспечение выпуска всей годовой производственной программы в соответствии с графиком производства. Данное требование при проектировании технологических процессов в современном производстве является ключевым, так как от его выполнения в конечном итоге зависит экономическая эффективность технологического процесса. С учетом выше изложенных соображений сформулируем цель выпускной квалификационной работы.

«Цель работы – проектирование технологического процесса изготовления шестерни коробки скоростей, обеспечивающего выпуск годовой программы выпуска деталей требуемого качества в условиях среднесерийного типа производства с минимальными экономическими затратами» [7].

## **1 Анализ исходных данных**

### **1.1 Анализ назначения и условий эксплуатации детали**

Функциональное назначение шестерни коробки скоростей заключается в восприятии крутящего момента от муфты привода посредством боковых поверхностей торцовых кулачков и передачи его на рабочую шестерню посредством эвольвентной поверхности зубчатого венца. Шестерня устанавливается на вал по шлицевой поверхности. Такое конструкторское решение позволяет обеспечить перемещение шестерни по шлицевому валу и тем самым размыкать кинематическую цепь.

Условия работы шестерни зависят от характеристик обрабатываемых материалов и условий обработки. В большинстве случаев на рабочие поверхности шестерни действуют знакопеременные циклические нагрузки. В некоторых случаях возможно возникновение ударных нагрузок, а также воздействие вибраций, что является следствием особенностей процесса резания. Также возможно воздействие вибраций от других машин и механизмов, находящихся или перемещающихся по производственному участку. С учетом того, что шестерня установлена в закрытом корпусе, воздействие внешних факторов практически отсутствует. Исключение составляет температурный режим работы, который может привести к повышенному износу трущихся поверхностей.

Принцип работы механизма также способствует повышенному износу поверхностей шестерни от воздействия сил трения в местах контакта с другими деталями коробки скоростей. Снижение данного воздействия обеспечивается применением смазочной системы.

Из сказанного можно сделать вывод, что условия работы шестерни сложные и способствуют быстрому износу поверхностей, находящихся в контакте с другими деталями коробки скоростей.

## 1.2 Анализ технологичности детали

Технологичность детали описывается группой критериев. «К ним относятся технологичность материал, конструкции детали, механической обработки. Проведем анализ детали на технологичность согласно данным критериям и рекомендациям» [7].

«Технологичность материала детали определяется его физико-механическими свойствами. Рассмотрим их подробнее. Сталь 20Х2Н4А ГОСТ 4543-71 имеет следующий химический состав: углерод от 0,16% до 0,22%, хром от 1,25% до 1,65%, никель от 3,25% до 3,65%, марганец от 0,3% до 0,6%, кремний от 0,17% до 0,37%, медь 0,3%, сера 0,025%, фосфор 0,025%, железо около 93%» [20]. «Механические характеристики: предел прочности на растяжение от 860 до 940 МПа, предел текучести на растяжение от 720 до 820 МПа, относительное удлинение 12%, относительное сужение 50%, твердость от 280 до 320 единиц по шкале Бринелля» [20]. Из представленных данных следует, что материал обладает оптимальными свойствами для выполнения детали ее служебного назначения. Сталь имеет пониженную обрабатываемость резанием, так как коэффициент обрабатываемости твердосплавным инструментом составляет 0,75, а быстрорежущим инструментом 0,5. Оптимальными для получения заготовки будут методы пластического деформирования.

Технологичность конструкции детали определяется формой, точностью поверхностей, количеством ответственных поверхностей, наличием стандартных конструктивных элементов, соответствием размеров нормальному ряду. Форма детали достаточно простая, характерная для деталей данного типа. В конструкции детали используются стандартные конструктивные элементы, такие как фаски и шлицы. Заметим, что в конструкции данной детали шлицы и эвольвентный зубчатый венец наиболее сложные элементы в исполнении. «Размеры детали соответствуют нормальному ряду чисел» [21]. Точность поверхностей детали относительно

невысокая. Для того чтобы выяснить количество ответственных поверхностей и их взаимное расположение выполним их классификацию по служебному назначению [21]. «На рисунке 1 приведен эскиз детали. В соответствии с ним: основная конструкторская база 1, 11; вспомогательная конструкторская база 14, 17; исполнительные поверхности 5, 13; свободные поверхности все оставшиеся» [21]. Количество ответственных поверхностей относительно небольшое.

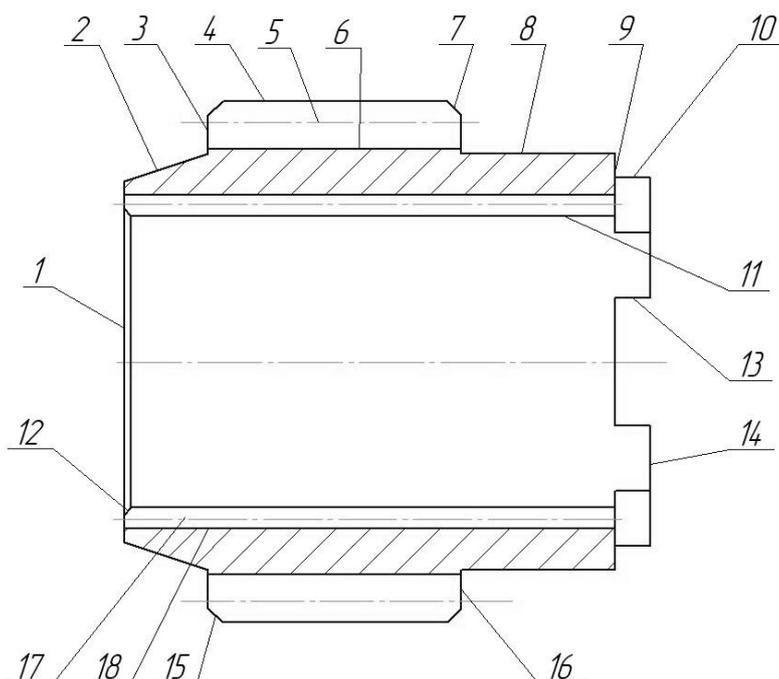


Рисунок 1 – Нумерация поверхностей

Такие характеристики конструкции детали позволяют применить при проектировании технологии изготовления в качестве базового варианта типовой технологический процесс, что существенно сократит время на проектирование.

Технологичность механической обработки определяется требуемой точностью обработки, характеристиками поверхностей, наличием базовых поверхностей. Точность поверхностей детали подразумевает механическую обработку всех поверхностей и может быть обеспечена типовыми методами

обработки. В ряде случаев необходимо применить средства технологического оснащения повышенной точности. Характеристики поверхностей также могут быть обеспечены типовыми методами обработки, включая термическую обработку. В качестве базовых поверхностей можно использовать имеющиеся на детали поверхности, что для данной детали не вызовет технических затруднений и не повысит значительно стоимость механической обработки.

Анализ детали на технологичность по основной группе критериев позволяет сделать вывод о высокой технологичности детали. Это позволит использовать при проектировании технологического процесса типовые и ранее применяемые решения.

### **1.3 Анализ характеристик типа производства**

Проведем анализ характеристик типа производства. Для этого сначала определим тип производства. На начальной стадии проектирования рекомендуется определять тип производства по методике [9]. «Согласно данной методике тип производства определяется по годовой программе выпуска и массе детали» [9].

Масса детали по чертежу составляет 1,4 кг. Согласно заданию на проектирование годовая программа выпуска вала составляет 4000 штук. Такие исходные параметры соответствуют среднесерийному типу производства.

Проанализируем характеристики данного типа производства:

- групповая последовательная форма организации техпроцесса, с возможным применением адаптивных форм организации;
- проектирование техпроцесса с использованием типовых техпроцессов;
- достижение точности обработки путем работы на заранее настроенном оборудовании;

- использование методов получения заготовок, приближающих их форму к готовой детали, с учетом свойств материала детали;
- определение припусков на обработку поверхностей с использованием статистического метода для неточных поверхностей и расчетного метода для точных поверхностей;
- использование типовых методов обработки для достижения заданной точности;
- применение последовательной и последовательно-параллельной структур при проектировании технологических операций;
- соблюдение основных принципов базирования;
- применение типовых схем базирования;
- определение режимов резания и нормирование операций на основе нормативных данных и эмпирических методов расчета;
- применение станков с полуавтоматическим циклом работы, станков оснащенных системами числового управления, допускается применение специализированного и универсального оборудования;
- применение переналаживаемой универсальной механизированной технологической оснастки, допускается применение сборно-разборной и специальной технологической оснастки;
- «применение универсального и стандартизированного режущего инструмента, допускается применение специального режущего инструмента;
- применение универсальных средств контроля с возможностью получения цифровых значений контролируемых параметров, допускается применение специальных средств контроля и средств контроля, дающих представление о годности контролируемого параметра» [9];
- оформление технологической документации в виде соответствующем стандартам.

## 1.4 Формулировка задач работы

На основе проведенного выше анализа условий работы, назначения и технологичности детали, а также анализа типа производства сформулируем задачи работы:

- «произвести выбор метода получения заготовки;
- произвести проектирование заготовки;
- произвести проектирование плана изготовления детали;
- выбрать средства технологического оснащения технологического процесса;
- произвести расчет режимов резания и нормирование технологических операций» [9];
- с целью повышения эффективности базовой технологии, произвести проектирование специальных средств технологического оснащения;
- выявить опасные производственные факторы, устранить и уменьшить их влияние на работников производства и окружающую среду;
- определить экономическую эффективность технологического процесса.

Результатом раздела является «анализ условий работы, назначения и технологичности детали, анализ типа производства, в условиях которого предполагается изготавливать деталь и формулировка задач работы» [9].

## 2 Разработка технологической части

### 2.1 Выбор и проектирование заготовки

Согласно анализу типа производства необходимо использовать методы получения заготовок, приближающие их форму к готовой детали, с учетом свойств материала детали. Анализ свойств материала показал, что оптимальными для получения заготовки данной детали будут методы пластического деформирования. Опыт проектирования заготовок [22] показывает, что «в данном случае оптимальными для получения заготовки являются метод штамповки на кривошипном горячештамповочном прессе и штамповка горизонтально-ковочной машине. Выбора одного из данных вариантов получения заготовки проводим сравнение их технологической себестоимости по методике» [10].

«Технологическая себестоимость рассчитывается по формуле:

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

где  $C_{ЗАГ}$  – стоимость получения одного кг заготовок, руб.;

$Q$  – масса заготовки, кг;

$C_{МЕХ}$  – стоимость механической обработкой, руб.;

$q$  – масса детали, кг;

$C_{ОТХ}$  – стоимость одного кг стружки, руб.» [10].

«Стоимость получения одного кг заготовок рассчитывается по формуле:

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

где  $i$  – индекс варианта получения штамповки;

$C_{ШТ}$  – базовая стоимость получения штамповок в зависимости от метода, руб.;

$h_T$  – коэффициент точности штамповки;  
 $h_C$  – коэффициент группы сложности штамповки;  
 $h_B$  – коэффициент массы штамповки;  
 $h_M$  – коэффициент марки материала штамповки;  
 $h_{II}$  – коэффициент программы выпуска» [10].

«Для удобства проведения расчетов здесь и далее примем, что индекс вариант получения заготовки соответствует 1 для штамповки на кривошипном горячештамповочном прессе, 2 для штамповки на горизонтально-ковочной машине» [10].

«Рассчитываем по формуле (2) стоимость получения одного кг заготовок» [10].

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

«Масса заготовки с достаточной для стадии проектирования точностью может быть определена по формуле:

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

где  $K_P$  – коэффициент, учитывающий особенности метода получения заготовки и ее формы» [10].

$$Q_1 = 7,99 \cdot 1,6 = 12,78 \text{ кг.}$$

$$Q_2 = 7,99 \cdot 1,4 = 11,19 \text{ кг.}$$

«Стоимость механической обработки рассчитывается по формуле:

$$C_{МЕХ\ i} = C_C + E_H \cdot C_K, \quad (4)$$

где  $C_C$  – приведенные затраты на снятие 1 кг стружки, руб.;

$C_K$  – приведенные капитальные вложения на 1 кг стружки, руб.;

$E_H$  – коэффициент эффективности капитальных вложений» [10].

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

«Подставляем в формулу (1) полученные данные» [10].

$$C_{T1} = 50,28 \cdot 7,99 + 4,6 \cdot (12,78 - 7,99) - 1,4 \cdot (12,78 - 7,99) = 416,07 \text{ р.}$$

$$C_{T2} = 50,28 \cdot 7,99 + 4,6 \cdot (11,19 - 7,99) - 1,4 \cdot (11,19 - 7,99) = 411,98 \text{ р.}$$

«Из расчетов следует, что штамповка на горизонтально-ковочной машине имеет более низкую технологическую себестоимость. Следовательно, принимаем данный метод получения заготовки для дальнейшего проектирования» [10].

