

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 входного вала сортировочной машины

Обучающийся	<u>П.А. Терентьев</u> (Инициалы Фамилия)	_____	(личная подпись)
Руководитель	<u>канд. техн. наук, доцент А.А. Козлов</u> (ученая степень (при наличии), ученое звание (при наличии), Инициалы Фамилия)	_____	
Консультанты	<u>канд. экон. наук, доцент Е.Г. Смышляева</u> (ученая степень (при наличии), ученое звание (при наличии), Инициалы Фамилия)	_____	
	<u>канд. физ.-мат. наук, доцент Д.А. Романов</u> (ученая степень (при наличии), ученое звание (при наличии), Инициалы Фамилия)	_____	

Тольятти 2024

## Аннотация

В выпускной квалификационной работе разрабатывается технологический процесс изготовления входного вала сортировочной машины.

Цель работы заключается в проектировании технологии изготовления вала на основе типовой технологии изготовления деталей данного класса и ее совершенствовании для максимального снижения затрат на изготовление в заданных производственных условиях.

Работа состоит из пяти разделов, выполненных на 64 страницах пояснительной записки и графической части, выполненной на 7,5 листах формата А1.

В первом разделе приведены исходные данные для проектирования и проведен их анализ для определения задач работы, которые необходимо выполнить для достижения ее цели.

Во втором разделе решены стандартные технологические задачи, такие как проектирование заготовки, разработка плана изготовления, определение технических средств оснащения технологического процесса, определение режимов резания и нормирование технологических операций.

В третьем разделе разработаны специальные технические средства оснащения, что позволило снизить время проведения лимитирующей операции за счет механизации процесса закрепления заготовки и внесения изменений в конструкцию режущего инструмента.

В четвертом разделе спроектированная технология изготовления вала оценена на безопасность и экологичность ее выполнения с учетом применения предлагаемых специальных технических средств.

В пятом разделе произведена экономическая оценка предлагаемой технологии изготовления вала и изменений, внесенных в нее. Установлено, что экономический эффект имеет положительное значение. Все предлагаемые решения признаны эффективными.

## Содержание

Введение.....	4
1 Исходные данные и их анализ .....	5
1.1 Назначение и условия работы детали .....	5
1.2 Оценка технологичности детали .....	6
1.3 Анализ параметров типа производства.....	8
1.4 Постановка задач работы .....	10
2 Технологическая часть .....	12
2.1 Проектирование заготовки.....	12
2.2 Разработка плана изготовления .....	19
2.3 Технические средства оснащения .....	21
2.4 Определение режимов резания и нормирование .....	25
3 Разработка специальных технических средств оснащения .....	28
3.1 Разработка специального станочного приспособления .....	28
3.2 Разработка концевой фрезы .....	34
4 Безопасность и экологичность технического объекта .....	37
4.1 Конструктивно-технологическая характеристика технического объекта.....	37
4.2 Идентификация профессиональных рисков.....	37
4.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков.....	39
4.4 Обеспечение пожарной безопасности технического объекта .....	42
4.5 Обеспечение экологической безопасности объекта .....	43
5 Экономическая эффективность работы .....	44
Заключение .....	48
Список используемых источников.....	49
Приложение А Технологическая документация.....	53
Приложение Б Спецификации к сборочным чертежам .....	63

## Введение

Современные деревообрабатывающие предприятия имеют высокую степень автоматизации процессов. Это позволяет существенно увеличить производительность производства и качество обработки без увеличения производственных площадей и привлечения дополнительного персонала.

Одним из средств автоматизации на таком производстве является сортировочная машина. Данный механизм выполняет сортировку круглой древесины в зависимости от диаметра и кривизны, что позволяет оптимизировать дальнейшую переработку. В состав данной машины входит цепной транспортер подающий древесину в зону сортировки.

Транспортер приводится в движение приводом входной вал которого рассматривается в данной работе. Отсюда можно сделать вывод о важности данной детали для работоспособности всей сортировочной машины. Следовательно, данная деталь должна отвечать всем техническим требованиям, заложенным конструктором.

Выполнение технических требований обеспечивается на стадии разработки технологии изготовления детали, путем применения соответствующих методов обработки и разработки оптимальных маршрутов. Другим немаловажным фактором, отражающим эффективность спроектированной технологии изготовления детали, являются ее экономические показатели. Наилучшие экономические показатели обеспечиваются путем правильной организации производственного процесса, правильным подбором и эффективным использованием технологических средств оснащения с учетом особенностей предприятия, на котором технологический процесс будет реализован.

Таким образом, цель работы заключается в проектировании технологии изготовления вала на основе типовой технологии изготовления деталей данного класса и ее совершенствовании для максимального снижения затрат на изготовление в заданных производственных условиях.

## **1 Исходные данные и их анализ**

### **1.1 Назначение и условия работы детали**

Вал предназначен для установки на нем шестерни, пальцев соединительной муфты, а также передачи крутящего момента от электродвигателя на шестерню привода посредством внутренних цилиндрических поверхностей отверстий, выполненных на торце и боковых поверхностях шпоночного паза, выполненного на шейке под посадку зубчатого колеса. В корпусе редуктора привода вал базируется по шейкам под подшипники и торец.

Большая часть вала находится в закрытом корпусе редуктора, что обеспечивает данным поверхностям хорошие эксплуатационные условия со смазкой масляным туманом и полной изоляцией от воздействия внешних атмосферных факторов. В тоже время торец с отверстиями под пальцы вследствие конструктивных особенностей применяемой соединительной муфты контактирует с внешней средой. Таким образом, на данные поверхности могут воздействовать атмосферные осадки, пыль и продукты переработки древесины. Это может привести к возникновению очаговой коррозии и повреждению поверхностей вала.

Транспортер сортировочной машины работает вне производственных помещений, поэтому следует учесть и влияние температурного фактора на рассматриваемую деталь. В условиях пониженных или повышенных температур может возникнуть масляное голодание на подшипниковых шейках, а также ухудшение смазывающей способности масла, вызванное увеличением вязкости или излишним разжижением масла. Это может привести к появлению очагов преждевременного износа на подшипниковых шейках и исполнительных поверхностях вала.

В целом следует отметить, что функциональное назначение вала является типовым для деталей данного класса, а условия его эксплуатации

можно охарактеризовать как приемлемые.

## 1.2 Оценка технологичности детали

Технологичность один из важнейших показателей детали, который характеризует эффективность ее производства в конкретных производственных условиях. Оценка технологичности производится исходя из характеристик материала детали, особенностей ее конструкции, формы и характеристик заготовки, особенностей технологии обработки [10].

Рассмотрим основные характеристики используемого для изготовления детали материала. В данном случае используется сталь 33ХС ГОСТ 4543-71, что обусловлено конструкцией детали и ее служебным назначением. «Химический состав стали: углерод от 0,29% до 0,37%, хром от 1,3% до 1,6%, кремний от 1,0% до 1,4%, марганец от 0,3% до 0,6%, никель до 0,3%, сера до 0,035%, фосфор до 0,035%, медь до 0,3%. Физико-механические свойства: предел текучести 295 МПа, предел прочности 590 МПа, относительное удлинение 17%, относительное сужение 40%, твердость по шкале Бринелля от 179 до 189 единиц» [25]. Данные характеристики стали позволяют получить удовлетворительные показатели резания на операциях механической обработки. Исходя из химического состава стали, наиболее рационально для получения ее заготовки применять методы обработки давлением.

К конструктивным особенностям детали можно отнести большую разницу шеек в диаметрах и наличие двух групп диаметрально расположенных сквозных отверстий на крайней шейке, выполняющей роль фланца. Это потребует внесения изменений в типовой технологический процесс обработки, но при этом применения специальных методов обработки не потребуется. Немаловажным при оценке конструкции детали является определение служебного назначения ее поверхностей. Для этого приведем эскиз детали (рисунок 1) и классифицируем поверхности (таблица 1).

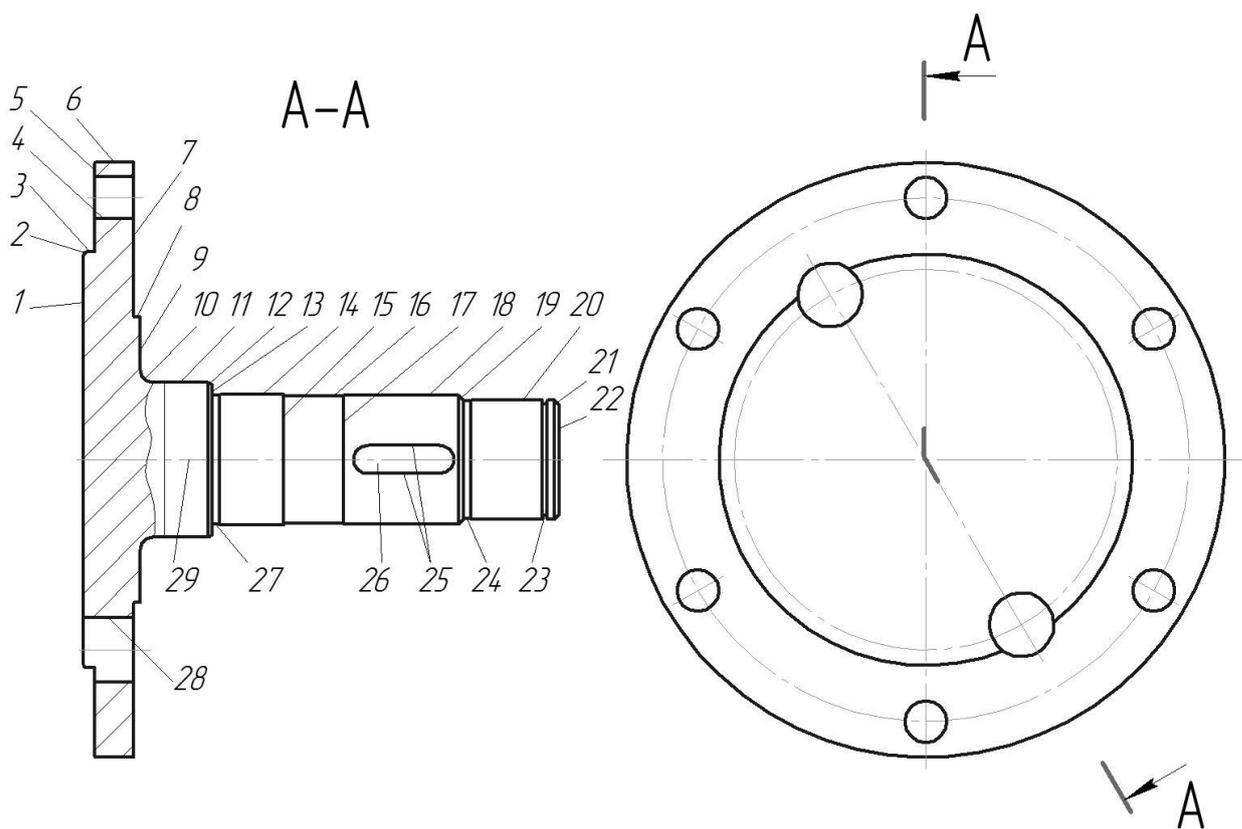


Рисунок 1 – Эскиз детали

Таблица 1 – Классификация поверхностей

Вид поверхности	Номер поверхности
Основные конструкторские базы	13, 14, 20
Вспомогательные конструкторские базы	3, 4, 5, 11, 26
Исполнительные поверхности	25, 28
Свободные поверхности	все оставшиеся

Количество ответственных поверхностей достаточно значительное, что приведет к необходимости применения точной обработки.