«Далее необходимо определить припуски на обработку поверхностей. Для этого необходимо сначала определить маршруты их обработки» [6]. В ходе анализа детали на технологичность было выяснено, что размеры и характеристики поверхностей могут быть обеспечены применением типовых методов обработки. Определение маршрутов обработки произведем по методике [6]. Согласно ей необходимо знать форму поверхности, размер, требуемую точность обработки, качество обработки поверхности и ее твердость. В случае наличия нескольких вариантов маршрута обработки выбирается маршрут с минимальными суммарными удельными затратами. «Результат разработки маршрутов обработки поверхностей детали оформлен в виде таблицы 1» [6].

Таблица 1 – Маршруты обработки поверхностей

Номер поверхности	Форма поверхности	Шероховатость $Ra$ , мкм	Квалитет точности	Маршрут обработки
1	плоская	8	0,8	«т, тч, то, ш, шч» [6]
2	коническая	12	12,5	«т, то» [6]
3	плоская	12	12,5	«т, то» [6]
4	цилиндрическая	12	12,5	«т, то» [6]
5	эвольвента	8	1,6	«зф, шв, то, ш» [6]
6	цилиндрическая	12	12,5	«зф, то» [6]
7	плоская	12	12,5	«тч, то» [6]
8	цилиндрическая	12	12,5	«т, то» [6]
9	плоская	9	1,6	«ф, фч, то, ш, шч» [6]

Продолжение таблицы 1

Номер поверхности	Форма поверхности	Шероховатость $Ra$ , мкм	Квалитет точности	Маршрут обработки
10	плоская	9	1,6	«ф, фч, то, ш, шч» [6]
11	цилиндрическая	8	0,8	«т, пр, то, ш, шч» [6]
12	цилиндрическая	10	12,5	«т, то» [6]
13	плоская	9	1,6	«ф, фч, то, ш, шч» [6]
14	плоская	8	0,8	«т, тч, то, ш, шч» [5]
15	коническая	12	12,5	«тч, то» [6]
16	плоская	12	12,5	«т, то» [6]
17	плоская	9	1,6	«пр, то» [6]
18	плоская	12	12,5	«пр, то» [6]

«Сокращения, принятые в таблице 1: т – черновое точение; тч – чистовое точение; то – термическая обработка; ш – шлифование черновое; шч – шлифование чистовое; шв – шевингование; пр – протягивание; ф – фрезерование; фч – фрезерование чистовое; зф – зубофрезерование» [6].

Анализ характеристик типа производства показал, что определение припусков на обработку поверхностей производится с использованием статистического метода для неточных поверхностей и расчетного метода для точных поверхностей.

«Самой точной поверхностью детали является поверхность диаметром  $32H7(+0.025)$  мм. Расчет припуска для данной поверхности производим по методике» [13].

«Определение минимального припуска для каждого перехода производится по формуле:

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

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» [13].

«Величина дефектного слоя определяется по формуле:

$$a = Rz + h, \quad (6)$$

где  $Rz$  – среднеарифметическая величина микронеровностей профиля поверхностного слоя, мм;

$h$  – глубина дефектного слоя, образовавшегося от предыдущей обработки, мм» [13].

«Величина суммарных пространственных отклонений определяется по формуле:

$$\Delta = 0,25 \cdot Td, \quad (7)$$

где  $Td$  – поле допуска выполняемого размера, мм.

$$z_{1min} = a_0 + \sqrt{\Delta_0^2 + \varepsilon_1^2} = 0,400 + \sqrt{0,280^2 + 0,080^2} = 0,691 \text{ мм.}$$

$$z_{2min} = a_1 + \sqrt{\Delta_1^2 + \varepsilon_2^2} = 0,100 + \sqrt{0,060^2 + 0,020^2} = 0,163 \text{ мм.}$$

$$z_{3min} = a_{T0} + \sqrt{\Delta_{T0}^2 + \varepsilon_3^2} = 0,250 + \sqrt{0,016^2 + 0,060^2} = 0,421 \text{ мм.}$$

$$z_{4min} = a_3 + \sqrt{\Delta_3^2 + \varepsilon_4^2} = 0,150 + \sqrt{0,090^2 + 0,020^2} = 0,242 \text{ мм} \text{» [13].}$$

«Определение максимального припуска для каждого перехода производится по формуле:

$$z_{i \max} = z_{i \min} + 0,5 \cdot (TD_{i-1} + TD_i), \quad (8)$$

где  $TD_i$  – поле допуска выполняемого размера, мм;

$TD_{i-1}$  – поле допуска выполняемого размера на предыдущем переходе, мм.

$$z_{1 \max} = z_{1 \min} + 0,5 \cdot (TD_0 + TD_1) = 0,691 + 0,5 \cdot (0,620 + 0,250) = 1,146 \text{ мм.}$$

$$z_{2 \max} = z_{2 \min} + 0,5 \cdot (TD_1 + TD_2) = 0,163 + 0,5 \cdot (0,250 + 0,025) = 0,226 \text{ мм.}$$

$$z_{3 \max} = z_{3 \min} + 0,5 \cdot (TD_{\text{ТО}} + TD_3) = 0,421 + 0,5 \cdot (0,039 + 0,039) = 0,460 \text{ мм.}$$

$$z_{4 \max} = z_{4 \min} + 0,5 \cdot (TD_3 + TD_4) = 0,242 + 0,5 \cdot (0,039 + 0,025) = 0,274 \text{ мм} \gg [13].$$

«Определение среднего припуска для каждого перехода производится по формуле:

$$z_{\text{ср}i} = 0,5 \cdot (z_{i \max} + z_{i \min}). \quad (9)$$

$$z_{\text{ср}1} = 0,5 \cdot (z_{1 \max} + z_{1 \min}) = 0,5 \cdot (1,146 + 0,691) = 0,919 \text{ мм.}$$

$$z_{\text{ср}2} = 0,5 \cdot (z_{2 \max} + z_{2 \min}) = 0,5 \cdot (0,226 + 0,163) = 0,195 \text{ мм.}$$

$$z_{\text{ср}3} = 0,5 \cdot (z_{3 \max} + z_{3 \min}) = 0,5 \cdot (0,460 + 0,421) = 0,441 \text{ мм.}$$

$$z_{\text{ср}4} = 0,5 \cdot (z_{4 \max} + z_{4 \min}) = 0,5 \cdot (0,274 + 0,242) = 0,258 \text{ мм} \gg [13].$$

«Минимальный диаметр определяется по формуле:

$$D_{(i-1)\max} = D_{i \max} - 2 \cdot z_{i \min}. \quad (10) \gg [13]$$

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

$$D_{(\text{то}-1)\max} = D_{(i-1)\max} \cdot 0,999. \quad (11) \gg [13]$$

«Максимальный диаметр определяется по формуле:

$$D_{(i-1)\max} = D_{(i-1)\max} + TD_{i-1}. \quad (12) \gg [13]$$

«Средний диаметр определяется по формуле:

$$D_{i \text{ ср}} = 0,5 \cdot (D_{i \text{ max}} + D_{i \text{ min}}). \quad (13) \gg [13]$$

«Выполняем расчеты.

$$D_{4 \text{ max}} = 42,025 \text{ мм.}$$

$$D_{4 \text{ min}} = 42,000 \text{ мм.}$$

$$D_{4 \text{ ср}} = 0,5 \cdot (D_{4 \text{ max}} + D_{4 \text{ min}}) = 0,5 \cdot (42,025 + 42,000) = 42,012 \text{ мм.}$$

$$D_{3 \text{ max}} = D_{4 \text{ max}} - 2 \cdot z_{4 \text{ min}} = 42,025 - 2 \cdot 0,242 = 41,580 \text{ мм.}$$

$$D_{3 \text{ min}} = D_{3 \text{ max}} - TD_3 = 41,580 - 0,039 = 41,541 \text{ мм.}$$

$$D_{3 \text{ ср}} = 0,5 \cdot (D_{3 \text{ max}} + D_{3 \text{ min}}) = 0,5 \cdot (41,580 + 41,541) = 41,561 \text{ мм.}$$

$$D_{\text{то max}} = D_{3 \text{ max}} - 2 \cdot z_{3 \text{ min}} = 40,738 - 2 \cdot 0,421 = 40,738 \text{ мм.}$$

$$D_{\text{то min}} = D_{\text{то max}} - TD_3 = 40,738 - 0,039 = 40,699 \text{ мм.}$$

$$D_{\text{то ср}} = 0,5 \cdot (D_{\text{то max}} + D_{\text{то min}}) = 0,5(40,738 + 40,699) = 40,719 \text{ мм.}$$

$$D_{2 \text{ max}} = D_{\text{то max}} \cdot 0,999 = 40,738 \cdot 0,999 = 40,701 \text{ мм.}$$

$$D_{2 \text{ min}} = D_{2 \text{ max}} - TD_2 = 40,701 - 0,250 = 40,451 \text{ мм.}$$

$$D_{2 \text{ ср}} = 0,5 \cdot (D_{2 \text{ max}} + D_{2 \text{ min}}) = 0,5 \cdot (40,701 + 40,451) = 40,576 \text{ мм.}$$

$$D_{1 \text{ max}} = D_{2 \text{ max}} - 2 \cdot z_{2 \text{ min}} = 40,701 - 2 \cdot 0,125 = 40,449 \text{ мм.}$$

$$D_{1 \text{ min}} = D_{1 \text{ max}} - TD_1 = 40,449 - 0,100 = 40,349 \text{ мм.}$$

$$D_{1 \text{ ср}} = 0,5 \cdot (D_{2 \text{ max}} + D_{2 \text{ min}}) = 0,5 \cdot (40,449 + 40,349) = 40,399 \text{ мм.}$$

$$D_{0 \text{ max}} = D_{1 \text{ max}} - 2 \cdot z_{1 \text{ min}} = 40,023 - 2 \cdot 0,691 = 38,641 \text{ мм.}$$

$$D_{0 \text{ min}} = D_{0 \text{ max}} - TD_0 = 38,641 - 0,62 = 38,021 \text{ мм.}$$

$$D_{0 \text{ ср}} = 0,5 \cdot (D_{2 \text{ max}} + D_{2 \text{ min}}) = 0,5 \cdot (38,641 + 38,021) = 38,331 \text{ мм} \gg$$

[13].

«Общий минимальный припуск рассчитывается по формуле:

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

«Общий максимальный припуск рассчитывается по формуле:

$$2z_{max} = 2z_{min} + TD_0 + TD_4. \quad (15)» [13]$$

«Общий средний припуск рассчитывается по формуле:

$$2z_{cp} = 0,5 \cdot (2z_{min} + 2z_{max}). \quad (16)» [13]$$

$$«2z_{min} = 42,025 - 38,021 = 4,004 \text{ мм.}$$

$$2z_{max} = 4,004 + 0,62 + 0,025 = 4,649 \text{ мм.}$$

$$2z_{cp} = 0,5 \cdot (4,004 + 4,649) = 4,327 \text{ мм}» [13].$$

«Как отмечалось ранее, определение припусков на обработку неточных поверхностей производится с использованием статистического метода. Минимальный припуск определяется по статистическим таблицам, а максимальный аналогично расчетному методу. Результаты определения припусков на обработку поверхностей согласно данному методу приведены в таблице 2» [18].

Таблица 2 – Результаты определения припусков

Номер поверхности	Наименование перехода	Минимальный припуск, мм	Максимальный припуск, мм
1	точение черновое	1,8	3,02
	точение чистовое	0,8	1,2
	шлифование черновое	0,4	0,5
	шлифование чистовое	0,1	0,18
2	точение черновое	1,5	2,54
3	точение черновое	1,8	2,97
4	точение черновое	1,5	2,54
5	зубофрезерование	0,5	1,29
	шевингование	0,25	0,34
	шлифование	0,15	0,21
6	зубофрезерование	0,5	0,81
8	точение черновое	1,5	2,54
9	фрезерование чистовое	1,5	1,67
	шлифование черновое	0,5	1,36
	шлифование чистовое	0,05	0,11
13	фрезерование чистовое	1,5	1,67
	шлифование черновое	0,5	1,36
	шлифование чистовое	0,05	0,11

## Продолжение таблицы 2

Номер поверхности	Наименование перехода	Минимальный припуск, мм	Максимальный припуск, мм
14	точение черновое	1,8	1,2
	точение чистовое	0,8	0,5
	шлифование черновое	0,4	0,5
	шлифование чистовое	0,1	0,18

«На следующем этапе проектирования заготовки определяем ее параметры:

- класс точности, в зависимости от метода получения заготовки Т4;
- группа стали, в зависимости от содержания углерода и минеральных элементов М2;
- степень сложности заготовки С1;
- исходный индекс И9;
- штамповочные уклоны 7°;
- радиус закругления 3 мм;
- допустимые значения остаточного облоя не более 1,2 мм;
- отклонение от концентричности 1 мм» [3].

В соответствии с определенными параметрами формируется контур заготовки, рассчитываются ее размеры и назначаются допуски на размеры, а также напуски.

### 2.2 Проектирование плана изготовления детали

«План изготовления представляет собой графическое отображение технологического процесса изготовления детали» [11].

«Из анализа типа производства следует, что проектирование технологического процесса изготовления детали производится с использованием типовых технологических процессов изготовления деталей данной группы» [6].

Технологические операции формируются путем объединения одинаковых методов обработки, выявленных при составлении маршрутов обработки поверхностей. Следует учитывать, взаимное расположение поверхностей, их форму и схемы базирования на операции. Результатом формирования технологических операций является маршрут изготовления детали, приведенный в таблице 3.

Таблица 3 – Маршрута изготовления детали

Наименование операции	Содержание операции	Номера обрабатываемых поверхностей
005 Токарная	точить	1, 2, 3, 11
010 Токарная	точить	4, 8, 14, 16
015 Протяжная	протянуть	11, 17, 18
020 Токарная	точить	1, 14
025 Фрезерная	фрезеровать	9, 13
030 Фрезерная	фрезеровать	9, 13
035 Зубофрезерная	фрезеровать	5, 6
040 Зубофасочная	фрезеровать	–
045 Шевинговальная	шевинговать	5
050 Термическая	закалить, отпускать	все
055 Шлифовальная	шлифовать	11, 14
060 Шлифовальная	шлифовать	1
065 Шлифовальная	шлифовать	11, 14
070 Шлифовальная	шлифовать	1
075 Зубошлифовальная	шлифовать	5
080 Шлифовальная	шлифовать	9, 13
085 Шлифовальная	шлифовать	9, 13
090 Моечная	мойка	все
095 Контрольная	контроль	все

«На следующем этапе разработки плана изготовления определяем схемы базирования на операциях техпроцесса» [19]. Проектирование схем базирования осуществляется с учетом геометрических особенностей детали, типовых схем базирования, а также принципов единства и постоянства баз. Результаты проектирования схем базирования приведены в таблице 4.

Таблица 4 – Схемы базирования

Наименование операции	Наименование базы	Номера базирующих поверхностей
005 Токарная	установочная база	14
	двойная опорная база, опорная база	4
010 Токарная	установочная база	1
	двойная опорная база, опорная база	11
015 Протяжная	установочная база	1
	двойная опорная база, опорная база	11
020 Токарная	установочная база	1, 14
	двойная опорная база, опорная база	11
025 Фрезерная	двойная направляющая база	1
	опорная база	11
030 Фрезерная	двойная направляющая база	1
	опорная база	11
035 Зубофрезерная	двойная направляющая база	1
	опорная база	11
040 Зубофасочная	двойная направляющая база	1
	опорная база	11
045 Шевинговальная	двойная направляющая база	14
	опорная база	11
050 Термическая	–	–
055 Шлифовальная	двойная направляющая база	1
	опорная база	5
060 Шлифовальная	двойная направляющая база	14
	опорная база	11
065 Шлифовальная	двойная направляющая база	1
	опорная база	5
070 Шлифовальная	двойная направляющая база	14
	опорная база	11
075 Зубошлифовальная	двойная направляющая база	1
	опорная база	11
080 Шлифовальная	двойная направляющая база	1
	опорная база	11
085 Шлифовальная	двойная направляющая база	1
	опорная база	11
090 Моечная	–	–
095 Контрольная	–	–

На следующем этапе проектирования плана изготовления определяются операционные технические требования с учетом средней статистической точности обработки, схем базирования принятых на операциях и погрешностей пространственных отклонений [11]. «На заключительном этапе формируется графическое представление плана

изготовления детали по рекомендациям» [11]. «Результаты проектирования плана изготовления приведены в графической части работы, а также в маршрутной и операционных картах (Приложение А «Технологическая документация»)» [11].

### 2.3 Выбор средств технологического оснащения

Средства технологического оснащения выбираем с учетом результатов анализа типа производства. В соответствии с ним будем придерживаться следующих рекомендаций. Следует выбирать станки с полуавтоматическим циклом работы, станки оснащенные системами числового управления, допускается применение специализированного и универсального оборудования. Следует выбирать переналаживаемую универсальную механизированную технологическую оснастку, допускается применение сборно-разборной и специальной технологической оснастки. Следует выбирать универсальный и стандартизированный режущий инструмент, «допускается применение специального режущего инструмента» [9]. «Следует выбирать универсальные средства контроля с возможностью получения цифровых значений контролируемых параметров, допускается применение специальных средств контроля и средств контроля, дающих представление о годности контролируемого параметра» [9].

«Выбор конкретных наименований и моделей средств технологического оснащения производим с использованием данных [1], [5], [13], [14], [15], [16]. Результаты выбора приведены в таблице 5» [9].

Таблица 5 – Результаты выбора средств технологического оснащения

Операция	Станки	Приспособления	Инструменты	Средства контроля
005 Токарная	токарно-винторезный SPI-1000	патрон трехкулачковый ГОСТ 2675-80	резец контурный ГОСТ 18879-73 Т15К6, резец	штангенциркуль ШЦ-1 ГОСТ 160-

Продолжение таблицы 5

Операция	Станки	Приспособления	Инструменты	Средства контроля
–	–	–	«расточной специальный Т15К6» [5]	80
010 Токарная	«токарно-винторезный SPI-1000» [14]	«упор, патрон цанговый ГОСТ 2876-80» [15]	резец контурный ГОСТ 18879-73 Т15К6	«штангенциркуль ШЦ-1 ГОСТ 160-80» [1]
015 Протяжная	«горизонтально-протяжной 7А523» [14]	«планшайба» [16]	протяжка ГОСТ 20365-74 Р6М5	«калибр» [1]
020 Токарная	«токарно-винторезный SPI-1000» [14]	«упор, патрон цанговый ГОСТ 2876-80» [15]	резец контурный ГОСТ 18879-73 Т30К4	«штангенциркуль ШЦ-1 ГОСТ 160-80» [1]
025 Фрезерная	«горизонтально-фрезерный FVV-200» [14]	«упор, приспособление специальное» [15]	фреза концевая ГОСТ 17026-71 Р6М5	«калибр» [1]
030 Фрезерная	«горизонтально-фрезерный FVV-200» [14]	«упор, приспособление специальное» [16]	фреза концевая ГОСТ 17026-71 Р6М5	«калибр» [1]
035 Зубофрезерная	«зубофрезерный YB3120А» [14]	«упор, приспособление специальное» [16]	фреза червячная ГОСТ 9324-80 Р9К10	«калибр» [1]
040 Зубофасочная	«зубофасочный ВС-500» [14]	«упор, приспособление специальное» [16]	фреза специальная Р6М5	«калибр» [1]
045 Шевинговальная	«шевинговальный ВС-Е02В» [14]	«упор, приспособление специальное» [16]	шевер дисковый А Ø180 ГОСТ 8570-80 Р9Ф5	«калибр» [1]
050 Термическая	«установка для нагрева» [14]	«емкость с охлаждающей средой» [16]	–	–
055 Шлифовальная	«внутришлифовальный RIG-150» [14]	«упор, патрон мембранный специальный» [16]	«круг 1-32x40x10 23А46N7V 30м/с1А ГОСТ 52781-2007, круг 6-100x50x20 24А54М8V30м/с1 А ГОСТ 52781-2007» [1]	«микрометр МК-100 ГОСТ 160-80, прибор контроля отверстий типа «Солекс»» [1]

Продолжение таблицы 5

Операция	Станки	Приспособления	Инструменты	Средства контроля
060 Шлифовальная	«внутришлиф овалный RIG-150» [14]	«упор, патрон мембранный специальный» [16]	«круг шлифовальный 1-32x40x10 23A60K5V 30м/с1А ГОСТ 52781-2007, круг шлифовальный 6-100x50x20 24A90L7K 30м/с1А ГОСТ 52781-2007, круг шлифовальный 1-32x40x10 23A60K5V 30м/с1А ГОСТ 52781-2007» [1]	«микрометр МК-100 ГОСТ 160-80» [1]
065 Шлифовальная	«внутришлиф овалный RIG-150» [14]	«упор, патрон мембранный специальный» [16]	круг шлифовальный 6-100x50x20 24A90L7K 30м/с1А ГОСТ 52781-2007	«микрометр МК-100 ГОСТ 160-80, прибор для контроля отверстий типа «Солекс»» [1]
070 Шлифовальная	внутришлифовальный RIG-150	«упор, патрон мембранный специальный» [16]	круг шлифовальный 1-32x40x10 23A60K5V 30м/с1А ГОСТ 52781-2007, круг шлифовальный 6-100x50x20 24A90L7K 30м/с1А ГОСТ 52781-2007	«микрометр МК-100 ГОСТ 160-80» [1]
075 Зубошлифовальная	«станок зубошлифовальный УК7332А» [14]	«упор, приспособление специальное» [16]	круг шлифовальный 3-80x10x20 24A90L7K 30м/с1А ГОСТ 52781-2007	«калибр» [1]
080 Шлифовальная	плоскошлифовальный РВР-300А	упор, приспособление специальное	круг шлифовальный 1-8x16x2,5	калибр

Продолжение таблицы 5

Операция	Станки	Приспособления	Инструменты	Средства контроля
–	–	–	23A60K5V 30м/с1А ГОСТ 52781-2007	–
085 Шлифовальная	плоскошлифовальный РВР-300А,	«упор, приспособление специальное» [16]	круг шлифовальный 1-8х16х2,5 24А90L7К 30м/с1А ГОСТ 52781-2007	калибр
090 Моечная	«моечная машина» [14]	«приспособление для загрузки-выгрузки кассет с деталями» [16]	–	–
095 Контрольная	«контрольный стол» [14]	–	–	«средства контроля» [1]

Данные по средствам технологического оснащения используются при проектировании технологических наладок, а также при разработке технологической документации, приведенной в приложении А «Технологическая документация».

## 2.4 Расчет режимов резания и нормирование

«Из анализа типа производства следует, что определение режимов резания и нормирование операций выполняется на основе нормативных данных и эмпирических методов расчета» [4], [12], [14]. Рассмотрим более подробно основные положения данных методик.

«Определение скорости резания производится по формуле:

$$V = \frac{C_V \cdot K_V}{T^m \cdot t^x \cdot S^y}, \quad (17)$$

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» [4].

«Исходя из полученного значения, определяется частота вращения шпинделя инструмента или заготовки по формуле:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d}, \quad (18)$$

где  $d$  – диаметр обработки, мм» [4].

«Исходя из технических характеристик оборудования, определяется фактическая скорость резания:

$$V = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000}. \quad (19) \gg [4]$$

«Основное время определяется по формуле:

$$T_0 = \frac{L_{\text{р.х.}}}{S \cdot n}, \quad (20)$$

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

$S$  – подача, мм/об» [14].

«Длина рабочего хода определяется по формуле:

$$L_{\text{р.х.}} = l_1 + l_{\text{рез}} + l_2, \quad (21)$$

где  $l_1$  – длина врезания, мм.;

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

$l_2$  – длина перебега, мм» [14].

«Результаты расчета режимов резания и нормирования операций

технологического процесса представлены в таблице 6» [4].

Таблица 6 – Режимы выполнения операций и их нормирование

Операция	Переход	Подача, мм/об	Скорость резания, м/мин	Частота вращения, об/мин	Рабочий ход, мм	Основное время, мин
005	1	0,43	127	1000	52	0,12
	2	0,43	127	1000	80	0,18
010	1	0,43	127	1000	115	0,27
015	1	0,05-0,1	3,1	–	18	0,32
020	1	0,5	201	1250	124	0,20
	2	0,5	201	1250	124	0,20
025	1	0,12	29,4	1600	276	0,36
030	1	0,05	39	1600	276	0,87
035	1	1,5	32	100	36	2,7
045	1	1,5	131	260	36	1,2
055	1	0,16	22	12000	62	0,2
	2	0,16	22	12000	32	0,15
060	1	0,16	22	12000	54	0,18
065	1	0,086	30	18000	62	0,16
	2	0,086	30	18000	32	0,1
070	1	0,086	30	18000	54	0,14
075	1	0,03	32	1000	36	0,48
080	1	0,16	35	1000	276	0,33
085	1	0,086	35	1000	276	0,11

«Используя полученные данные, проектируем технологические операции» [11]. Результаты данного проектирования приведены в графической части работы на чертежах технологических наладок, а также в приложении А «Технологическая документация» в маршрутной карте и операционных картах.