Форма заготовки обусловлена особенностями конструкции детали, которые делают заведомо нерентабельным применение для получения заготовки проката. В данном случае возможно исключительно применение методов обработки давлением. Исходя из анализа всего приведенного комплекса ограничений и данных источника [11], «приходим к выводу, что для получения заготовки рассматриваемой детали наиболее рационально

применение методов штамповки на горизонтально-ковочной машине и на кривошипном горячештамповочном прессе» [11].

Технологичность механической обработки оценивается возможностью достижения требуемых характеристик детали. Достижение требуемых характеристик поверхностей детали в данном случае возможно путем применения стандартных методов обработки. Заметим, что имеется большое количество точных поверхностей, что потребует применения дорогостоящих финишных методов обработки. Базирование заготовок, исходя из формы детали, можно производить по различным поверхностям, с применением искусственных технологических баз в виде центровых отверстий.

Проведенный анализ детали позволяет сделать вывод о высокой степени ее технологичности. К недостаткам можно отнести большое количество точных поверхностей и большой перепад диаметров шеек, что вызовет ряд трудностей при проектировании технологии изготовления. В частности это потребует применения дорогостоящих методов обработки и разработки схем базирования, а также средств технологического оснащения реализующих их, с учетом особенностей конструкции детали.

### **1.3 Анализ параметров типа производства**

Параметры типа производства определяют не только его организационные особенности, но и стратегию проектирования технологии изготовления детали.

«На первом этапе проводимого анализа необходимо определить тип производства с применением упрощенной методики» [1]. «В соответствии с ней годовая программа выпуска деталей 4000 штук при массе 10,68 кг соответствует среднесерийному типу производства» [1].

Основные организационные параметры данного типа производства:

- «непоточная групповая форма организации технологического процесса» [1],

- передача заготовок от одной операции к другой партиями с различной продолжительностью пролеживания между ними,
- формирование участков по технологическому признаку оборудования,
- использование универсального и специализированного оборудования,
- использование стандартизированной технологической оснастки,
- использование стандартного и широкоуниверсального режущего инструмента,
- высокая квалификация персонала.

Основные особенности проектирования технологии изготовления в условиях среднесерийного типа производства:

- использование типовых технологических процессов в качестве аналогов,
- применение последовательной стратегии проектирования,
- соблюдение принципа концентрации переходов при проектировании технологических операций,
- применение аналитического и опытно-статистического методов определения припусков на обработку,
- применение заготовок максимально приближенных по форме к готовой детали,
- определение режимов резания и нормирование расчетно-аналитическим или статистическим методами в зависимости от требуемой точности,
- достижение точности обработки путем предварительной настройки на размер,
- соблюдение основных положений теории базирования при проектировании технологических операций,
- «применение в качестве технологической документации

маршрутной карты и операционных карт с картами эскизов» [1] для наиболее сложных операций.

При проектировании технологического процесса будем придерживаться данных рекомендаций. Заметим, что в ряде случаев допускается отклонение от них. Например, допускается применение специальных средств технологического оснащения, в случае если стандартные средства технологического оснащения отсутствуют или применение специальных средств технологического оснащения позволяет сократить производственные затраты.

Следует учесть, что в соответствии с современными тенденциями развития в условиях среднесерийного типа производства широко применяются станки с числовым программным управлением. Их применение приводит к необходимости более тщательной проработки технологической документации, повышению уровня автоматизации всех производственных процессов, использованию современных средств диагностики оборудования и процесса обработки, например, адаптивных систем. Также повышаются требования к средствам технологического оснащения.

#### **1.4 Постановка задач работы**

Сформулируем задачи работы.

«На первом этапе необходимо выполнить проектирование заготовки. Решение этой задачи потребует дополнительно решить задачи выбора метода получения заготовки, определения маршрутов обработки поверхностей, припусков на обработку и технологических напусков, а также характеристик заготовки» [4].

«На втором этапе необходимо спроектировать технологию изготовления. Для этого необходимо определить маршрут изготовления детали, разработать схемы базирования на технологических операциях,

выбрать средства технологического оснащения, определить режимы резания и выполнить нормирование технологических операций» [4].

«Далее необходимо разработать специальные технические средства оснащения, которые позволят сократить время на лимитирующей операции» [4].

«Затем спроектированную технологию необходимо оценить на безопасность и экологичность ее выполнения с учетом применения предлагаемых специальных технических средств» [4].

«На заключительном этапе необходимо произвести экономическую оценку предлагаемой технологии изготовления и изменений, внесенных в нее» [4].

В данном разделе рассмотрены имеющиеся исходные данные и проведен их анализ. Были оценены условия работы, служебное назначение, технологичность детали, определен тип производства и его основные характеристики. На основе полученных результатов определены основные задачи работы, выполнение которых позволит достичь сформулированной во введении цели.

## 2 Технологическая часть

### 2.1 Проектирование заготовки

Проектирование заготовки начинается с этапа выбора метода ее получения. Вопрос выбора метода получения заготовки подразумевает наличие вариантов. В ходе проведения анализа технологичности часть методов получения была отброшена как заведомо невыгодные или технически не реализуемые. В результате для выбора остались «метод штамповки на горизонтально-ковочной машине и метод штамповки на кривошипном горячештамповочном прессе» [11]. Выбор из этих двух методов можно сделать путем сравнения себестоимости получения заготовок. Однако, дешевая заготовка может привести к удорожанию готовой детали, так как увеличиваются напуски на обработку и, как следствие этого, стоимость механической обработки. В идеальном случае необходимо оценивать не стоимость заготовки, а стоимость изготовления детали из данной заготовки. В этом случае требуется полная разработка всех технологических процессов для сравниваемых вариантов. В условиях среднесерийного типа производства проектирование таким методом нецелесообразно, поэтому применяется упрощенная методика [11].

«Сравнение выполним по суммарным затратам на изготовление детали:

$$C_i = C_{zi} + C_{обри}, \quad (1)$$

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

$C_{обри}$  – стоимость механической обработки, руб.;

$i$  – индекс варианта получения заготовки» [11].

«Стоимость получения заготовки рассчитывается по формуле:

$$C_{zi} = \frac{C_{mi} \cdot M_{zi}}{1000} \cdot K_{сп} \cdot K_T \cdot K_{сл}, \quad (2)$$

где  $C_{mi}$  – цена материала за тонну, руб.;

$M_{zi}$  – масса заготовки, кг;

$K_{сп}$  – коэффициент, определяемый способом получения заготовки;

$K_T$  – коэффициент, определяемый необходимой точностью заготовки;

$K_{сл}$  – коэффициент, определяемый сложностью получения заготовки» [11].

«Расчет массы заготовки выполняется по формуле:

$$M_{zi} = M_d \cdot K_p, \quad (3)$$

где  $M_d$  – масса детали, кг;

$K_p$  – коэффициент формы заготовки и способа ее получения» [11].

«Индекс метода получения заготовки принимаем 1 для заготовки, полученной на горизонтально-ковочной машине, 2 для заготовки, полученной на кривошипном горячештамповочном прессе» [11].

$$M_{z1} = 10,68 \cdot 1,3 = 13,88 \text{ кг.}$$

$$M_{z2} = 10,68 \cdot 1,35 = 14,42 \text{ кг.}$$

«Стоимость получения заготовки по формуле (2) равна.

$$C_{z1} = \frac{35000 \cdot 13,88}{1000} \cdot 1,0 \cdot 0,82 \cdot 1,1 = 398,36 \text{ р.}$$

$$C_{z2} = \frac{35000 \cdot 14,42}{1000} \cdot 1,2 \cdot 0,82 \cdot 1,0 = 478,03 \text{ р.} \text{» [11]}$$

«Стоимость механической обработки рассчитывается по формуле:

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

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

$K_{имi}$  – коэффициент использования материала;

$K_0$  – коэффициент обрабатываемости материала» [11].

«Коэффициент использования материала рассчитывается по формуле:

$$K_{имi} = \frac{M_д}{M_з}. \quad (5) \gg [11]$$

«Выполняем расчеты.

$$K_{им1} = \frac{10,68}{13,88} = 0,77.$$

$$K_{им2} = \frac{10,68}{14,42} = 0,74 \gg [11].$$

«Стоимость механической обработки по формуле (4) равна.

$$C_{обр1} = \frac{42 \cdot \left(\frac{1}{0,77} - 1\right) \cdot 10,68}{0,8} = 167,48 \text{ р.}$$

$$C_{обр2} = \frac{42 \cdot \left(\frac{1}{0,74} - 1\right) \cdot 10,68}{0,8} = 197,01 \text{ р.} \gg [11]$$

«Общие затраты по формуле (1) составят.

$$C_1 = 398,36 + 167,48 = 565,84 \text{ р.}$$

$$C_2 = 478,03 + 197,01 = 675,04 \text{ р.} \gg [11]$$

Метод получения заготовки на горизонтально-ковочной машине, в соответствии с принятой методикой, имеет лучшие показатели. Дальнейшее проектирование заготовки будем производить для данного метода по методике [12].

Следующим этапом проектирования заготовки является определение припусков на обработку поверхностей. Для этого сначала необходимо решить задачу выбора маршрутов обработки поверхностей.

Достижение одних и тех же параметров обработанной поверхности возможно путем применения различных маршрутов обработки. Отличие в применении того или иного маршрута заключается в его стоимости. На практике применяется методика определения маршрутов обработки поверхностей по суммарному коэффициенту относительных затрат [19].

«Результаты проектирования маршрутов обработки приведены в таблице 2» [19].

Таблица 2 – Маршруты обработки поверхностей

Поверхности	Квалитет	Шероховатость, мкм	Маршрут обработки
1, 22	12	12,5	«фрезерование, термическая обработка» [19]
2, 12, 15, 16, 17, 19, 21, 23, 24, 27	12	12,5	«точение чистовое, термическая обработка» [19]
3	11	12,5	«точение, точение чистовое, термическая обработка» [19]
4, 28	12	12,5	«сверление, термическая обработка» [19]
5	10	6,3	«точение, точение чистовое, термическая обработка» [19]
6, 7, 8, 9, 10	12	12,5	«точение, термическая обработка» [19]
11	11	0,32	«точение, точение чистовое, термическая обработка, шлифование, шлифование чистовое, полирование» [19]
13	12	2,5	«точение, точение чистовое, термическая обработка, шлифование, шлифование чистовое» [19]
14, 18, 20	6	1,25	«точение, точение чистовое, термическая обработка, шлифование, шлифование чистовое» [19]
25	9	3,2	«фрезерование, термическая обработка» [19]
26	12	6,3	«фрезерование, термическая обработка» [19]
30, 31	9	3,2	«сверление, термическая обработка, шлифование» [19]

«Припуски на обработку точных поверхностей диаметром  $50k6^{(+0.018/+0.002)}$  определяются расчетно-аналитическим методом» [21].