В данном разделе «произведен выбор метода получения заготовки, произведено проектирование заготовки, произведено проектирование плана изготовления детали, выбраны средства технологического оснащения технологического процесса, произведен расчет режимов резания и нормирование технологических операций» [11].

### 3 Проектирование специальных средств оснащения

#### 3.1 Проектирование мембранного патрона

Одна из проблем спроектированного технологического процесса заключается в использовании на шлифовальных операциях патронов, не реализующих теоретическую схему базирования и имеющих ручной привод закрепления. Такое решение влияет на точность обработки, так как появляется погрешность базирования, а усилие закрепления зависит от оператора и может меняться в течение рабочего дня, кроме того увеличивается вспомогательное время операции. Решением данной проблемы является проектирование приспособления реализующего теоретическую схему базирования и механизация процесса закрепления. Рассмотрим проектирование такого патрона на примере шлифовальной операции, представленной на рисунке 3. Проектирование производим по методике [17].

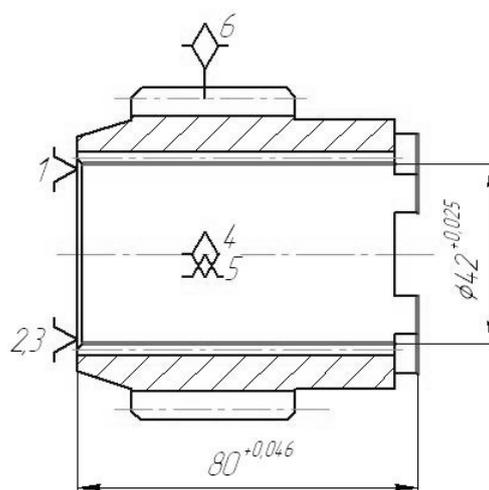


Рисунок 2 – Эскиз шлифовальной операции

«Для определения силовых характеристик проектируемого патрона рассчитываем силы, возникающие при обработке заготовки. При шлифовании

для этого необходимо определить мощность резания по формуле:

$$N = C_N \cdot v_3^r \cdot s^y \cdot d^q \cdot b^z, \quad (22)$$

где  $C_N$ ,  $r$ ,  $q$ ,  $z$  – поправочные коэффициенты и показатели степеней, учитывающие фактические условия операции;  
 $v_3$  – скорость заготовки в процессе обработки, м/мин;  
 $s$  – продольная подача, мм/об;  
 $d$  – диаметр обрабатываемой поверхности, мм;  
 $b$  – ширина шлифования, мм» [17].

$$N = 0,36 \cdot 21^{0,35} \cdot 0,01^{0,4} \cdot 1,8^{0,4} \cdot 55^{0,3} = 0,6 \text{ кВт.}$$

«Составляющая силы резания  $P_Z$  рассчитывается по формуле:

$$P_Z = \frac{N \cdot 102 \cdot 60}{21} \cdot K_{PZ}, \quad (23)$$

где  $K_{PZ}$  – коэффициент условий операции» [17].

$$P_Z = \frac{0,6 \cdot 102 \cdot 60}{21} \cdot 1,25 = 219 \text{ Н.}$$

«Составляющая силы резания  $P_Y$  рассчитывается по формуле:

$$P_Y = (1,3 \dots 1,8) \cdot P_Z \cdot K_{PY}, \quad (24)$$

где  $K_{PY}$  – коэффициент условий операции» [17].

$$P_Y = (1,3 \dots 1,8) \cdot 219 \cdot 1,25 = 329 \text{ Н.}$$

«Диаметр ролика определяется по формуле:

$$d = 2 \cdot [r_0 \cdot \operatorname{tg}(\gamma + \alpha_2) - r_2 \cdot \sin \alpha_2], \quad (25)$$

где  $r_0$  – радиус основной окружности, мм;

$\gamma$  – угол контакта ролика с поверхностью, рад;

$\alpha_2$  – угол смещения, рад;

$r_2$  – расстояние от оси патрона до точки контакта, мм» [17].

«Радиус основной окружности определяется по формуле:

$$r_0 = r_d \cdot \cos \alpha_1, \quad (26)$$

где  $r_d$  – радиус делительной окружности зубчатого венца, мм;

$\alpha_1$  – угол зацепления, град» [17].

$$r_0 = 69 \cdot \cos 20^\circ = 64,839 \text{ мм.}$$

«Расстояние от оси патрона до точки контакта определяется по формуле:

$$r_2 = r_B - 0,3 \cdot m, \quad (27)$$

где  $r_B$  – радиус выступов, мм;

$m$  – модуль, мм» [17].

$$r_2 = 73,8 - 0,3 \cdot 3 = 72,9 \text{ мм.}$$

«Угол смещения определяется по формуле:

$$\cos \alpha_2 = \frac{r_0}{r_2}. \quad (28)$$

Исходя из выражения (29) определяем искомый угол» [17].

$$\cos \alpha_2 = \frac{64,839}{72,9} = 0,88942, \text{ тогда } \alpha_2 = 0,475 \text{ рад.}$$

«Угол контакта ролика с поверхностью определяется по формуле:

$$\gamma = \frac{\pi}{z} - \left( \frac{s}{2r_d} + \theta_1 \right) + \theta_2, \quad (29)$$

где  $z$  – число зубьев;

$s$  – толщина зуба по дуге делительной окружности, мм;

$\theta_1, \theta_2$  – углы эвольвенты, рад» [17].

«Углы эвольвенты определяется по формуле:

$$\theta_1 = \operatorname{tg} \alpha_1 - \alpha_1, \quad (30)$$

$$\theta_1 = \operatorname{tg} 0,349 - 0,349 = 0,0149 \text{ рад.}$$

$$\theta_2 = \operatorname{tg} \alpha_2 - \alpha_2. \quad (31) \gg [17]$$

$$\theta_2 = \operatorname{tg} 0,475 - 0,475 = 0,039196 \text{ рад.}$$

«Тогда угол контакта ролика с поверхностью равен.

$$\gamma = \frac{\pi}{27} - \left( \frac{\pi \cdot 27}{2 \cdot 54} + 0,0149 \right) + 0,039196 = 0,09259 \text{ рад.}$$

Диаметр ролика равен.

$$d = 2 \cdot [64,839 \cdot \operatorname{tg}(0,09259 + 0,475) - 72,9 \cdot \sin 0,475] = 15,98 \text{ мм.}$$

Принимаем ближайшее стандартное большее значение диаметра ролика равное 16 мм» [17].

«Выполним проверку на отсутствие кромочного касания.

Расстояние между осями ролика и патрона определяется по формуле:

$$L^I = \frac{r_0}{\cos \alpha_3}, \quad (32)$$

где  $\alpha_3$  – угол между осью ролика и точкой контакта, рад» [17].

«Угол между осью ролика и точкой контакта определяется по формуле:

$$\alpha_3 = \frac{s}{2 \cdot r_d} + \theta_1 + \frac{d^I}{2 \cdot r_0} - \frac{\pi}{z}. \quad (33) \gg [17]$$

$$\alpha_3 = \frac{\pi \cdot 69}{2 \cdot 23} + 0,0149 + \frac{16}{2 \cdot 64,839} - \frac{\pi}{23} = 0,069987 \text{ рад.}$$

$$L^I = \frac{69}{\cos 0,069987} = 76,17 \text{ мм.}$$

«Радиус расположения точки контакта с зубом по формуле:

$$r_2^l = \sqrt{\left(L^l \cdot \sin \alpha_3 - \frac{dl}{2}\right)^2 + r_0^2}. \quad (34) \gg [17]$$

$$r_2^l = \sqrt{\left(152,34 \cdot \sin 0,069987 - \frac{16}{2}\right)^2 + 69^2} = 72,625 \text{ мм.}$$

«Расчеты показали, что радиус расположения точки контакта с зубом меньше радиуса окружности выступов, следовательно, контакт отсутствует» [17].

«Сила закрепления, прикладываемую к одному кулачку, определяется по формуле:

$$Q = \frac{k \cdot M_P}{n \cdot f \cdot b'} \quad (35)$$

где  $k$  – коэффициент, учитывающий условия выполнения операции;

$M_P$  – момент резания, Н;

$n$  – количество роликов, шт.;

$f$  – коэффициент трения по поверхностям контакта детали и ролика;

$b$  – половина диаметра базовой поверхности детали, мм» [17].

$$Q = \frac{1,5 \cdot 6355}{3 \cdot 0,15 \cdot 3,6} = 5884 \text{ Н.}$$

«Момент деформации мембраны определяем по формуле:

$$M_{\text{изг}} = \frac{Q \cdot n \cdot l}{2 \cdot \pi \cdot b'} \quad (36)$$

где  $l$  – расстояние между средней плоскостью мембраны и серединой роликов, мм» [17].

$$M_{\text{изг}} = \frac{5884 \cdot 3 \cdot 50}{2 \cdot \pi \cdot 3,6} = 156 \text{ Н.}$$

«Момент закрепления определяется по формуле:

$$M_3 = 0,58 \cdot M_{\text{изг}}. \quad (37) \gg [17].$$

$$M_3 = 0,58 \cdot 156 = 90,5 \text{ Н.}$$

«Жесткость мембраны определяется по формуле:

$$D = \frac{E \cdot h}{12 - (1 - \mu^2)}, \quad (38)$$

где  $E$  – модуль упругости мембраны, МПа;

$h$  – толщина мембраны, см.

$\mu$  – коэффициент Пуассона» [17].

$$D = \frac{2,1 \cdot 10^5 \cdot 0,7}{12 - (1 - 0,3^2)} = 13462 \text{ Н} \cdot \text{см.}$$

«Минимальный угол разжима мембраны определяется по формуле:

$$\varphi = \frac{M_3 \cdot b}{D \cdot (1 + \mu)}. \quad (39) \gg [17]$$

$$\varphi = \frac{90,5 \cdot 3,6}{13462 \cdot (1 + 0,3)} = 0,0186 \text{ рад.}$$

«Максимальный угол разжима мембраны определяется по формуле:

$$\varphi' = \varphi + \frac{\delta}{2 \cdot l} + \frac{\Delta}{2 \cdot l}. \quad (40)$$

где  $\delta$  – допуск на диаметр, мм;

$\Delta$  – зазор для закладывания заготовки в кулачки, мм» [17].

$$\varphi' = 0,0186 + \frac{0,025}{2 \cdot 5} + \frac{0,35}{2 \cdot 5} = 0,0561 \text{ рад.}$$

«Усилие деформирующее мембрану определяется по формуле:

$$P = \frac{4 \cdot \pi \cdot D \cdot \varphi'}{2,3 \cdot \lg \frac{a}{b}}, \quad (41)$$

где  $a$  – половина диаметра мембраны, мм» [17].

$$P = \frac{4 \cdot \pi \cdot 13462 \cdot 0,0561}{2,3 \cdot \lg_{3,6}^{1,1}} = 8506 \text{ Н.}$$

«Напряжение в мембране определяется по формуле:

$$\sigma_2 = \frac{3 \cdot P \cdot (1 + \mu)}{2 \cdot \pi \cdot h^2} \cdot \left( \ln \frac{a}{r_0} + \frac{r_0^2}{4 \cdot a^2} \right), \quad (42)$$

где  $r_0$  – радиус окружности контакта штока и мембраны, мм» [17].

$$\sigma_2 = \frac{3 \cdot 8506 \cdot (1 + 0,3)}{2 \cdot \pi \cdot 0,7^2} \cdot \left( \ln \frac{11}{0,3} + \frac{0,3^2}{4 \cdot 11^2} \right) = 10778 \text{ МПа.}$$

Материал мембраны подбирается исходя из расчетного напряжения.

«Определяем диаметр поршня пневмоцилиндра по формуле:

$$D = 1,13 \cdot \sqrt{\frac{Q}{P}}, \quad (43)$$

где  $P$  – давление воздуха, МПа» [17].

$$D = 1,13 \cdot \sqrt{\frac{5884}{0,4}} = 117 \text{ мм.}$$

«В приводе будет использован стандартный пневмоцилиндр с диаметром поршня из стандартного ряда равным 120 мм» [17].

Спроектированный патрон следует проверить на соответствие его требуемой точности установки.