«Минимальный припуск рассчитывается для каждого перехода по формуле:

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

где  $a_{i-1}$  – величина дефектного слоя на предыдущем переходе, мм;  
 $\Delta_{i-1}$  – величина пространственных отклонений поверхностей на предыдущем переходе, мм;  
 $\varepsilon_i$  – величина погрешности установки заготовки на текущем переходе, мм» [21].

«Максимальный припуск рассчитывается для каждого перехода по формуле:

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

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

$Td_{i-1}$  – допуск размера на предыдущем переходе, мм» [21].

«Средний припуск рассчитывается для каждого перехода по формуле:

$$z_{срi} = 0,5 \cdot (z_{i \max} + z_{i \min}). \quad (8) \text{» [21]}$$

«Результаты проведения расчетов припусков приведены ниже.

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

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

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

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

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

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

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

$$z_{4 \max} = z_{4 \min} + 0,5 \cdot (Td_3 + Td_4) = 0,066 + 0,5 \cdot (0,039 + 0,016) =$$

= 0,094 мм.

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

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

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

$$z_{cp4} = 0,5 \cdot (z_{4max} + z_{4min}) = 0,5 \cdot (0,094 + 0,066) = 0,080 \text{ мм.} \gg [21]$$

«Минимальный диаметр рассчитывается по формуле:

$$d_{(i-1)min} = d_{imin} + 2 \cdot z_{imin}. \quad (9) \gg [21]$$

«В маршруте обработки поверхности предусмотрено выполнение термической обработки. С учетом этого минимальный диаметр на переходе, предшествующем термическому рассчитывается по формуле:

$$d_{(то-1)min} = d_{(i-1)min} \cdot 0,999. \quad (10) \gg [21]$$

«Максимальный диаметр рассчитывается по формуле:

$$d_{(i-1)max} = d_{(i-1)min} + Td_{i-1}. \quad (11) \gg [21]$$

«Средний диаметр рассчитывается по формуле:

$$d_{i\text{cp}} = 0,5 \cdot (d_{imax} + d_{imin}). \quad (12) \gg [21]$$

«Результаты проведения расчетов операционных размеров приведены ниже.

$$d_{4min} = 50,002 \text{ мм.}$$

$$d_{4max} = 50,018 \text{ мм.}$$

$$d_{4cp} = 0,5 \cdot (d_{4max} + d_{4min}) = 0,5 \cdot (50,018 + 50,002) = 50,100 \text{ мм.}$$

$$d_{3min} = d_{4min} + 2 \cdot z_{4min} = 50,018 + 2 \cdot 0,066 = 50,150 \text{ мм.}$$

$$d_{3max} = d_{3min} + Td_3 = 50,150 + 0,039 = 50,189 \text{ мм.}$$

$$d_{3cp} = 0,5 \cdot (d_{3max} + d_{3min}) = 0,5 \cdot (50,189 + 50,150) = 50,170 \text{ мм.}$$

$$d_{TO min} = d_{3min} + 2 \cdot z_{3min} = 50,189 + 2 \cdot 0,292 = 51,229 \text{ мм.}$$

$$d_{TO max} = d_{TO min} + Td_{TO} = 51,229 + 0,160 = 51,389 \text{ мм.}$$

$$d_{TO cp} = 0,5 \cdot (d_{TO max} + d_{TO min}) = 0,5 \cdot (51,389 + 51,229) = 51,309 \text{ мм.}$$

$$d_{2min} = d_{TO min} \cdot 0,999 = 51,229 \cdot 0,999 = 51,188 \text{ мм.}$$

$$d_{2max} = d_{2min} + Td_2 = 51,188 + 0,100 = 51,288 \text{ мм.}$$

$$d_{2cp} = 0,5 \cdot (d_{2max} + d_{2min}) = 0,5 \cdot (51,288 + 51,188) = 51,238 \text{ мм}$$

$$d_{1min} = d_{2min} + 2 \cdot z_{2min} = 51,288 + 2 \cdot 0,268 = 51,824 \text{ мм.}$$

$$d_{1max} = d_{1min} + Td_1 = 51,824 + 0,250 = 52,074 \text{ мм.}$$

$$d_{1cp} = 0,5 \cdot (d_{1max} + d_{1min}) = 0,5 \cdot (52,074 + 51,824) = 51,949 \text{ мм.}$$

$$d_{0min} = d_{1min} + 2 \cdot z_{1min} = 52,074 + 2 \cdot 0,801 = 53,676 \text{ мм.}$$

$$d_{0max} = d_{0min} + Td_0 = 53,676 + 1,600 = 55,276 \text{ мм.}$$

$$d_{0cp} = 0,5(d_{0max} + d_{0min}) = 0,5(55,276 + 53,676) = 54,476 \text{ мм.} \gg [21]$$

«Общий минимальный припуск рассчитывается по формуле:

$$2z_{min} = d_{0min} - d_{4max}. \quad (13) \gg [21]$$

«Общий максимальный припуск рассчитывается по формуле:

$$2z_{max} = 2z_{min} + Td_0 + Td_4. \quad (14) \gg [21]$$

«Общий средний припуск рассчитывается по формуле:

$$2z_{cp} = 0,5 \cdot (2z_{min} + 2z_{max}). \quad (15) \gg [21]$$

«Выполняем расчеты:

$$2z_{min} = 53,676 - 50,018 = 3,658 \text{ мм.}$$

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

$$2z_{cp} = 0,5 \cdot (3,658 + 5,724) = 4,466 \text{ мм.} \gg [21]$$

Припуски на оставшиеся поверхности определены по методике [24] и приведены в таблице 3.

Таблица 3 – Припуски на обработку поверхностей

Номер поверхности	Номер перехода	Минимальный припуск, мм	Максимальный припуск, мм
1, 22	1	1,5	3,98
13	1	2,2	4,35
	2	1,2	1,41
	3	0,5	0,666
	4	0,3	0,338
11, 14	1	1,5	3,45
	2	0,3	0,51
	3	0,5	0,57
	4	0,06	0,093
16	1	1,5	3,45
	2	0,3	0,51
18	1	1,5	3,45
	2	0,3	0,51
	3	0,5	0,57
	4	0,06	0,093

«Далее необходимо определить характеристики заготовки» [6].

«В данном случае заготовка имеет следующие параметры: класс точности Т4, группа стали М2, степень сложности С2, исходный индекс для определения начальных допусков И13, наружные уклоны 5°, радиус закруглений 2,5 мм, допустимые значения остаточного облоя не более 0,9 мм, концентричность 1,5 мм, смещение по поверхности разъема штампа не более 1,2 мм» [6]. «Чертеж заготовки, содержащий все необходимые данные, приведен в графической части работы» [10].

## 2.2 Разработка плана изготовления

«План изготовления детали отражает последовательность операций технологического процесса» [22], а также его основные параметры.

Задача выбора последовательности операций заключается в формировании оптимального маршрута изготовления детали, основанного на маршрутах обработки отдельных ее поверхностей, выбранных ранее при определении припусков на обработку. Маршрут изготовления формируется путем объединения одинаковых методов обработки в операции. При этом следует учесть особенности среднесерийного типа производства, а также основные принципы формирования маршрута изготовления. Во-первых, это принцип предшествования, то есть состояние заготовки на выходе одной операции должно является входным состоянием для другой операции. Во-вторых, это принцип «наложения, то есть одна поверхность расположена на другой и не может быть обработана раньше» [22]. «В-третьих, это принцип точности расположения поверхностей, то есть в первую очередь необходимо обработать базовые поверхности, а затем поверхности, точность расположения которых зависит от базовых поверхностей» [22]. «Сформированный согласно данным требованиям и рекомендациям [8] маршрут изготовления детали приведен в таблице 4, а также отражен в приложении А «Технологическая документация»» [8].

Таблица 4 – Технологический маршрут изготовления детали

Операция	Метод обработки	Обрабатываемые поверхности
005 Фрезерно-центровальная	фрезерование, сверление	1, 22, 30, 31
010 Токарная	точение	3, 5, 7, 8, 9, 10, 11, 13, 14, 18, 20
015 Токарная	точение	2, 3, 5, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 23, 24, 27
020 Фрезерная	фрезерование паза	25, 26
025 Сверлильная	сверление	4, 28
030 Термическая	закалка, отпуск	все
035 Центрошлифовальная	шлифование	30, 31
040 Торцекруглошлифовальная	шлифование	13, 14
045 Круглошлифовальная	шлифование	11, 18, 20
050 Торцекруглошлифовальная	шлифование	13, 14
055 Круглошлифовальная	шлифование	11, 18, 20
060 Полировальная	полирование	11
075 Моечная	мойка	все
080 Контрольная	контроль	все

Следующая задача при проектировании плана изготовления заключается в разработке схем базирования заготовок на операциях технологического процесса. «Решение этой задачи основано на соблюдении основных принципов базирования, а также рекомендаций» [23]. «Разработанные схемы базирования приведены на соответствующем листе графической части работы» [10].

«Также необходимо решить задачу определения технических требований на выполнение операций, таких как операционные допуски на выполняемые размеры, шероховатость, отклонения формы и расположения поверхностей» [18]. Задача решается на основе рекомендаций и данных [18].

Формирование плана изготовления заключается в графическом отображении структуры операций с детализацией до установа. В обоснованных случаях допускается детализация по переходам. Исходя из особенностей среднесерийного типа производства, при формировании операций технологического процесса предпочтение следует отдавать операциям, реализация которых не требует применения специального оборудования и средств технологического оснащения, а также обеспечивает максимальную концентрацию переходов с последовательной обработкой поверхностей.

«Рекомендации по выполнению плана изготовления детали приведены в литературе» [19].

### **2.3 Технические средства оснащения**

Под техническими средствами понимают технологическое оборудование, станочные приспособления, режущие инструменты и контрольные средства. Принятые на данном этапе влияют абсолютно на все показатели проектируемой технологии и, в конечном счете, определяют ее эффективность.

«В качестве технологического оборудования необходимо использовать

универсальное и специализированное оборудование, а также станки, оснащенные системами числового программного управления» [10]. Технологическое оборудование должно обеспечивать соблюдение принципа концентрации переходов и достижение точности обработки путем предварительной настройки на размер.

В качестве станочных приспособлений «необходимо использовать стандартизированную технологическую оснастку, которая может реализовать принятые на технологических операциях схемы базирования» [9]. Станочные приспособления должны обеспечивать необходимую точность установки, иметь необходимое быстродействие и другие эксплуатационные показатели.