«Точность установки в приспособлении определяется по формуле:

$$\varepsilon_y = \sqrt{\varepsilon_6^2 + \varepsilon_3^2 + \varepsilon_{\text{пр}}^2}, \quad (44)$$

где  $\varepsilon_6$  – погрешность базирования от несовпадения измерительной и технологической баз, мм;

$\varepsilon_3$  – погрешность, возникающая при закреплении вследствие смещения измерительных баз, мм;

$\varepsilon_{\text{пр}}$  – погрешность точности изготовления базирующих элементов приспособления, мм» [17].

$$\varepsilon_y = \sqrt{0^2 + 0^2 + 0,003^2} = 0,003 \text{ мм.}$$

Конструкция приспособления состоит из зажимного механизма и силового привода. Зажимной механизм в данном случае мембранный. Такое решение обеспечивает реализацию требуемой схемы базирования и требуемую точность установки [17]. Силовой привод, примененный в конструкции патрона, является стандартным, что существенно удешевит данное приспособление. Конструкция патрона представлена на листе графической части работы и в приложении Б «Спецификации».

### **3.2 Проектирование токарного резца**

В проектируемом технологическом процессе на токарных операциях используется высокопроизводительное импортное оборудование. Реализуемые на данном оборудовании режимы резания позволяют получить высокую производительность, но при этом возможно получение негативного эффекта в виде сливной стружки. Это приведет к увеличению вспомогательного времени, так как необходимо удалить стружку из зоны резания. С целью решения данной проблемы спроектируем резец с применением в его конструкции технических решений устраняющих данный недостаток. Проектирование выполним по методике [5].

В качестве материала режущей пластины резца выбираем инструментальный материал Т30К4 способный обеспечить заданные режимы резания и стойкость.

«Согласно принятой методике проектирования конструктивные параметры резца определяются исходя из площади сечения срезаемого слоя по формуле:

$$F = t \cdot S, \quad (45)$$

где  $t$  – глубина резания, мм;

$S$  – подача, мм/об» [5].

$$F = 0,195 \cdot 0,5 = 0,0975 \text{ мм}^2.$$

«Полученному значению сечения стружки соответствует рабочая высота резца 25 мм, диаметр державки резца 32 мм, длина резца 170 мм» [5].

Систему крепления выбираем с опорной пластиной прихватом через винт. Для обеспечения надежности крепления режущей пластины рассчитываем диаметр винта по формуле:

$$\langle D = \sqrt{\frac{4 \cdot Q_1}{\pi \cdot \sigma_d}}, \quad (46)$$

где  $Q_1$  – сила, действующая на винт при работе инструмента, Н;

$\sigma_d$  – допустимое материалом винта напряжение, МПа» [5].

$$\langle Q_1 = \frac{P_{Zmax}}{0,7}, \quad (47)$$

где  $P_{Zmax}$  – максимальное значение главной составляющей силы резания, Н» [5].

«Выполняем расчеты.

$$Q_1 = \frac{1100}{0,7} = 1572 \text{ Н.}$$

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot 1572}{\pi \cdot 650}} = 1,76 \text{ мм} \rangle [5].$$

Данный расчетный диаметр необходимо увеличить в 1,5 раза [5]. Это связано с воздействием во время обработки разнообразных случайных факторов. Например, ударные нагрузки от неровностей обрабатываемой поверхности, неравномерность свойств материала заготовок, колебания припусков на обработку и так далее.

Как отмечалось ранее, обрабатываемый материал имеет склонность к

образованию сливной стружки на токарной обработке. «Решение данной проблемы предлагается выполнить следующим образом» [5]. «На режущей пластине необходимо сделать уступ, создающий дополнительную деформацию стружки при сходе по передней поверхности» [5]. Параметры уступа принимаем по данным [5]. «Конструкция резца представлена на листе графической части работы и в приложении Б «Спецификации»» [5].

В данном разделе, с целью повышения эффективности базовой технологии, произведено проектирование специальных средств технологического оснащения. «Спроектированы патрон для шлифовальной операции и резец для токарной операции» [9], что позволило реализовать схему базирования, снизить затраты вспомогательного времени за счет механизации процесса закрепления и решить технические проблемы токарной операции связанные с образованием в процессе резания сливной стружки.

## 4 Безопасность и экологичность технического объекта

### 4.1 Конструктивно-технологическая характеристика технического объекта

С целью оценки технологического процесса изготовления шестерни коробки скоростей на безопасность и экологичность выполнения рассмотрим его конструктивно-технологические характеристики. Результаты оформим в виде таблицы 7.

Таблица 7 – Операции и средства технологического оснащения

Операция	Оборудование	Инструменты	Приспособления
токарная	токарно-винторезный SPI-1000	резец контурный ГОСТ 18879-73 Т15К6, резец расточной специальный Т15К6	патрон трехлапчатый ГОСТ 2675–80, упор, патрон цанговый
протяжная	горизонтально-протяжной 7А523	протяжка ГОСТ 20365-74 Р6М5	планшайба
фрезерная	горизонтально-фрезерный FVV-200	фреза концевая ГОСТ 17026-71 Р6М5	упор, приспособление специальное
зубофрезерная	зубофрезерный YB3120A	фреза червячная ГОСТ 9324-80 Р9К10	упор, приспособление специальное
зубофасочная	зубофасочный ВС-500	фреза специальная Р6М5	упор, приспособление специальное
шевинговальная	шевинговальный ВС-Е02В	шевер дисковый А Ø180 ГОСТ 8570-80 Р9Ф5	упор, приспособление специальное
шлифовальная	внутришлифовальный RIG-150, зубошлифовальный YK7332A, плоскошлифовальный PBP-300A	круг 1-32x40x10 23A46N7V 30м/с1А ГОСТ 52781-2007, круг 6-100x50x20 24A54M8V30м/с1А ГОСТ 52781-2007, круг шлифовальный 3-80x10x20 24A90L7K 30м/с1А ГОСТ 52781-2007	упор, патрон мембранный специальный

В ходе выполнения технологического процесса используются смазочные материалы, обеспечивающие работу оборудования, а также технологические жидкости для охлаждения зоны резания.

Работники участка механической обработки детали: операторы и наладчики станков с числовым программным управлением, фрезеровщики, зуборезчики, протяжчики, шлифовщики.

## **4.2 Идентификация профессиональных рисков**

В соответствии с ГОСТ 12.0.003-2015 ССБТ «Опасные и вредные производственные факторы. Классификация» и Приказа Минтруда № 776н «Об утверждении примерного положения о системе управления охраной труда» и с учетом описанных выше конструктивно-технологических характеристик технологического процесса выявляем возникающие профессиональные риски, воздействующие на работников производственного участка [2].

«Опасными и вредными производственными факторами, действующими при выполнении технологического процесса исходя из конструктивно-технологических характеристик технологического процесса будут: действие силы тяжести в тех случаях, когда оно может вызвать падение твердых, сыпучих, жидких объектов на работающего, движущиеся твердые, жидкие или газообразные объекты, наносящие удар по телу работающего, производственные факторы, обладающие свойствами химического воздействия на организм работающего человека, опасные и вредные производственные факторы, связанные с чрезмерно высокой или низкой температурой материальных объектов производственной среды, могущих вызвать ожоги (обморожения) тканей организма человека, производственные факторы, связанные с акустическими колебаниями в производственной среде и характеризующиеся повышенным уровнем и другими неблагоприятными характеристиками шума, производственные факторы,

связанные с механическими колебаниями твердых тел и их поверхностей, характеризующиеся повышенным уровнем общей вибрации, монотонность труда, тяжесть трудового процесса, производственные факторы, связанные с электрическим током, под действие которого попадает работающий» [2].

«В результате действия данных опасных и вредных производственных факторов возможно возникновение следующих опасностей и рисков: груз, инструмент или предмет, перемещаемый или поднимаемый, в том числе на высоту, транспортное средство, в том числе погрузчик, подвижные части машин и механизмов, воздействие на кожные покровы смазочных масел, материал, жидкость или газ, имеющие высокую температуру, повышенный уровень шума и другие неблагоприятные характеристики шума, воздействие общей вибрации, физические перегрузки, электрический ток» [2].

### **4.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков**

«Анализ показал, что опасные и вредные производственные факторы относятся к группам физического, химического и психофизиологического воздействия, что требует разработки соответствующих методов и средств снижения профессиональных рисков на основании 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»» [2].

«В результате получаем следующие мероприятия по улучшению условий и охраны труда: издание (тиражирование) инструкций, правил (стандартов) по охране труда; устройство и содержание пешеходных дорог, тротуаров, переходов, тоннелей, галерей на территории организации в целях обеспечения безопасности работников; устройство ограждений элементов производственного оборудования, защищающих от воздействия движущихся частей, а также разлетающихся предметов, включая наличие фиксаторов,

блокировок, герметизирующих и других элементов, 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; проведение специальной оценки условий труда, выявления и оценки опасностей, оценки уровней профессиональных рисков, реализация мер, разработанных по результатам их проведения; внедрение и (или) модернизация технических устройств и приспособлений, обеспечивающих защиту работников от поражения электрическим током» [2].

В соответствие с применяемым приказом необходимо использовать следующие методы и средства снижения профессиональных рисков: «использование современной высокопроизводительной техники; соблюдение эргономических характеристик рабочего места» [2]; «обеспечение безопасных условий труда» [2]; «соблюдение правил дорожного движения и правил перемещения транспортных средств по территории работодателя; соблюдение скоростного режима» [2]; «применение исправных транспортных средств, подача звуковых сигналов при движении и своевременное применение систем торможения» [2]; «использование блокировочных устройств, применение средств индивидуальной защиты, специальных рабочих костюмов, халатов, исключающих попадание свисающих частей одежды на быстродвижущиеся элементы производственного оборудования» [2]; «допуск к работе работника, прошедшего обучение в области охраны труда» [2]; «устройство систем удаления вредных веществ, выделяющихся в технологическом процессе, на станки и инструменты» [2]; «организация первичного и периодического обучения и инструктажей работников безопасным методам и приемам выполнения работ» [2]; «использование средств индивидуальной защиты, герметизация технологического оборудования» [2]; «применение закрытых

систем для горячих сред, установка изоляции, разделяющих защитных устройств, уменьшение площади контакта, правильное применение средств индивидуальной защиты» [2]; «применение звукоизолирующих ограждений-кожухов, кабин управления технологическим процессом, устройство звукопоглощающих облицовок и объемных поглотителей шума, использование средств индивидуальной защиты» [2]; «своевременный ремонт машин и оборудования (с балансировкой движущихся частей), проверкой крепления агрегатов к полу, фундаменту, с последующим лабораторным контролем вибрационных характеристик» [2]; «установка стационарного оборудования на отдельные фундаменты и поддерживающие конструкции зданий и сооружений, применение вибропоглощения и виброизоляции; проведение инструктажа на рабочем месте» [2]; «соблюдение основных требований эргономики, соблюдение режимов труда и отдыха» [2]; «организация рабочего места для наиболее безопасного и эффективного труда работника, исходя из физических и психических особенностей человека» [2]; «изоляция токоведущих частей электрооборудования, применение средств индивидуальной защиты, соблюдение требований охраны труда, применение ограждений, сигнальных цветов, табличек, указателей и знаков безопасности» [2].

В результате внедрения разработанных мероприятий по улучшению условий и охраны труда, а также применения принятых методов и средств снижения профессиональных рисков на производственном участке по изготовлению детали должны быть обеспечены условия труда наиболее благоприятные для работников участка.

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

Пожарная безопасность производственного участка обеспечивается путем применения соответствующих технических противопожарных средств и разработки противопожарных мероприятий. Выбор технических средств и

разработка мероприятий зависят от опасных факторов возможного пожара, которые определяются по классу пожара. В свою очередь класс пожара определяется веществами и материалами, используемыми в ходе осуществления технологического процесса, а также применяемых средств оснащения на производственном участке. «В данном случае возможные пожары связаны с воспламенением и горением металлов, то есть относятся к классу D» [2].

«Основными опасными факторами данного класса пожаров: 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). Сопутствующими проявлениями опасных факторов пожара являются: 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» [2].

«В соответствии с выявленными опасными факторами возможного пожара предлагается применять следующие технические средства пожаротушения: огнетушители ОП-10, ОВП-10, ОВП-100, ОП-100; мотопомпа пожарная «Shibauga»; пожарный извещатель ИП-212-141; пожарный щит класса ЩП-А; оповещатель охранно-пожарный звуковой Маяк-220»» [2].

Профилактику и предотвращение пожара предлагается осуществлять путем внедрения «следующих мероприятий: инструкции по действиям

персонала в случае аварийной и чрезвычайной ситуации; инструктаж по пожарной безопасности» [2].

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

Экологическая безопасность технологического процесса обеспечивается путем применения соответствующих технических средств и разработки организационных мероприятий. Определение состава технических средств и организационных мероприятий осуществляется исходя из негативных факторов, возникающих в ходе выполнении технологического процесса. Данные факторы определяются веществами и материалами, используемыми в ходе осуществления технологического процесса, а также применяемых средств оснащения на производственном участке. В состав выбросов в гидросферу и литосферу в данном случае входят: «масла, смазочно-охлаждающие жидкости, смазочные материалы, частицы абразива и стружки, металлический лом, мусор промышленный» [2]. В атмосферу возможно попадание незначительного количества паров смазочно-охлаждающей жидкости и абразивной пыли.