В качестве режущего инструмента необходимо использовать стандартный и широкоуниверсальный режущий инструмент. Режущий инструмент должен обеспечивать необходимую точность обработки, выполнение режимов резания, обладать необходимой стойкостью.

В качестве контрольных средств необходимо использовать универсальные и стандартизированные средства контроля, обеспечивающие получение информации по результатам контроля в виде качественных характеристик.

«Выбор технических средств оснащения осуществляется с использованием источников [3], [9], [14], [15], [17], [20]. Результаты выбора приведены в таблице 5» [10].

Таблица 5 – Технические средства оснащения технологического процесса

Операция	Оборудование	Станочные приспособления	Режущие инструменты	Контрольные средства
005 Фрезерно-центровальная	«фрезерно-центровальный МР-71М» [14]	«тиски самоцентрирующие» [9]	«фреза торцовая насадная Ø 100 ГОСТ 9473-80 Т5К10, сверло центровочное специальное, зенковка Р6М5» [20]	«штангенциркуль ШЦ-II ГОСТ 160-80, калибр контроля центрального отверстия» [3]

Продолжение таблицы 5

Операция	Оборудование	Станочные приспособления	Режущие инструменты	Контрольные средства
010 Токарная	«токарно-винторезный 16К20Ф3» [14]	«патрон трехкулачковый ГОСТ 24351-80, центра вращающиеся ГОСТ 8742-75» [9]	«резец контурный ГОСТ 18879-73 Т5К10» [20]	«штангенциркуль ШЦ-П ГОСТ 160-80» [3]
015 Токарная	«токарно-винторезный 16К20Ф3» [14]	«патрон трехкулачковый ГОСТ 24351-80, центра вращающиеся ГОСТ 8742-75» [9]	«резец контурный ГОСТ 18879-73 Т30К4, резец канавочный ГОСТ 18879-73 Т5К10» [20]	«микрометр МК-50 ГОСТ 6507-78» [3]
020 Фрезерная	вертикально-фрезерный 6Р10	приспособление специальное	фреза шпоночная Ø10 специальная Р12Ф2К8М3	штангенциркуль ШЦ-І ГОСТ 160-80, калибр
025 Сверлильная	«вертикально-сверлильный 2С125ПФ2И» [14]	«тиски самоцентрирующие»	сверло спиральное Ø17,5 ГОСТ 10903-77 Р6М5, сверло спиральное Ø27 ГОСТ 10903-77 Р6М5	«нутромер НМ ГОСТ 160-80» [3]
030 Термическая	печь шахтная	–	–	–
035 Центрошлифовальная	«центрошлифовальный 3921» [14]	«тиски самоцентрирующие» [9]	«головка алмазная АГК ГОСТ 2447-82» [20]	«калибр контроля центрального отверстия» [3]
040 Шлифовальная	«торцекруглошлифовальный 3Т160» [14]	«патрон поводковый ГОСТ 2571-71, центр неподвижный ГОСТ 8740-75» [9]	«круг шлифовальный 1-750х32х350 23А54М8V ГОСТ 52781-2007» [20]	«скоба рычажная СР ГОСТ 160-80» [3]
045 Шлифовальная	«круглошлифовальный 3Е153» [14]	«патрон поводковый ГОСТ 2571-71, центр неподвижный ГОСТ 8740-75» [9]	«круг шлифовальный 1-750х32х350 23А54М8V ГОСТ 52781-2007» [20]	«скоба рычажная СР ГОСТ 160-80» [3]

Продолжение таблицы 5

Операция	Оборудование	Станочные приспособления	Режущие инструменты	Контрольные средства
050 Шлифовальная	«торцекругло шлифовальный 3Т160» [14]	«патрон поводковый ГОСТ 2571-71, центр неподвижный ГОСТ 8740-75» [9]	«круг шлифовальный 1-750х32х350 24А60К7V ГОСТ 52781-2007» [20]	«скоба рычажная СР ГОСТ 160-80» [3]
055 Шлифовальная	«круглошлифовальный 3Е153» [14]	«патрон поводковый ГОСТ 2571-71, центр неподвижный ГОСТ 8740-75» [9]	«круг шлифовальный 1-750х32х350 24А60К7V ГОСТ 52781-2007» [20]	«скоба рычажная СР ГОСТ 160-80» [3]
060 Полировальная	«полировальный шлифовальный 3А352» [14]	«патрон поводковый ГОСТ 2571-71, центр неподвижный ГОСТ 8740-75» [9]	«круг эластичный М40» [20]	«скоба рычажная СР ГОСТ 160-80» [3]
065 Моечная	«моечная машина» [14]	–	–	–
070 Контрольная	«стол контрольный» [14]	–	–	«комплексные средства контроля» [3]

Выбранные технические средства оснащения технологического процесса отвечают всем требованиям среднесерийного типа производства. Следует отметить широкое применение станков оснащенных числовым программным управлением на токарных и сверлильной операции, а также стандартных станочных приспособлений и режущего инструмента. Это позволит увеличить гибкость производства и расширить его номенклатуру.

«Данные представленные в таблице 5 заносятся в соответствующую технологическую документацию, представленную в приложении А «Технологическая документация»» [10].

## 2.4 Определение режимов резания и нормирование

«Определение режимов резания и нормирование выполняется расчетно-аналитическим или статистическим методами в зависимости от требуемой точности» [16]. Приведем основные их положения.

«Скорость резания определяется по формуле:

$$V = \frac{C_V \cdot K_V}{T^m \cdot t^x \cdot S^y}, \quad (16)$$

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» [16].

«Далее определяется частота вращения шпинделя инструмента или заготовки по формуле:

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

где  $d$  – диаметр обработки, мм» [16].

«С учетом характеристик оборудования, определяется фактическая скорость резания:

$$V = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000}. \quad (18)» [16]$$

«Нормирование технологических операций заключается в определении штучно-калькуляционного времени на их выполнение по формуле:

$$T_{\text{шт.к.}} = T_{\text{шт}} + \frac{T_{\text{п-з}}}{n_3}, \quad (19)$$

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

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

$n_3$  – размер партии деталей, шт.» [16]

«Штучное время операции рассчитывается по формуле:

$$T_{\text{шт}} = T_0 + T_{\text{в}} + T_{\text{обс}} + T_{\text{п}} \quad (20)$$

где  $T_0$  – основное время выполнения операции, мин;

$T_{\text{в}}$  – вспомогательное время выполнения операции, мин;

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

$T_{\text{п}}$  – время на личные потребности, мин» [16].

«Основное время определяется по формуле:

$$T_0 = \frac{L_{\text{р.х.}}}{S \cdot n}, \quad (21)$$

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

$S$  – подача, мм/об» [16].

«Длина рабочего хода определяется по формуле:

$$L_{\text{р.х.}} = l_1 + l_{\text{рез}} + l_2, \quad (22)$$

где  $l_1$  – длина врезания, мм;

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

$l_2$  – длина перебега, мм» [16].

«Результаты расчета представлены в таблице 6» [10].

Таблица 6 – Определение режимов резания и нормирование

Операция	Переход	Подача, мм/об	Скорость резания, м/мин	Частота вращения, об/мин	Рабочий ход, мм	Основное время, мин
005	1	0,15	79	250	252	1,34
	2	0,26	16	180	38	0,82
010	1	0,3	129	630	275	1,46
	1	0,2	110	320	45	0,7
015	1	0,1	160	800	180	2,25
	2	0,06	96	630	5	0,13
	3	0,06	95	630	4	0,11
	4	0,1	164	320	45	1,41
020	1	0,04	21	630	126	1,71
025	1	0,2	64	750	46	0,31
	2	0,2	42	750	108	0,72
035	1	0,004	15	300	0,4	0,33
040	1	0,008	25	200	0,535	0,85
045	1	0,010	26	368	38	0,87
	2	0,010	26	368	51	1,26
	3	0,010	26	368	21	0,62
050	1	0,002	28	200	0,319	1,2
055	1	0,006	30	368	38	1,21
	2	0,006	30	368	51	1,58
	3	0,006	30	368	21	0,97
060	1	0,01	16	320	0,029	1,22

Результаты проведенных расчетов позволяют сделать следующие выводы. Следует усовершенствовать фрезерную операцию, так как при небольшом объеме механической обработки она является одной из самых продолжительных. Ряд операций имеют небольшую продолжительность выполнения, что дает возможность значительной догрузки используемого на них оборудования производством других деталей.

В данном разделе успешно решены стандартные технологические задачи, такие как проектирование заготовки, разработка плана изготовления, определение технических средств оснащения технологического процесса, определение режимов резания и нормирование технологических операций.

### 3 Разработка специальных технических средств оснащения

#### 3.1 Разработка специального станочного приспособления

В ходе анализа результатов нормирования было выявлено, что необходимо усовершенствовать фрезерную операцию, так как при небольшом объеме механической обработки она является одной из самых продолжительных. Анализируя причины этого, приходим к выводу, что значительную часть времени выполнения операции занимает время на снятие и установку заготовки в приспособлении. Устранение данного недостатка возможно путем механизации процесса закрепления. Эскиз данной операции приведен на рисунке 2.

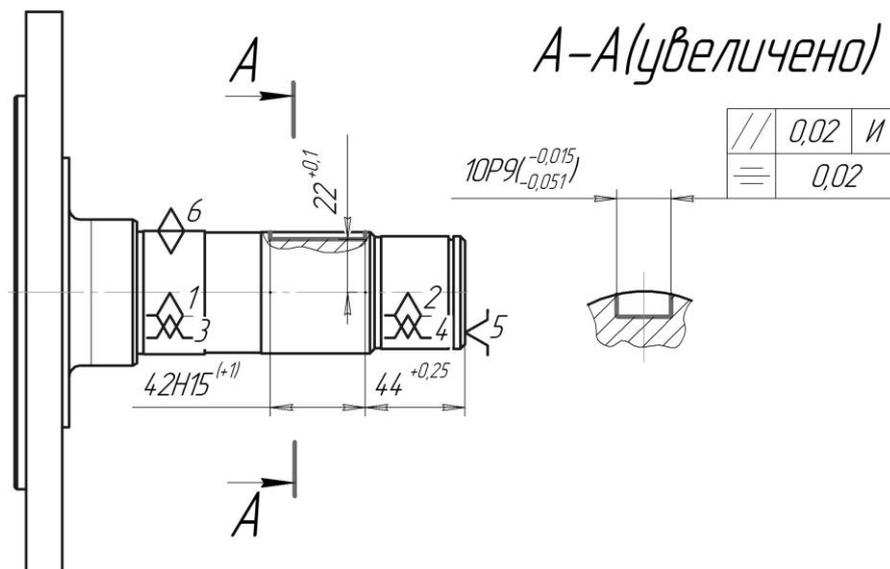


Рисунок 2 – Эскиз фрезерной операции

«Проектирование будем проводить на основе рекомендаций» [2].

«Основная составляющая силы резания при фрезеровании определяется по формуле:

$$P_z = \frac{10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^u \cdot z}{D^g \cdot n^w} k_{\text{мр}}, \quad (23)$$

где:  $C_p$ ,  $x$ ,  $y$ ,  $u$ ,  $g$ ,  $w$  – коэффициенты и показатели степеней, которые учитывают особенности обработки данного материала;

$t$  – глубина резания, мм;

$S_z$  – подача на зуб, мм/зуб;

$B$  – ширина фрезерования, мм;

$z$  – число зубьев фрезы;

$D$  – диаметр фрезы, мм;

$n$  – частота вращения фрезы, об/мин;

$k_{\text{мр}}$  – коэффициент, который учитывает влияние механических характеристик обрабатываемого материала» [2].

$$\ll k_{\text{мр}} = \left( \frac{\sigma_B}{750} \right)^{0,3}. \quad (24)$$

Выполняем расчеты.

$$k_{\text{мр}} = \left( \frac{590}{750} \right)^{0,3} = 0,93.$$

$$P_z = \frac{10 \cdot 68,2 \cdot 2,0^{0,86} \cdot 0,04^{0,72} \cdot 2,0^{1,0} \cdot 4,0}{10^{0,86} \cdot 630^0} 0,93 = 137 \text{ Н} \gg [2].$$

«Другие составляющие силы резания определяются из выражений:

$$P_h = P_z(1,1 \dots 1,2), \quad (25)$$

$$P_v = P_z(0 \dots 0,25), \quad (26)$$

$$P_y = P_z(0,4 \dots 0,6), \quad (27)$$

$$P_x = P_z(0,2 \dots 0,4) \text{tg} \omega. \quad (28)$$

где  $\omega$  – угол наклона зубьев фрезы, град» [2].

«Подставив соответствующие значения получаем:

$$P_h = 137 \cdot 1,15 = 158 \text{ Н.}$$

$$P_v = 137 \cdot 0,25 = 35 \text{ Н.}$$

$$P_y = 137 \cdot 0,6 = 82 \text{ Н.}$$

$$P_x = 137 \cdot 0,4 \cdot \text{tg}20^\circ = 20 \text{ Н} \text{» [2].}$$

Расчет необходимого усилия закрепления производится исходя из расчетной схемы, приведенной на рисунке 3.

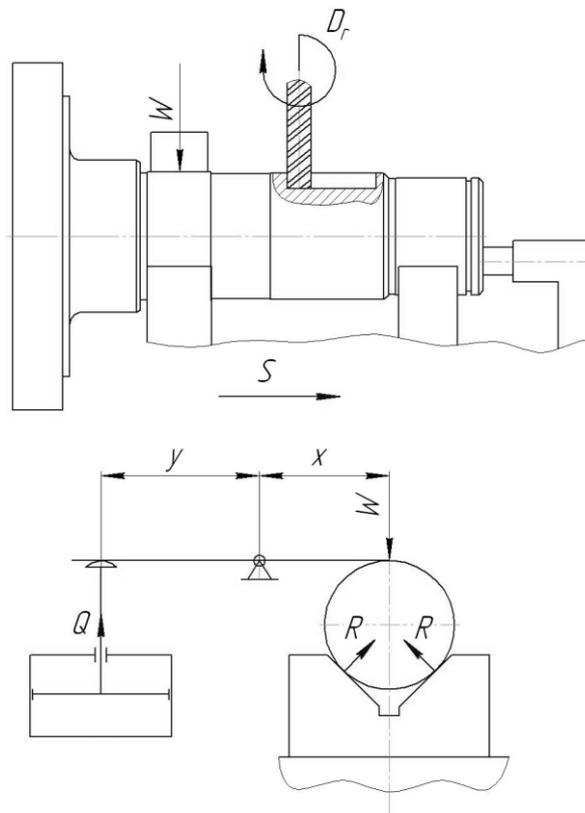


Рисунок 3 – Расчетная схема для определения усилия закрепления

«Сила  $P_x$  создает момент, который определяется из выражения:

$$M_{\text{кр}} = P_x \cdot \frac{d}{2}, \quad (29)$$

где  $d$  – диаметр обработки, мм» [2].

«Данный момент уравнивается моментом силы закрепления, который определяется выражением:

$$M_{\text{зМ}} = \frac{W \cdot d \cdot \left( f_{\text{зМ}} + \frac{f_{\text{оп}}}{\cos \frac{\alpha}{2}} \right)}{2}, \quad (30)$$

где  $f_{\text{зМ}}$  – коэффициент трения на поверхности контакта зажимного элемента и заготовки;

$f_{\text{оп}}$  – коэффициент трения на поверхности контакта установочных элементов и заготовки;

$\alpha$  – угол призмы, град» [2].

«Приравняв моменты, выводим уравнения для определения силы закрепления:

$$W = \frac{P_x \cdot k}{f_{\text{зМ}} + \frac{f_{\text{оп}}}{\cos \frac{\alpha}{2}}}, \quad (31)$$

где  $k$  – коэффициент запаса» [2].

«Данный коэффициент определяется по формуле:

$$k = k_0 \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot k_4 \cdot k_5 \cdot k_6, \quad (32)$$

где:  $k_0$  – гарантированный коэффициент запаса;

$k_1$  – учитывает состояние поверхности обрабатываемой заготовки;

$k_2$  – учитывает увеличение сил резания вследствие затупления режущего инструмента;

$k_3$  – учитывает прерывистость процесса резания;

$k_4$  – характеризует постоянство усилия зажима;

$k_5$  – характеризует эргономику немеханизированного привода;

$k_6$  – учитывает наличие моментов, стремящихся повернуть заготовку, при базировании ее по плоскости» [2].

Получаем следующее значение силы закрепления:

$$W = \frac{20 \cdot 2,5}{0,16 + \frac{0,16}{\cos 45}} = 130 \text{ Н.}$$

«Совместный момент от действия составляющих силы резания  $P_h$  и  $P_v$  определяется по формуле:

$$M_p = P_v \cdot l + P_h \cdot a, \quad (33)$$

где:  $l$  – общая длина обрабатываемой заготовки, мм;

$a$  – длина плеча приложения силы  $P_h$ , мм» [2].

«Данный момент уравновешивается моментом силы закрепления, который определяется выражением:

$$W_{з.м.} = W \cdot b + f_{з.м.} \cdot W \cdot a, \quad (34)$$

где  $a, b$  – размерные характеристики прихвата, мм» [2].

«Приравнявая моменты, выводим уравнения для определения силы закрепления:

$$W = \frac{(P_v \cdot l + P_h \cdot a) \cdot k}{b + f_{з.м.} \cdot a}. \quad (35) \gg [2]$$

«Коэффициент запаса принимается равным рассчитанному ранее» [2].

$$W = \frac{(35 \cdot 120 + 158 \cdot 23) \cdot 2,5}{50 + 0,16 \cdot 23} = 264 \text{ Н.}$$

«Из двух полученных значений силы закрепления в дальнейших расчетах используем наибольшую» [2].

«Привод приспособления должен развивать усилие, определяемое по формуле:

$$Q = \frac{W}{i}, \quad (36)$$

где:  $i$  – передаточное отношение зажимного механизма» [2].

«Данное отношение определяется по формуле:

$$i = \frac{y}{x}, \quad (37)$$

где  $x$  и  $y$  – плечи создаваемые силами  $W$  и  $Q$ , мм» [2].

$$i = \frac{67}{55} = 1,22.$$

$$Q = \frac{264}{1,22} = 199 \text{ Н.}$$

«Создание данного усилие планируется производить при помощи пневмоцилиндра, диаметр поршня которого определяется по формуле:

$$D = 1,13 \cdot \sqrt{\frac{Q}{P}}, \quad (38)$$

где  $P$  – давление воздуха в пневмосистеме, МПа» [2].

$$D = 1,13 \cdot \sqrt{\frac{119}{0,4}} = 48 \text{ мм.}$$

«С целью применения в конструкции стандартного гидравлического привода округляем значение диаметра поршня до ближайшего большего стандартного, которое составляет 60 мм» [2].

«В соответствии с принятым алгоритмом проектирования определяем точность установки в приспособлении» [2].

«Расчет погрешности установки заготовки в приспособлении выполняется по формуле:

$$\varepsilon_y^{\text{расч}} = \sqrt{\varepsilon_6^2 + \varepsilon_3^2 + \varepsilon_{\text{пр}}^2}, \quad (39)$$

где:  $\varepsilon_6$  – погрешность базирования, мм;

$\varepsilon_3$  – погрешность закрепления, мм;

$\varepsilon_{\text{пр}}$  – погрешность установочных элементов, мм» [2].

Выполняем расчет:

$$\varepsilon_y^{\text{расч}} = \sqrt{0^2 + 0,010^2 + 0,009^2} = 0,014 \text{ мм.}$$

«Приспособление считается отвечающим заданной точности, если расчетное значение погрешности установки составляет не более трети от поля допуска на изготавливаемый размер, то есть 0,075 мм» [2]. «Сравнивая расчетное и допустимое значения, приходим к выводу, что приспособление обеспечивает требуемую точность установки» [2].

Конструктивно приспособление состоит из установочных призм, размещенных на корпусе приспособления, упора, базирующего заготовку в осевом направлении и механизированного привода, обеспечивающего закрепление заготовки через прихват. Привод состоит из штока с закрепленным на нем поршне, размещенном в корпусе. В качестве рабочей среды, обеспечивающей необходимое давление в приводе, используется сжатый воздух, подаваемый из общезаводской пневматической системы.

Конструкция приспособления приведена в графической части работы и в приложении Б «Спецификации к сборочным чертежам».

### **3.2 Разработка концевой фрезы**

Дальнейшее сокращение времени выполнения фрезерной операции возможно путем интенсификации режимов резания. Однако, в данном случае возникает ряд проблем, связанных с уменьшением стойкости инструмента и снижением качества обработки. «Решение этих проблем возможно путем замены материала фрезы на материал, имеющий большую стойкость и изменением конструкции фрезы на прогрессивную» [7]. «Проектирование осуществим с использованием методики» [7].

«Диаметр фрезы определяется по формуле:

$$D = D_{min} + \frac{TD}{2}, \quad (40)$$

где  $D_{min}$  – минимальная ширина шпоночного паза, мм;

$TD$  – допуск на выполняемый размер, мм» [7].

$$D = 9,949 + \frac{0,036}{2} = 9,967 \text{ мм.}$$

«Допуск на диаметр фрезы назначаем исходя из требуемой точности обработки» [7], которая в данном случае должна соответствовать 9 качеству. Таким образом, искомый допуск должен соответствовать 7 качеству, что для данного размера составляет 0,015 мм.

Принимаем остальные геометрические параметры фрезы в соответствии с маркой обрабатываемого материала: «число зубьев фрезы 4, задний угол  $10^\circ$ , передний угол  $12^\circ$ » [7].

Проблему сохранения стойкости фрезы при увеличении режимов резания решим путем применения быстрорежущей стали P12Ф2К8М3. Отличительной особенностью данной стали, позволяющей улучшить ее физико-механические показатели, является включение в ее состав таких легирующих элементов как ванадий, кобальт и молибден, а также способ ее получения методами порошковой металлургии.