«Все возможные мероприятия по обеспечению экологической безопасности принимаем по ГОСТ Р 53692–2009 «Национальный стандарт Российской Федерации. Ресурсосбережение. Обращение с отходами. Этапы»» [2].

В разделе рассмотрены вопросы безопасности и экологичности. Это позволило выявить опасные производственные факторы, устранить и уменьшить их влияние на работников производства и окружающую среду.

## 5 Экономическая эффективность работы

Данный раздел предполагает решение главной задачи бакалаврской работы, которая заключается в экономическом обосновании целесообразности внедрения предложенных в технологический процесс изменений.

Для решения поставленной задачи необходимо провести сравнительный анализ технических и экономических параметров, двух вариантов технологического процесса, описанных в предыдущих разделах.

Основное изменение технологического процесса предполагает совершенствование двух операций. А именно, применение на одной из них более современной оснастки, за счет этого достигается сокращение вспомогательного времени и, соответственно, штучного времени. Наименование и характеристика применяемой оснастки в базовом и проектном варианте представлены в соответствующих разделах бакалаврской работы. Совместно с заменой оснастки было предложено изменить режимы резания на другой операции, что также привело к снижению вспомогательного времени и общей трудоемкости выполнения операции.

Результатом совершенствований операций, а именно замены оснастки и изменение режимов времени, стало сокращение вспомогательного времени на 51,4%.

Такой результат достаточно существенен для того чтобы сделать предварительное положительное заключение о необходимости внедрения данных изменений. Однако, чтобы полноценно в этом убедиться, необходимо провести некоторые экономические расчеты. Они связаны с определением величины инвестиций и их сроком окупаемости, а также с расчетом самого важного показателя, такого как экономический эффект.

На рисунке 3 представлены методики, которые позволяют грамотно рассчитать все вышеперечисленные экономические показатели.



Рисунок 3 – Применяемые методики для определения необходимых экономических показателей [8]

Используя, описанную на рисунке 3, методику расчета капитальных вложений, в совокупности с программой Microsoft Excel, была определена величина инвестиций ( $K_{BV}$ ), которая составила 69085,69 руб. Данное значение учитывает все необходимые финансовые вливания в совершенствование проекта. На рисунке 4 представлены показатели, из которых сложилась итоговая величина инвестиций.

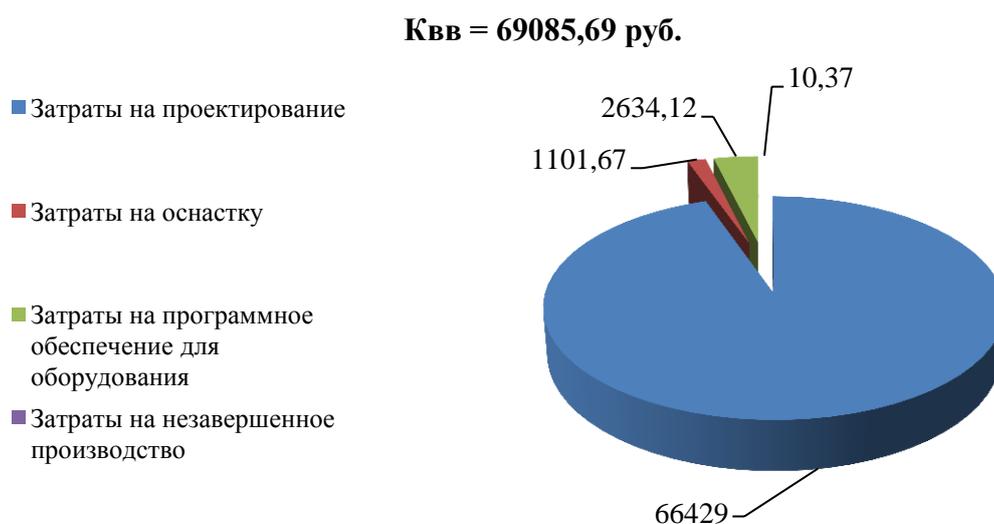


Рисунок 4 – Показатели и их значения, которые вошли в величину инвестиций для предлагаемых совершенствований

Анализируя рисунок 4, можно сказать, что затраты на проектирование являются самыми существенными, так как их доля составила 96,2% в общем объеме инвестиций.

Для определения срока окупаемости заявленных инвестиций необходимо последовательно определить некоторое количество дополнительных показателей, которые представлены на рисунке 5.

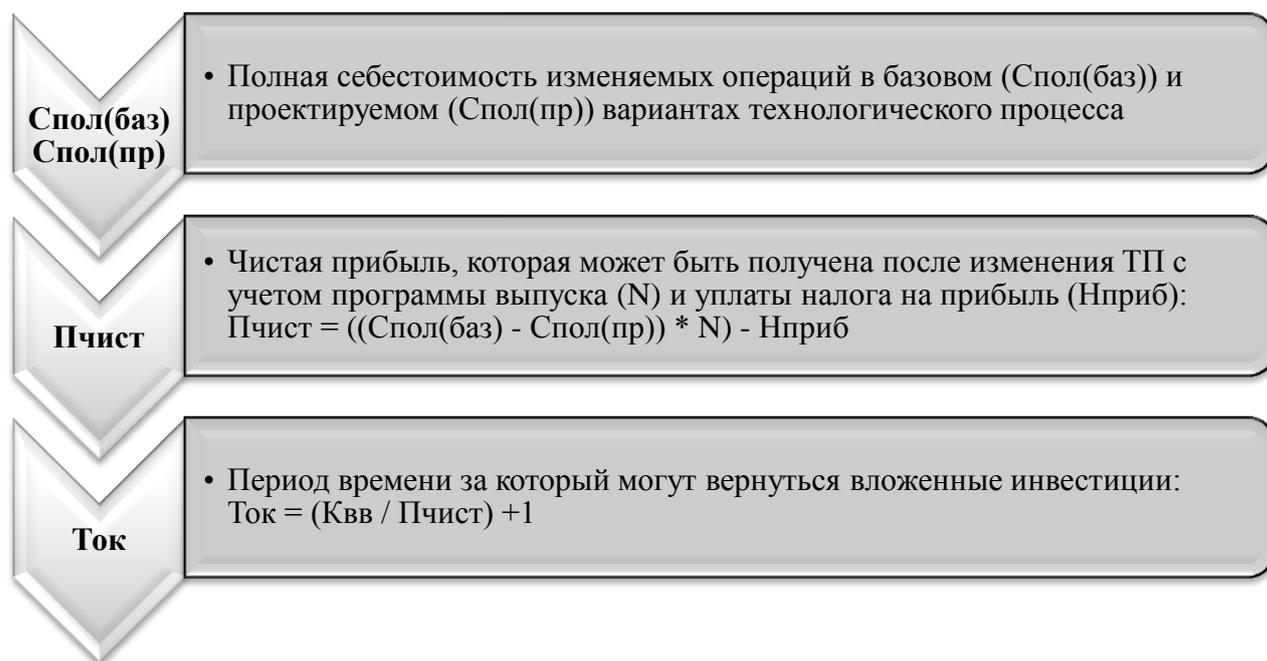


Рисунок 5 – Дополнительные экономические показатели для определения срока окупаемости и их взаимосвязь

Как видно из рисунка 5, для получения результата по сроку окупаемости, сначала необходимо определить значение такого экономического показателя как полная себестоимость изменяемых операций. Эту величину рассчитывают по двум вариантам, базовому и проектируемому. Это необходимо для того чтобы можно было определить изменения, то есть посмотреть на сколько снизиться или увеличится себестоимость выполнения этих операций. Чтобы окупить вложенные инвестиции себестоимость проектируемого варианта должна снижаться. Также важно, насколько она снизится, потому что чем больше будет разница

у полной себестоимости, тем быстрее окупятся вложенные инвестиции.

Далее определяется возможная прибыль, которую сможет получить предприятие от внедрения совершенствований.

Затем уже приступают к определению самого срока окупаемости. Максимальный горизонт окупаемости инвестиций в 4 года.

Учитывая срок окупаемости инвестиций, определяется интегральный экономический эффект ( $\mathcal{E}_{ИИТ}$ ) путем расчета через сложные проценты. Они позволят максимально учесть потерю стоимости денежных средств и показать максимально реалистичное значение экономического эффекта. Данный способ расчета экономического эффекта основывается на расчетном сроке окупаемости инвестиций, величине чистой прибыли и процентной ставке на капитал.

На рисунке 6 представлены рассчитанные значения следующих показателей: чистая прибыль, срок окупаемости и экономический эффект.



Рисунок 6 – Значения показателей чистой прибыли ( $P_{чист}$ ), срока окупаемости ( $T_{ок}$ ) и экономического эффекта ( $\mathcal{E}_{ИИТ}$ )

Как показано на рисунке 6, экономический эффект является положительной величиной, то есть он получен, поэтому внедрение предлагаемых совершенствований можно считать целесообразными.

В данном разделе определена экономическая эффективность спроектированного технологического процесса, которая подтвердила правильность принятых решений.

## Заключение

«Результатом выполнения выпускной квалификационной работы стал технологический процесс изготовления шестерни коробки скоростей» [9]. Получение данного результата стало возможным благодаря достижению «цели работы, заключающейся в проектировании технологического процесса изготовления шестерни коробки скоростей, обеспечивающего выпуск годовой программы выпуска деталей требуемого качества в условиях среднесерийного типа производства с минимальными экономическими затратами» [9].

На первом этапе был проведен анализ условий работы, назначения и технологичности детали, а также анализ типа производства, в условиях которого необходимо изготовить деталь. На основании этого сформулированы задачи, решение которых позволило достичь заявленной цели работы. На следующем этапе проектирования произведены: «выбор метода получения заготовки, проектирование заготовки, проектирование плана изготовления детали, выбор средств технологического оснащения, расчет режимов резания и нормирование технологических операций» [9]. Далее с целью повышения эффективности базовой технологии, произведено проектирование специальных средств технологического оснащения. Спроектированы мембранный патрон и резец, что позволило снизить затраты вспомогательного времени за счет механизации процесса закрепления на шлифовальной операции и решить технические проблемы токарных операций связанные с образованием в процессе резания сливной стружки. Затем рассмотрены вопросы безопасности и экологичности. Это позволило выявить опасные производственные факторы, устранить и уменьшить их влияние на работников производства и окружающую среду. В заключительной части работы определена экономическая эффективность спроектированного технологического процесса, которая подтвердила правильность принятых решений.

## Список используемой литературы и используемых источников

1. Болтон У. Карманный справочник инженера –метролога. [Электронный ресурс] – Электрон. дан. – М.: ДМК Пресс, 2010. – 380 с.
2. Горина Л.Н. Раздел выпускной квалификационной работы «Безопасность и экологичность технического объекта»: учеб. –метод. пособие / Л.Н. Горина, М.И. Фесина. – Тольятти.: Изд –во ТГУ, 2021. – 22 с.
3. ГОСТ 7505–89. Поковки стальные штампованные. Допуски, припуски и кузнечные напуски. – Введ. 1990 –01 –07. – М.: Изд –во стандартов, 1990. – 83 с.
4. Грубый С. В. Расчет режимов резания для операций механической обработки: учебное пособие / С. В. Грубый. – Москва; Вологда : Инфра – Инженерия, 2021. – 200 с. – URL: <https://znanium.com/catalog/product/1833110> (дата обращения: 28.09.2022).
5. Зубарев Ю. М. Режущий инструмент: учебник для вузов / Ю. М. Зубарев, А. В. Вебер, М. А. Афанасенков; Под общей редакцией Ю. М. Зубарева. – Санкт –Петербург: Лань, 2022. – 432 с. – URL: <https://e.lanbook.com/book/254675> (дата обращения: 18.04.2023).
6. Иванов И. С. Технология машиностроения: производство типовых деталей машин: учебное пособие / И.С. Иванов. – Москва: ИНФРА –М, 2022. – 224 с. – URL: <https://znanium.com/catalog/product/1723512> (дата обращения: 07.04.2023).
7. Клепиков В.В. Технология машиностроения: курсовое проектирование: учебное пособие / В.В. Клепиков, В.Ф. Солдатов. – Москва: ИНФРА –М, 2020. – 229 с. – (Высшее образование: Бакалавриат). – Текст: электронный. – URL: <https://znanium.com/catalog/product/1081966> (дата обращения: 29.03.2023).
8. 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: 13.05.2023).

9. 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: 14.04.2023).

10. 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: 05.04.2023).

11. Расторгуев Д.А. Технологическая часть выпускной квалификационной работы машиностроительного направления: электронное учеб. –метод. пособие / Д.А. Расторгуев ; ТГУ ; Ин –т машиностроения ; каф. "Оборудование и технологии машиностроит. пр –ва". – ТГУ. – Тольятти. : ТГУ, 2017. – 34 с. [Электронный ресурс] – URL: <http://hdl.handle.net/123456789/6204> (дата обращения: 21.04.2023).

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.

13. 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.

14. 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.

15. Станочные приспособления: справочник. В 2 т. Т. 1 / редсовет: Б. Н. Вардашкин (пред.) [и др.] ; ред. тома Б. Н. Вардашкин [и др.]. – Москва: Машиностроение, 1984. – 592 с.

16. Станочные приспособления: справочник. В 2 т. Т. 2 / редсовет: Б. Н. Вардашкин (пред.) [и др.] ; ред. тома Б. Н. Вардашкин [и др.]. – Москва:

Машиностроение, 1984. – 655 с.

17.Тарабарин О.И. Проектирование технологической оснастки в машиностроении: учебное пособие / О. И. Тарабарин, А. П. Абызов, В. Б. Ступко. – 2 –е изд., испр. и доп. – Санкт –Петербург: Лань, 2022. – 304 с. – URL: <https://e.lanbook.com/book/211214> (дата обращения: 21.04.2023).

18. Харламов Г.А. Припуски на механическую обработку: справочник. [Электронный ресурс] / Г.А. Харламов, А.С. Тарапанов. – Электрон. дан. – М. : Машиностроение, 2013. – 256 с.

19.Харченко А.О. Металлообрабатывающие станки и оборудование машиностроительных производств: учебное пособие / А.О. Харченко. – 2 –е изд. – Москва: Вузовский учебник: ИНФРА –М, 2023. – 260 с. – URL: <https://znanium.com/catalog/product/1895652> (дата обращения: 17.04.2023).

20. Химический состав и физико–механические свойства стали 20Х2Н4А [Электронный ресурс]. – URL: [https://metallicheckiy-portal.ru/marki\\_metallov/stk/20X2H4A?ysclid=lg5covubce456890654](https://metallicheckiy-portal.ru/marki_metallov/stk/20X2H4A?ysclid=lg5covubce456890654) (дата обращения: 10.03.2023).

21.Ямников А. С. Основы технологии машиностроения: учебник для вузов / А. С. Ямников, А. А. Маликов; под ред. А. С. Ямникова. – Москва; Вологда: Инфра –Инженерия, 2020. – 252 с – URL: <https://znanium.com/catalog/product/1168516> (дата обращения: 25.03.2023).

22.Ямников А. С. Расчет припусков и проектирование заготовок / А.С. Ямников, Е.Ю. Кузнецов, М.Н. Бобков; под редакцией А.С. Ямникова. – Вологда: Инфра –Инженерия, 2020. – 328 с. [Электронный ресурс]. – URL: <https://e.lanbook.com/book/148337> (дата обращения: 18.04.2023).



Продолжение Приложения А

Продолжение таблицы А.1

A	Цех	Уч	PM	Опер	Код, наименование операции	Обозначение документа									
						Код, наименование оборудования	СМ	проф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Кшт
Т 19	393311 Штангенциркуль ШЦ-2 ГОСТ 160-80.														
20															
A 21	XX XX XX 015 4180 Протяжная														
Б 22	381751 Горизонтально-протяжной 7А510 3 16458 422 1Р 1 1 1 1200 1 0,52														
О 23	Протянуть поверхность 11, 17, 18 в размер $\phi 40,699_{-0,10}$ , $\phi 48_{-0,10}$ , $8_{-0,025}$ .														
Т 24	396171 Приспособление специальное; 392302 протяжка Р6М5 ГОСТ 20365-74; 393120 Калибр гладкий.														
25															
A 26	XX XX XX 020 4110 Токарная														
Б 27	381101 Токарный 16К20Ф3 3 18217 422 1Р 1 1 1 1200 1 0,64														
О 28	Точить последовательно Установ А: пов.1 в размер $80,5_{+0,046}$ , Установ Б: пов. 14 $80,25_{+0,046}$														
Т 29	396171 Патрон цанговый ГОСТ 2675-80; 392101 Резец контурный ГОСТ 188791-73 Т15К6;														
30	393410 микрометр ГОСТ 2166-74.														
31															
A 32	XX XX XX 025 4262 Фрезерная														
Б 33	381631 Фрезерный 6Н81Г 3 18632 422 1Р 1 1 1 1200 1 0,58														
О 34	Фрезеровать поверхности 9 и 13 в размер $81_{+0,12}$ , $55^{\circ} \pm 45''$ .														
Т 35	396171 Оправка разжимная ГОСТ 2675-80; 391801 Фреза твердосплавная Т15К6 ГОСТ 18868-73;														
36	393311 Штангенциркуль ШЦ-3 ГОСТ 160-80; 393400 Калибр.														
37															
A 38	XX XX XX 030 4262 Фрезерная														
Б 39	381631 Фрезерный 6Н81Г 3 18632 422 1Р 1 1 1 1200 1 1,1														
О 40	Фрезеровать поверхности 9 и 13 в размер $70,61_{+0,046}$ , $55^{\circ} \pm 30''$ .														
Т 41	396171 Оправка разжимная ГОСТ 2675-80; 391801 Фреза твердосплавная Т15К6 ГОСТ 18868-73;														
МК															

Продолжение Приложения А

Продолжение таблицы А.1

A	Цех	Уч	РМ	Опер	Код, наименование операции	Обозначение документа										
						СМ	проф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Кшт	Тпоз	Тшт
Б	Код, наименование оборудования					СМ	проф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Кшт	Тпоз	Тшт
69	<i>393311 Штангенциркуль ШЦ-3 ГОСТ 160-80; 393400 Калибр.</i>															
70																
A 71	<i>XX XX XX 035 4153 Зубофрезерная</i>															
Б 72	<i>381572 Зубофрезерный 5Д32</i>					<i>3</i>	<i>12287</i>	<i>422</i>	<i>1Р</i>	<i>1</i>	<i>1</i>	<i>1</i>	<i>1200</i>	<i>1</i>		<i>3,1</i>
О 73	<i>Фрезеровать пов. 5, 6 в размер 10-й степени точности</i>															
Т 74	<i>396171 Оправка разжимная ГОСТ 2675-80; 391810 Фреза червячная Р9К10 ГОСТ9324-80.</i>															
75	<i>394300 прибор измерительный универсальный.</i>															
76																
A 77	<i>XX XX XX 040 4162 Зубофасочная</i>															
Б 78	<i>381574 Зубофасочный ВС-320А</i>					<i>3</i>	<i>12287</i>	<i>422</i>	<i>1Р</i>	<i>1</i>	<i>1</i>	<i>1</i>	<i>1200</i>	<i>1</i>		<i>0,48</i>
О 79	<i>Обработать пов. 4 в размер 15°±30'</i>															
Т 80	<i>396171 Оправка разжимная ГОСТ 2675-80; 391810 Фреза Р6М5 специальная.</i>															
81	<i>393400 Калибр.</i>															
82																
A 83	<i>XX XX XX 045 4157 Зубошеввинговальная</i>															
Б 84	<i>381574 Зубошеввинговальный 5715</i>					<i>3</i>	<i>12287</i>	<i>422</i>	<i>1Р</i>	<i>1</i>	<i>1</i>	<i>1</i>	<i>1200</i>	<i>1</i>		<i>1,5</i>
О 85	<i>Шевинговать пов. 5 в размер 7-й степени точности</i>															
Т 86	<i>396171 Оправка разжимная ГОСТ 2675-80; 391810 Шелвер дисковый Р6М5 ГОСТ19267-73.</i>															
87	<i>394300 прибор измерительный универсальный.</i>															
88																
A 89	<i>XX XX XX 050 Термическая</i>															
90																
91																
МК																

Продолжение Приложения А

Продолжение таблицы А.1

A	Цех	Уч	PM	Опер	Код, наименование операции	Обозначение документа														
						Код, наименование оборудования	СМ	проф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Кшт	Тпоз	Тшт			
A 94	XX	XX	XX	055	4132 Внутршлифовальная															
Б 95	381312	Внутршлифовальный	ЗК228Б	3	18873	422	1Р	1	1	1	1200	1								0,56
О 96	Шлифовать поверхности: пов. 11, 14 в размер $\phi 4,58^{+0,039}$ ; $80,86^{+0,046}$																			
Т 97	396171 Патрон мембранный; 39810 Круги шлифовальные; 393120 Калибры																			
98																				
A 99	XX	XX	XX	060	4132 Внутршлифовальная															
Б 100	381312	Внутршлифовальный	ЗК228Б	3	18873	422	1Р	1	1	1	1200	1								0,29
О 101	Шлифовать поверхность 1 в размер; $80,16^{+0,040}$																			
Т 102	396171 Патрон мембранный; 39810 Круг шлифовальный; 393120 Калибры																			
103																				
A 104	XX	XX	XX	065	4132 Внутршлифовальная															
Б 105	381312	Внутршлифовальный	ЗК228Б	3	18873	422	1Р	1	1	1	1200	1								0,56
О 106	Шлифовать поверхности: пов. 11, 14 в размер $\phi 40^{+0,025}$ ; $80,68^{+0,046}$																			
Т 107	396171 Патрон мембранный; 39810 Круги шлифовальные; 393120 Калибры																			
108																				
A 109	XX	XX	XX	070	4132 Внутршлифовальная															
Б 110	381312	Внутршлифовальный	ЗК228Б	3	18873	422	1Р	1	1	1	1200	1								0,26
О 111	Шлифовать поверхность 1 в размер; $80^{+0,040}$																			
Т 112	396171 Патрон мембранный; 39810 Круг шлифовальный; 393120 Калибры																			
113																				
A 114	XX	XX	XX	075	4151 Зубшлифовальная															
Б 115	381562	Зубшлифовальный	5В832	3	12287	422	1Р	1	1	1	1200	1								0,77
О 116	Шлифовать пов. 5 в размер 6-й степени точности																			
МК																				