Проблема снижения качества обработки при увеличении режимов резания решим путем внесения в конструкцию фрезы переменного шага зубьев в торцевом сечении. «Значения данного шага принимаем  $90^\circ$ ,  $95^\circ$ ,  $90^\circ$ ,  $85^\circ$ » [7]. «Обеспечение такого шага возможно путем применения различных углов наклона винтовых канавок для четных и нечетных зубьев» [7]. Расчет данных углов выполняется из соотношения:

$$\text{tg } \Delta\varepsilon = \frac{\text{tg}(\omega_1 - \omega_2)}{2}, \quad (41)$$

где  $\omega_1$  – угол наклона винтовых канавок для четных зубьев, град.;

$\omega_2$  – угол наклона винтовых канавок нечетных зубьев, град.

Из данного соотношения следует, что для обеспечения требуемых значений шага зубьев в данном случае «угол наклона винтовых канавок должен составлять  $35^\circ$  для четных зубьев и  $32^\circ$  для нечетных зубьев» [7].

Предлагаемые технические решения по данным исследований [7] позволят не только обеспечить требуемую стойкость при увеличении режимов резания на 30% без потери качества обработки, но и увеличить ее в 1,5 раза.

«Спроектированная фреза представлена на чертеже графической части работы и в приложении Б «Спецификации к сборочным чертежам»» [7].

В данном разделе разработаны специальные технические средства оснащения, что позволило снизить время проведения фрезерной операции за счет механизации процесса закрепления заготовки и внесения изменений в конструкцию концевой фрезы. Первое решение позволило сократить вспомогательное время на снятие и установку заготовки, а второе интенсифицировать на 30% режимы обработки, сохранив при этом требуемое качество обработки и увеличив стойкость фрезы до 50% от базовой стойкости.

## **4 Безопасность и экологичность технического объекта**

### **4.1 Конструктивно-технологическая характеристика технического объекта**

Выполним краткое описание конструктивно-технологических характеристик спроектированной технологии.

Изготовление детали предусматривает выполнение следующих технологических операций и средств технологического оснащения для их выполнения. Для выполнения токарных операций используются станки 16К20Ф3, контурные 18879-73 Т5К10, Т30К4 и канавочные резцы ГОСТ 18879-73 Т5К10, патроны трехкулачковые ГОСТ 24351-80, центра вращающиеся ГОСТ 8742-75. Для выполнения фрезерных операций используются станки МР-71М, 6Р10, фреза торцовая насадная ГОСТ 9473-80 Т5К10, сверло центровочное специальное, зенковка Р6М5, фреза шпоночная специальная Р12Ф2К8М3, тиски самоцентрирующие, приспособление специального. Для выполнения шлифовальных операций используются станки 3921, 3Т160, 3Е153, 3А352, головка алмазная АГК ГОСТ 2447-82, шлифовальные круги, круг эластичный М40. Для охлаждения зоны резания используется синтетическая смазочно-охлаждающая жидкость. Транспортные операции на технологическом участке осуществляются с использованием электрических погрузчиков. В ходе выполнения технологического процесса задействованы операторы станков с числовым программным управлением, фрезеровщики, шлифовщики. Более подробно технология изготовления рассмотрена ранее.

### **4.2 Идентификация профессиональных рисков**

В ходе выполнения технологического процесса неизбежно возникают профессиональные риски. Наименование возникающих опасных и/или

вредных производственно-технологических факторов определяются согласно ГОСТ 12.0.003–2015 ССБТ «Опасные и вредные производственные факторы. Классификация». Идентификация профессиональных рисков производится по Приказу Минтруда России от 28.12.2021 N 926 «Об утверждении Рекомендаций по выбору методов оценки уровней профессиональных рисков и по снижению уровней таких рисков».

Результаты приведены в таблице 7.

Таблица 7 – Идентификация профессиональных рисков

Перечень источников опасностей	Опасные и вредные производственные факторы	Риски
металлорежущее оборудование, режущий инструмент, средства технологического оснащения, средства контроля	«опасные и вредные производственные факторы, связанные с силами и энергией механического движения, в том числе в поле тяжести движущиеся (в том числе разлетающиеся) твердые, жидкие или газообразные объекты, наносящие удар по телу работающего (в том числе движущиеся машины и механизмы; подвижные части производственного оборудования; передвигающиеся изделия, заготовки, материалы; разрушающиеся конструкции; обрывающиеся горные породы; падающие деревья и их части; струи и волны, включая цунами; ветер и вихри, включая смерчи и торнадо)» [5]	«удары, порезы, проколы, уколы, затягивания, наматывания, абразивные воздействия подвижными частями оборудования, наезд транспорта на человека» [5]
	«производственные факторы, обладающие свойствами химического воздействия на организм работающего человека» [5]	«заболевания кожи (дерматиты)» [5]
	«опасные и вредные производственные факторы, связанные с чрезмерно высокой или низкой температурой материальных объектов производственной среды, могущих вызвать ожоги» [5]	«ожог при контакте незащищенных частей тела с поверхностью предметов, имеющих высокую температуру» [5]

## Продолжение таблицы 7

Перечень источников опасностей	Опасные и вредные производственные факторы	Риски
–	(обморожения) тканей организма человека» [5]	–
	«опасные и вредные производственные факторы, связанные с механическими колебаниями твердых тел и их поверхностей, характеризуемые повышенным уровнем общей вибрации» [5]	«воздействие общей вибрации на тело работника» [5]
	«опасные и вредные производственные факторы, связанные с акустическими колебаниями в производственной среде и характеризуемые повышенным уровнем и другими неблагоприятными характеристиками шума» [5]	«снижение остроты слуха, тугоухость, глухота, повреждение мембранной перепонки уха, связанные с воздействием повышенного уровня шума и других неблагоприятных характеристик шума» [5]
	«монотонность труда, тяжесть трудового процесса» [5]	«психоэмоциональные перегрузки» [5]
	«опасные и вредные производственные факторы, связанные с электрическим током, под действие которого попадает работающий» [5]	«контакт с частями электрооборудования, находящимися под напряжением, отсутствие заземления или неисправность электрооборудования, нарушение правил эксплуатации и ремонта электрооборудования, неприменение средств индивидуальной защиты» [5]

В таблице 7 приведены только те риски, которые имеют наибольшую вероятность появления исходя из особенностей спроектированного технологического процесса и средств оснащения, применяемого для его реализации.

### 4.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков

Исходя из того, что выявленные ранее риски, а также опасные и вредные производственные факторы являются типовыми для снижения и

устранения их влияния предлагается применить стандартные методы и средства выбранные в соответствии с Приказом 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», а также Приказом Минтруда России от 29.10.2021 N 776н «Об утверждении Примерного положения о системе управления охраной труда» [5]. Результаты приведены ниже.

Мероприятия по улучшению условий и охраны труда (Приказ Минтруда России № 771н): «устройство ограждений элементов производственного оборудования, защищающих от воздействия движущихся частей, а также разлетающихся предметов, включая наличие фиксаторов, блокировок, герметизирующих и других элементов» [5]; «проведение обучения по охране труда, в том числе обучения безопасным методам и приемам выполнения работ, обучения по оказанию первой помощи пострадавшим на производстве, обучения по использованию (применению) средств индивидуальной защиты, инструктажей по охране труда, стажировки на рабочем месте (для определенных категорий работников) и проверки знания требований охраны труда» [5]; «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» [5]; «проведение специальной оценки условий труда, выявления и оценки опасностей, оценки уровней профессиональных рисков, реализация мер, разработанных по результатам их проведения» [5]; «проведение обязательных предварительных и периодических медицинских осмотров (обследований)» [5]; «внедрение и (или) модернизация технических устройств и приспособлений, обеспечивающих защиту работников от поражения электрическим током»

[5]; «устройство новых и (или) модернизация имеющихся средств коллективной защиты работников от воздействия опасных и вредных производственных факторов» [5].

Методы и средства снижения профессиональных рисков (Приказ Минтруда России от 29.10.2021 N 776н): «использование блокировочных устройств, применение средств индивидуальной защиты – специальных рабочих костюмов, халатов или роб, исключающих попадание свисающих частей одежды на быстродвижущиеся элементы производственного оборудования» [5]; «организация обучения, инструктажей, стажировки, проверки знаний, установка предупреждающих знаков, визуальных и звуковых предупреждающих сигналов, утверждение правил поведения на рабочих местах, правильное применение средств индивидуальной защиты» [5]; «использование станков и инструментов для механической обработки материалов и изделий, сопровождающихся выделением газов, паров и аэрозолей, совместно с системами удаления указанных веществ» [5]; «проведение специальной оценки условий труда с разработкой и реализацией мероприятий по снижению напряженности трудового процесса» [5]; «применение вибропоглощения и виброизоляции» [5]; «изоляция токоведущих частей электрооборудования, применение средств индивидуальной защиты, соблюдение требований охраны труда, применение ограждений, сигнальных цветов, табличек, указателей и знаков безопасности, вывод неисправного электрооборудования из эксплуатации, своевременный ремонт и техническое обслуживание электрооборудования» [5]; «применение звукоизолирующих ограждений-кожухов, кабин управления технологическим процессом, устройство звукопоглощающих облицовок и объемных поглотителей шума, использование средств индивидуальной защиты» [5].

Принятые методы и средства позволят эффективно снизить негативное воздействие опасных и вредных факторов и возможность возникновения профессиональных рисков.

#### 4.4 Обеспечение пожарной безопасности технического объекта

Пожарная безопасность обеспечивается исходя из класса пожара. «В данном случае пожары, связанные с воспламенением и горением жидкостей или плавящихся твердых веществ и материалов (В)» [5].

«Исходя из этого, определяем опасные факторы пожара: 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)» [5].

Далее определяем категорию пожароопасности помещения. «Помещение относится к категории В4 помещения, в которых находятся (обращаются) горючие и трудногорючие жидкости, твердые горючие и трудногорючие вещества и материалы (в том числе пыли и волокна), вещества и материалы, способные при взаимодействии с водой, кислородом воздуха или друг с другом только гореть, при условии, что помещения, в которых они находятся (обращаются), не относятся к категории А или Б» [5].

Исходя из класса пожара и категории пожароопасности помещения принимаем средства пожаротушения и организационные мероприятия по обеспечению пожарной безопасности. Принимаем следующие средства пожаротушения, размещаемые непосредственно в производственном помещении: огнетушители, пожарные щиты, пожарные краны, ящики с песком, лопаты, покрывала для изоляции очага пожара, автоматические системы пожаротушения, датчики, пульт управления, оповещатели, системы пожаротушения, системы дымоудаления. Также должны проводиться следующие организационные мероприятия: инструкции по действиям персонала, инструктаж по пожарной безопасности.

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

Экологическая безопасность технологического процесса определяется составом отходов и выбросов, образующихся в ходе его выполнения. В ходе выполнения рассматриваемого технологического процесса образуются следующие отходы и выбросы следующих веществ: смазочные материалы, смазочно-охлаждающие жидкости, частицы абразива, металлический лом, стружка, мусор.

Определим основные мероприятия для снижения влияния отходов и выбросов на экологию. Для этого будем руководствоваться положениями ГОСТ 31952–2012 «Устройства водоочистные. Общие требования к эффективности и методы ее определения» разрабатываем мероприятия по обеспечению экологической безопасности» и ГОСТ Р 53692–2009 «Национальный стандарт Российской Федерации. Ресурсосбережение. Обращение с отходами. Этапы» [5].

В результате предлагается использование на производстве следующих технических средств и проведение мероприятий по снижению влияния на экологию. С целью снижению воздействия на атмосферу предлагается использовать систему очистки воздуха перед выбросом ее в атмосферу на основе циклонов, электрофильтров и абсорберов. С целью снижению воздействия на гидросферу предлагается использовать систему очистки сточных вод на основе отстойников, пневматических флотомашин, аэротенка. С целью снижению воздействия на литосферу предлагается использовать сортировку отходов по виду, переработку металлических отходов, утилизацию отходов на специальных полигонах.

В данном разделе предлагаемый вариант технологического процесса проверен на соответствие требованиям по безопасности и экологичности выполнения. Кроме того, рассмотрены вопросы обеспечения пожарной безопасности. В результате спроектированная технология отвечает всем требованиям по безопасности и экологичности ее выполнения.

## 5 Экономическая эффективность работы

Все предыдущие разделы были посвящены совершенствованию технологического процесса изготовления заданной детали. Поэтому в конце бакалаврской работы необходимо провести расчеты, связанные с экономической эффективностью, этих совершенствований.

Для этого, сначала необходимо дать краткое описание, внесенных в технологический процесс, изменений (рисунок 4).



Рисунок 4 – Краткое описание, внесенных в технологический процесс, изменений

Как видно из рисунка 4, благодаря внесенным изменениям удалось достичь сокращения количества операций, и соответственно уменьшения

трудоемкость их выполнения. В совокупности, все изменения позволили сократить общую трудоемкость изготовления детали на 1,44 минуты.

Основываясь на описанных изменениях, будет осуществлен расчет значимых показателей, для подтверждения их экономической эффективности. Значимые показатели приведены на рисунке 5.

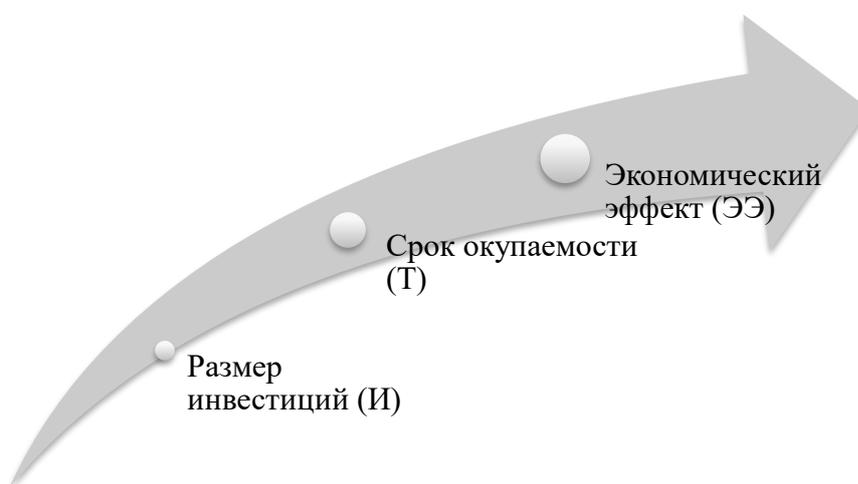


Рисунок 5 – Значимые показатели для подтверждения экономической эффективности изменений

Как видно из рисунка 5, отправной точкой в экономических расчетах является размер инвестиций. Именно этот показатель дает понимание в необходимых финансовых вливаниях в предложенные совершенствования. Для его определения используют специальную методику [13], которая позволяет учитывать все необходимые затраты в этот проект. Итоговый размер инвестиций и его детализация, представлен на рисунке 6.

Как видно из рисунка 6, весомую долю в инвестициях занимают затраты в основное технологическое оборудование ( $K_{ОБ}$ ), которые составляют 60,15 % от размера всех инвестиций. Это оправдано, так как стоимость оборудования, его доставка и монтаж всегда были и будут капиталоемкими. Кроме оборудования, предприятию необходимо будет осуществить существенные финансовые вложения в такую статью затрат, как «затраты на проектирование ( $Z_{ПР}$ )». Ее доля в общем размере инвестиций

составит 26,28 %, а это обосновывается сложностью выполняемых при проектировании работ и их трудоемкостью. Все остальные статьи затрат такой весомости в размере инвестиций не имеют, но малыми долями его увеличивают.

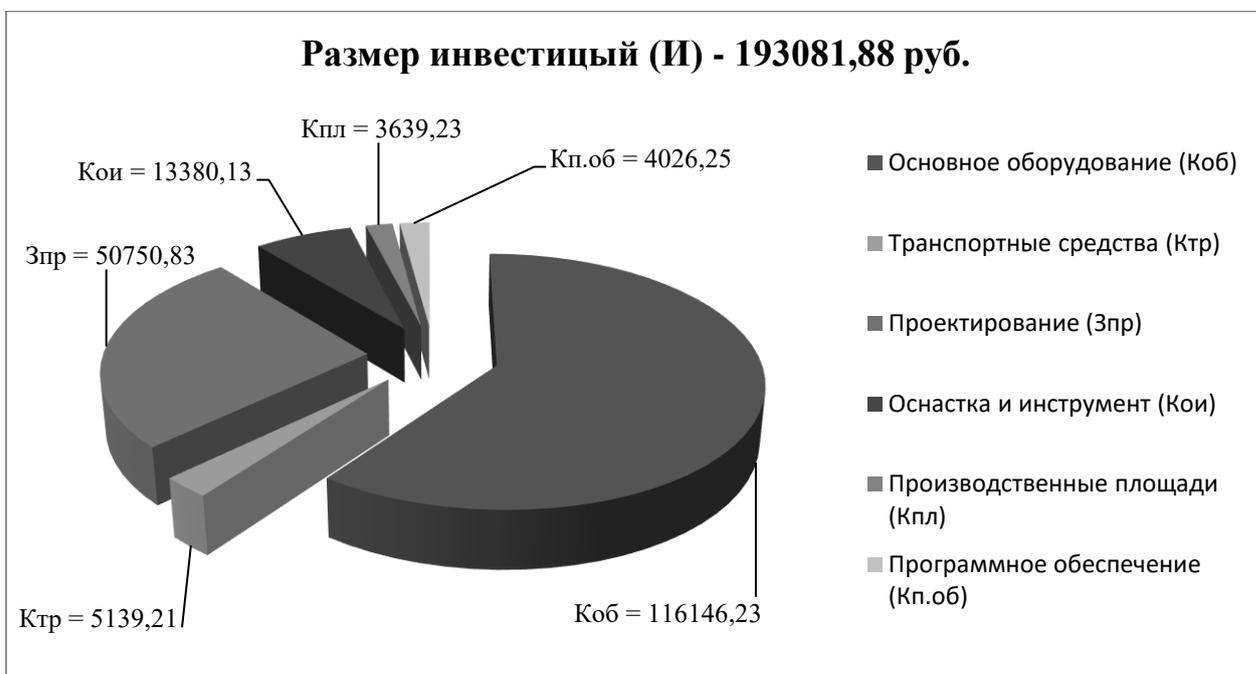


Рисунок 6 – Итоговый размер инвестиций и его детализация

Значение срока окупаемости можно рассчитать по формуле (42)

$$T = \frac{I}{P_{\text{ЧИСТ}}} + 1, \quad (42)$$

где « $P_{\text{ЧИСТ}}$  – чистая ожидаемая прибыль, руб.» [13].

Этот показатель зависит от разности себестоимости изготовления детали до и после совершенствования технологического процесса ее изготовления ( $C_1 = 157,39$  руб. и  $C_2 = 126,07$  руб., соответственно). Также при его определении учитывается программа выпуска ( $P_T = 4000$  шт.). И кроме всего прочего, обязательно учитываются налоговые выплаты, которые предприятие вынуждено будет заплатить государству за полученную

дополнительную прибыль. Значения себестоимости определялись по специальной методике [13] с применением программного обеспечения, такого как Microsoft Excel. Если учесть все вышеперечисленные показатели, то формулу (42) можно представить в развернутом формате в формуле (43)

$$T = \frac{I}{(C_1 - C_2) \cdot \Pi_{Г} \cdot (1 - K_{НАЛ})} + 1, \quad (43)$$

где « $K_{НАЛ}$  – коэффициент налогообложения, который, для юридических лиц, составляет 20 % или в абсолютной величине – 0,2» [13].

$$T = \frac{193081,88}{(157,39 - 126,07) \cdot 4000 \cdot (1 - 0,2)} + 1 = 2,927 = 3 \text{ года.}$$

Экономический эффект определяется по формуле (44), которая тоже представлена в развернутом виде, чтобы показать наглядность расчетов.

$$\text{ЭЭ} = \left( \sum_1^T P_{ЧИСТ} \cdot \frac{1}{(1+E)^t} \right) - I, \quad (44)$$

где « $E$  – процентная ставка на капитал;

$t$  – годы получения прибыли для принятого горизонта расчета» [13].

$$\begin{aligned} \text{ЭЭ} &= \left( 100224 \cdot \left( \frac{1}{(1+0,2)^1} + \frac{1}{(1+0,2)^2} + \frac{1}{(1+0,2)^3} \right) \right) - 193081,88 = \\ &= 25907,56 \text{ р.} \end{aligned}$$

Согласно проведенным расчетам, экономический эффект получен, его величина составляет 25907,56 руб. Поэтому предложенные совершенствования в технологический процесс можно считать целесообразными и обоснованными.

В данном разделе произведена экономическая оценка предлагаемой технологии изготовления вала и изменений, внесенных в нее. Установлено, что экономический эффект имеет положительное значение. Все предлагаемые решения признаны эффективными.

## Заключение

Результатом выполнения выпускной квалификационной работы является технология изготовления вала, спроектированная на основе типовой технологии изготовления деталей данного класса и ее совершенствовании для максимального снижения затрат на изготовление в заданных производственных условиях. Для этого были решены следующие задачи.

Рассмотрены исходные данные для проектирования и проведен их анализ для определения задач работы, которые необходимо выполнить для достижения ее цели.

Решены стандартные технологические задачи, такие как «проектирование заготовки, разработка плана изготовления, определение технических средств оснащения технологического процесса, определение режимов резания и нормирование технологических операций» [10].

«Разработаны специальные технические средства оснащения» [10], что позволило снизить время проведения фрезерной операции за счет механизации процесса закрепления заготовки и внесения изменений в конструкцию концевой фрезы. Первое решение позволило сократить вспомогательное время на снятие и установку заготовки, а второе интенсифицировать на 30% режимы обработки, сохранив при этом требуемое качество обработки и увеличив стойкость фрезы до 50% от базовой стойкости.