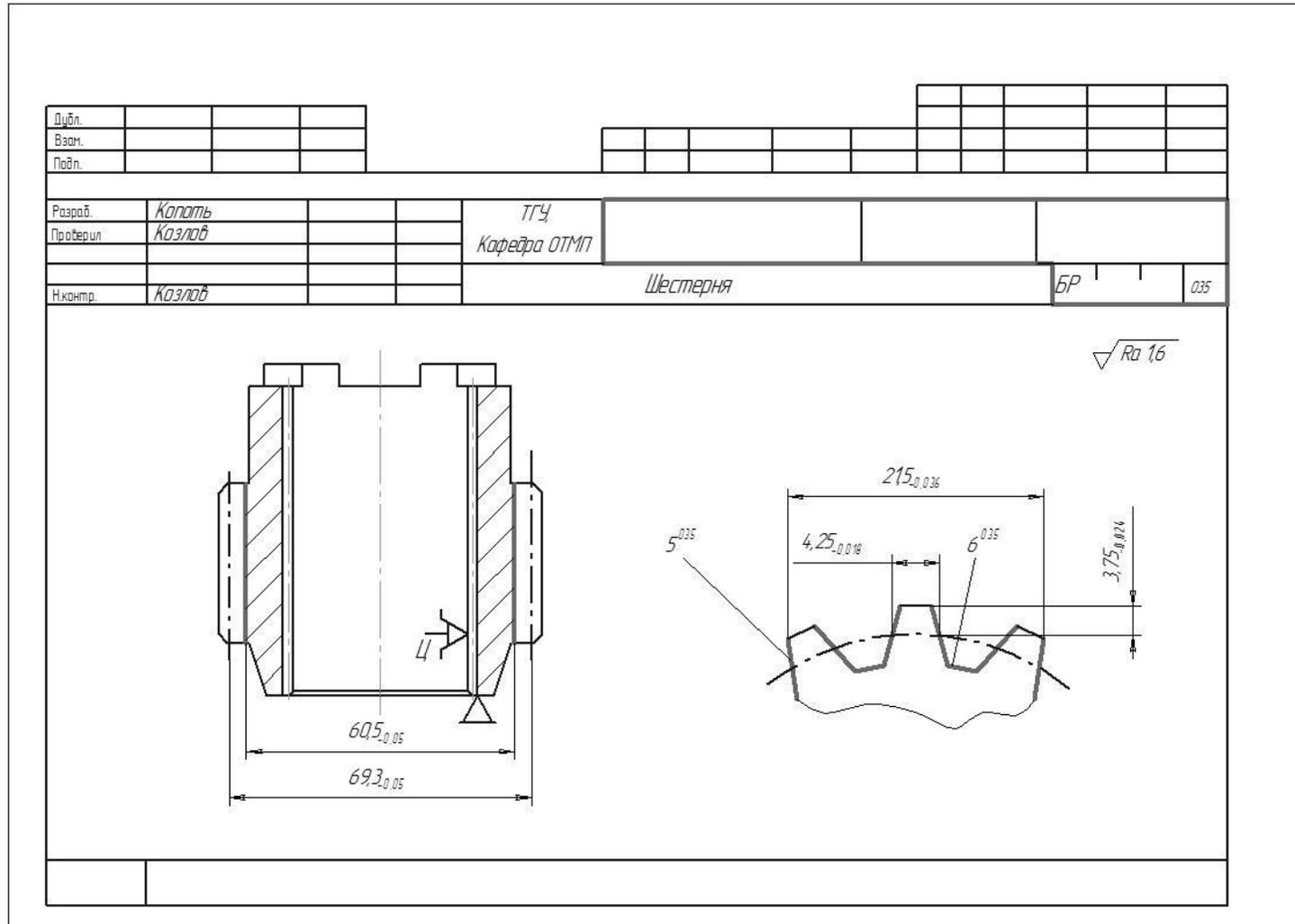
Продолжение Приложения А

Продолжение таблицы А.1

A	Цех	Уч	PM	Опер	Код, наименование операции	Обозначение документа									
						Код, наименование оборудования	СМ	проф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Кшт
Т 117	<i>396171 Оправка разжимная ГОСТ 2675-80; 391810 Абразивный круг</i>														
118	<i>394300 Прибор измерительный универсальный.</i>														
119															
A 120	<i>XX XX XX 080 4133 Шлифовальная</i>														
Б 121	<i>381313 Плоскошлифовальный 3E711B 3 18873, 422 1P 1 1 1 1200 1 0,56</i>														
О 122	<i>Шлифовать поверхности 9 и 13 в размер 70,11<sup>+0,04</sup>, 55°±20'.</i>														
Т 123	<i>396171 Оправка разжимная цанговая ГОСТ 2675-80; 391801 Круг шлифовальный; 393120 Калибры.</i>														
124															
A 125	<i>XX XX XX 085 4133 Шлифовальная</i>														
Б 126	<i>381313 Плоскошлифовальный 3E711B 3 18873, 422 1P 1 1 1 1200 1 0,25</i>														
О 127	<i>Шлифовать поверхности 9 и 13 в размер 70,11<sup>+0,04</sup>, 55°±20'.</i>														
Т 128	<i>396171 Оправка разжимная цанговая ГОСТ 2675-80; 391801 Круг шлифовальный; 393120 Калибры.</i>														
129															
A 130	<i>XX XX XX 090 Моечная</i>														
131															
A 132	<i>XX XX XX 095 Контрольная</i>														
133															
134															
135															
136															
137															
138															
139															
МК															

Продолжение Приложения А

Продолжение таблицы А.1



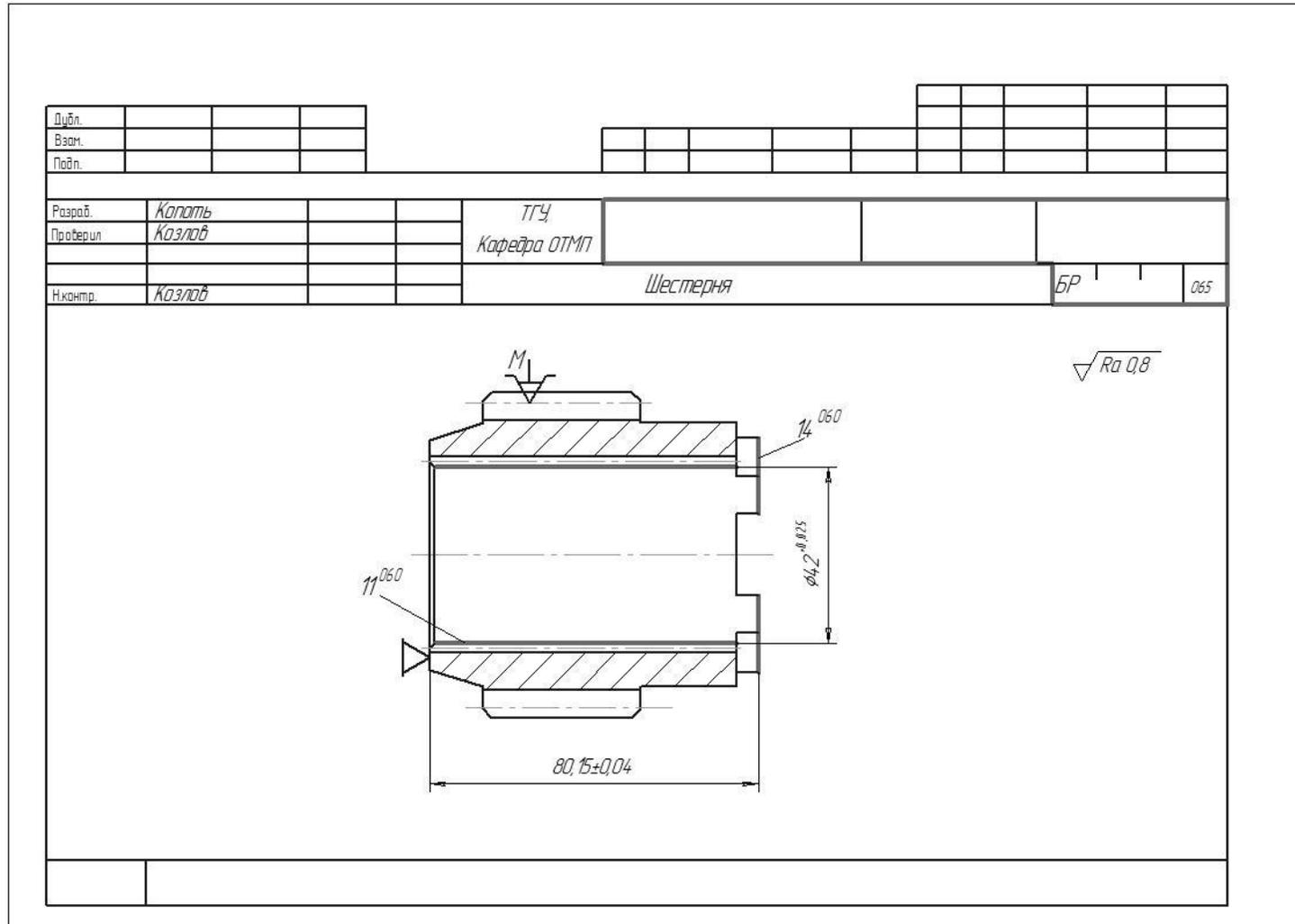
Продолжение Приложения А

Продолжение таблицы А.1

ГОСТ 2118-82										Форма 1			
Дубл.													
Взам.													
Подп.													
Разраб.	<i>Копать</i>												
Проверил	<i>Козлов</i>												
Исполн.	<i>Козлов</i>			<i>Шестерня</i>						Цех	Уч.	Р.М.	Опер.
Наименование операции	Материал			Твердость	ЕВ	МД	Профиль и размеры			МВ	КОИД		
<i>Зубофрезерная</i>	<i>20Х2Н4А ГОСТ 4543-71</i>			<i>НВ 280</i>	<i>166</i>	<i>14</i>	<i>№80х85</i>			<i>17</i>	<i>1</i>		
Оборудование, устройства ЧПУ	Обозначение программы			то	тв	тгв	тип	сож					
<i>5032</i>				<i>27</i>			<i>31</i>	<i>Ужюнал-1</i>					
			пи	о или в	L	r	i	s	п	v			
01	<i>1. Установить заготовку</i>												
Т. 02	<i>396171 Оправка разжимная ГОСТ 2675-80; 391810 Фреза червячная Р9К10 ГОСТ 9324-80.</i>												
03	<i>2. Фрезеровать пов. 5, 6 выдерживая размеры согласно эскиза.</i>												
Р. 04			<i>1</i>				<i>1,27</i>		<i>0,43</i>	<i>1000</i>	<i>127</i>		
05	<i>3. Открепить, снять деталь с приспособления, положить на тележку.</i>												
06													
07													
08													
09													
10													

## Продолжение Приложения А

### Продолжение таблицы А.1



Продолжение Приложения А

Продолжение таблицы А.1

										ГОСТ 2118-82				Форм 1				
Дубл.																		
Взам.																		
Подп.																		
Разраб.	<i>Копать</i>																	
Проверил	<i>Козлов</i>																	
Исполн.	<i>Козлов</i>			<i>Шестерня</i>							Цех	Уч.	Р.М.	Опер.				
Наименование операции										Материал		Твердость	ЕВ	МД	Профиль и размеры		МВ	КОИД
<i>Внутришлифовальная</i>										<i>20Х2Н4А ГОСТ 4543-71</i>		<i>НВ 320</i>	<i>166</i>	<i>14</i>	<i>#80х85</i>		<i>17</i>	<i>1</i>
Оборудование, устройства ЧПУ										Обозначение программы		то	тЪ	тгв	тип	слож		
<i>ЭК228В</i>												<i>0,26</i>			<i>0,42</i>	<i>Ужиднал-1</i>		
										пи	о или в	L	f	i	s	п	v	
ст	<i>1. Установить заготовку</i>																	
Т.з.	<i>396171 Патрон мембранный; 39810 Круги шлифовальные; 393120 Калибры</i>																	
о.з.	<i>2. Шлифовать поверхность 11 выдерживая размеры согласно эскиза.</i>																	
Р.з.	<i>1</i>																	
о.з.	<i>3. Шлифовать поверхность 14 выдерживая размеры согласно эскиза.</i>																	
з.	<i>396171 Патрон мембранный; 39810 Круги шлифовальные; 393120 Калибры</i>																	
Р.з.	<i>1</i>																	
о.з.	<i>4. Открепить, снять деталь с приспособления, уложить на тележку.</i>																	
з.																		
ст																		
т																		

Приложение Б

Спецификации к сборочным чертежам

Таблица Б.1 – Спецификации к сборочным чертежам

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание	Листов		
									Лит.	Лист	Листов
<i>Перед. примен.</i>											
						<u>Документация</u>					
					23.БР.ОТМП.284.5.00.000СБ	Сборочный чертеж					
<u>Детали</u>											
					23.БР.ОТМП.284.65.00.001	Корпус	1				
					23.БР.ОТМП.284.65.00.002	Корпус	1				
					23.БР.ОТМП.284.65.00.003	Корпус	1				
					23.БР.ОТМП.284.65.00.004	Крышка торцовая	1				
					23.БР.ОТМП.284.65.00.005	Крышка торцовая	1				
					23.БР.ОТМП.284.65.00.006	Крышка цилиндра	1				
					23.БР.ОТМП.284.65.00.007	Кулачок	1				
					23.БР.ОТМП.284.65.00.008	Мембрана	1				
					23.БР.ОТМП.284.65.00.009	Муфта	3				
					23.БР.ОТМП.284.65.00.010	Поршень	3				
					23.БР.ОТМП.284.65.00.011	Ролик	1				
					23.БР.ОТМП.284.65.00.012	Толкатель	1				
					23.БР.ОТМП.284.65.00.013	Упор	1				
<u>Стандартные изделия</u>											
					14	Болт М 8х35 ГОСТ 11871-73	3				
					15	Ввертыш ГОСТ 11058-72	1				
					16	Ввертыш ГОСТ 11059-72	1				
					<b>23.БР.ОТМП.284.65.00.000</b>						
					<b>Станочное приспособление</b>						
								ТГУ, ИМ гр. ТМдп-1801б			
					Копировал			Формат А4			



Продолжение Приложения Б

Продолжение таблицы Б.1

Формат	Зона	Лист	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание	Перв. примен.	
							Стр.	Лист
				<u>Документация</u>				
A2			23.БР.ОТМП.284.70.00.000СБ	Сборочный чертеж				
				<u>Детали</u>				
A3	1		23.БР.ОТМП.284.70.00.001	Державка резца	1			
A4	2		23.БР.ОТМП.284.70.00.002	Прихват	1			
A4	3		23.БР.ОТМП.284.70.00.003	Штифт цилиндрический	1			
				<u>Стандартные изделия</u>				
	4			Винт зажимной ГОСТ 17475-80	1			
	5			Пластина опорная ГОСТ 19046-80	1			
	6			Пластина режущая ГОСТ 19046-80	1			
			<b>23.БР.ОТМП.284.70.00.000</b>					
			Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	
			Разраб.	Копоть				
			Проб.	Козлов				
			Н.контр.	Козлов				
			Утв.	Логинов				
			<b>Резец токарный</b>			Лист	Лист	Листов
								1
						ТГУ ИМ зр. ТМдп-1801б		
			Копировал			Формат А4		