Спроектированная технология изготовления вала оценена на безопасность и экологичность ее выполнения с учетом применения предлагаемых специальных технических средств.

Произведена экономическая оценка предлагаемой технологии изготовления вала и изменений, внесенных в нее. Установлено, что экономический эффект имеет положительное значение. Все предлагаемые решения признаны эффективными.

## Список используемых источников

1. Антимонов А. М. Основы технологии машиностроения : учебник / А. М. Антимонов. – 2-е изд., стер. – Москва : ФЛИНТА, 2020. – 176 с. – ISBN 978-5-9765-4163-4. – Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. – URL: <https://e.lanbook.com/book/143717> (дата обращения: 20.03.2024).
2. Блюменштейн В.Ю. Проектирование технологической оснастки: учебное пособие для вузов / В.Ю. Блюменштейн, А.А. Клепцов. – 4 –е изд., стер. – Санкт –Петербург: Лань, 2023. – 220 с. [Электронный ресурс]. – URL: <https://e.lanbook.com/book/166346> (дата обращения: 12.03.2024).
3. Болтон У. Карманный справочник инженера-метролога. [Электронный ресурс] – Электрон. дан. – М.: ДМК Пресс, 2010. – 380 с.
4. Бурчаков Ш. А. Технология машиностроения : учебное пособие / Ш. А. Бурчаков. – Вологда : Инфра-Инженерия, 2023. – 320 с. – ISBN 978-5-9729-1204-9. – Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. – URL: <https://e.lanbook.com/book/346982> (дата обращения: 18.04.2024).
5. 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, 2024. – 22 с.
6. ГОСТ 7505–89. Поковки стальные штампованные. Допуски, припуски и кузнечные напуски. – Введ. 1990 –01 –07. – М.: Изд –во стандартов, 1990. – 83 с.
7. Григорьев С. Н. Методы повышения стойкости режущего инструмента : учебник / С. Н. Григорьев. – 2-е изд. – Москва : Машиностроение, 2023. – 368 с. – ISBN 978-5-907523-33-3. – Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. – URL: <https://e.lanbook.com/book/307286> (дата обращения: 21.04.2024).

8. 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: 05.03.2024).

9. Клепиков В. В. Технологическая оснастка. Станочные приспособления: учебное пособие / В. В. Клепиков. – Москва: ИНФРА –М, 2022. – 345 с. – URL: <https://znanium.com/catalog/product/1836736> (дата обращения: 15.04.2024).

10. 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: 14.03.2024).

11. Клименков С. С. Проектирование заготовок в машиностроении. Практикум: учеб. пособие / С.С. Клименков. – Минск: Новое знание; М.: ИНФРА –М, 2019. – 269 с. – URL: <https://znanium.com/catalog/product/1008022> (дата обращения: 29.09.2023).

12. Копылов Ю. Р. Технология машиностроения : учебное пособие для вузов / Ю. Р. Копылов. – 2-е изд., стер. – Санкт-Петербург : Лань, 2024. – 252 с. – ISBN 978-5-507-49336-4. – Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. – URL: <https://e.lanbook.com/book/387341> (дата обращения: 08.04.2024).

13. 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: 11.04.2024).

14. Металлорежущие станки : учебник : в 2 томах / В. В. Бушуев, А. В. Ерёмин, А. А. Какойло [и др.] ; под редакцией В. В. Бушуева. – 2-е изд. – Москва : Машиностроение, 2023 – Том 2 – 2023. – 586 с. – ISBN 978-5-907523-31-9. – Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная

система. – URL: <https://e.lanbook.com/book/307283> (дата обращения: 12.04.2024).

15. Металлорежущие станки : учебник : в 2 томах / Т. М. Авраимова, В. В. Бушуев, Л. Я. Гиловой [и др.] ; под редакцией В. В. Бушуева. – 2-е изд. – Москва : Машиностроение, 2023 – Том 1 – 2023. – 608 с. – ISBN 978-5-907523-30-2. – Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. – URL: <https://e.lanbook.com/book/307280> (дата обращения: 03.04.2024).

16. 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, 2022. – 216 с. – ISBN 978-5-8114-4521-9. – Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. – URL: <https://e.lanbook.com/book/206789> (дата обращения: 15.03.2024).

17. 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: 16.03.2024).

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

19. 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: 07.04.2024).

20. Справочник конструктора–инструментальщика / В. И. Баранчиков [и др.] ; под общ. ред. В. А. Гречишникова, С. В. Кирсанова. – 2 –е изд.,

перераб. и доп. – Москва: Машиностроение, 2006. – 541 с.

21.Справочник технолога : справочник / А. Г. Суслов, В. Ф. Безъязычный, Б. М. Базров [и др.] ; под общей редакцией А. Г.Суслова. – 2-е изд. – Москва : Машиностроение, 2023. – 800 с. – ISBN 978-5-907523-51-7. – Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. – URL: <https://e.lanbook.com/book/387530> (дата обращения: 24.04.2024).

22.Сысоев С. К. Технология машиностроения. Проектирование технологических процессов : учебное пособие для вузов / С. К. Сысоев, А. С. Сысоев, В. А. Левко. – 4-е изд., стер. – Санкт-Петербург : Лань, 2024. – 352 с. – ISBN 978-5-507-47502-5. – Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. – URL: <https://e.lanbook.com/book/383858> (дата обращения: 02.04.2024).

23.Технология автоматизированного машиностроения. Технологическая подготовка, оснастка, наладка и эксплуатация многооперационных станков с ЧПУ : учебник для вузов / А. М. Александров, Ю. М. Зубарев, А. В. Приемышев, В. Г. Юрьев. – Санкт-Петербург : Лань, 2021. – 264 с. – ISBN 978-5-8114-7288-8. – Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. – URL: <https://e.lanbook.com/book/174961> (дата обращения: 12.03.2024).

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

25. Химический состав и физико-механические свойства стали 33ХС [Электронный ресурс]. – URL: <https://hardhub.ru/spravochniki/marki-stali-i-splavov/stal-konstruktsionnaya/stal-konstruktsionnaya-legirovannaya/show/33khs/> (дата обращения: 12.03.2024).



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
T 19	396110 Патрон 3-х кулачковый ГОСТ 24351-80; 392101 Резец контурный ГОСТ 18879-73 Т5К10;															
T 20	393311 Штангенциркуль ШЦ-1 ГОСТ 166-89.															
21																
A 22	XX XX XX 015 4110 Токарная															
Б 23	381101 Токарный 16К20Ф3					3	18217	312	1Р	1	1	1	200	1		4,5
О 24	Точить последовательно поверхность и торцы; Установ А пов. 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21															
О 25	23, 24, 27 в размер $\phi 51,188^{+0,12}$ ; $\phi 55^{+0,12}$ ; $\phi 53,5^{+0,12}$ ; $\phi 56^{+0,12}$ ; $\phi 66^{+0,12}$ ; $50,6^{+0,12}$ ; $80^{+0,14}$ ; $104^{+0,14}$ ; $105^{+0,16}$															
О 26	188 <sup>+0,105</sup> ; Установ Б пов. 3, 2, 5 $\phi 174,44^{+0,25}$ ; $189^{+0,105}$															
T 27	396110 Патрон 3-х кулачковый ГОСТ 24351-80; 392101 Резец контурный ГОСТ 18879-73 Т30К4;															
T 28	392110 Резец канавочный ГОСТ 18879-73 Т5К10; 393311 Штангенциркуль ШЦ-1 ГОСТ 166-89; 393410															
T 29	Микрометр МК-50 ГОСТ 6507-78.															
30																
A 31	XX XX XX 020 4262 Фрезерная															
Б 32	381631 Фрезерный 6Р10					3	18632	312	1Р	1	1	1	200	1		2,31
О 33	Фрезеровать поверхности 25, 26 в размер $10^{+0,040}$ ; $42^{+0,02}$ ; $44^{+0,25}$ ; $49^{+0,10}$															
T 34	396171 Приспособление специальное; 391820 Фреза шпоночная специальная Р6М5; 393311															
T 35	Штангенциркуль ШЦ-1 ГОСТ 160-80; 393400 Калибр.															
36																
A 37	XX XX XX 025 4121 Сверлильная															
Б 38	381213 Вертикально-сверлильный 2С125ПФ2 3 15292					312	1Р	1	1	1	1	200	1		1,63	
О 39	Сверлить пов. 4, 28 в размер $\phi 27^{+0,0}$ ; $\phi 17,5^{+0,10}$															
T 40	396131 Тиски самоцентрирующие; 391267 Сверла спиральные ГОСТ 10903-77 Р6М5; 393311															
T 41	Штангенциркуль ШЦ-1 ГОСТ 160-80; 393400 Калибр.															
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	Тпоз	Тшт
Б	Код, наименование оборудования					СМ	проф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Кшт	Тпоз	Тшт
А 69	XX XX XX			030	Термическая											
70																
А 71	XX XX XX			035	414.2 Центрошлифовальная											
Б 72	381317	Центрошлифовальный	3921	3	188.73	312	1Р	1	1	1	200	1				1,93
О 73	Шлифовать поверхности 30, 31 в размер $\phi 4^{+0,010}$															
Т 74	396131 Тиски самоцентрирующие; 397120 Круг шлифовальный АГК ГОСТ2447-82; 393120 Калибры.															
75																
А 76	XX XX XX			040	4130 Торцекруглошлифовальная											
Б 77	381311	Торцекруглошлифовальный	3Т160	3	188.73	312	1Р	1	1	1	200	1				1,45
О 78	Шлифовать поверхности 8, 9 в размер $\phi 55,5^{+0,040}$ ; $50^{+0,040}$															
Т 79	396110 Патрон поводковый ГОСТ2571-71; 39810 Круг шлифовальный; 394300 Скоба рычажная.															
80																
А 81	XX XX XX			045	4131 Шлифовальная											
Б 82	381311	Круглошлифовальный	3Е153	3	188.73	312	1Р	1	1	1	200	1				3,35
О 83	Шлифовать поверхности 11, 18, 20 в размер $\phi 50,15^{+0,040}$ ; $\phi 54,5^{+0,040}$ ; $\phi 65,5^{+0,040}$															
Т 84	396110 Патрон поводковый ГОСТ2571-71; 39810 Круг шлифовальный; 394300 Скоба рычажная.															
85																
А 86	XX XX XX			050	4130 Торцекруглошлифовальная											
Б 87	381311	Торцекруглошлифовальный	3Т160	3	188.73	312	1Р	1	1	1	200	1				1,8
О 88	Шлифовать поверхности 8, 9 в размер $\phi 55,2^{+0,019}$ ; $49,6^{+0,03}$															
Т 89	396110 Патрон поводковый ГОСТ2571-71; 39810 Круг шлифовальный; 394300 Скоба рычажная.															
90																
А 91	XX XX XX			055	4131 Шлифовальная											
МК																

Продолжение Приложения А

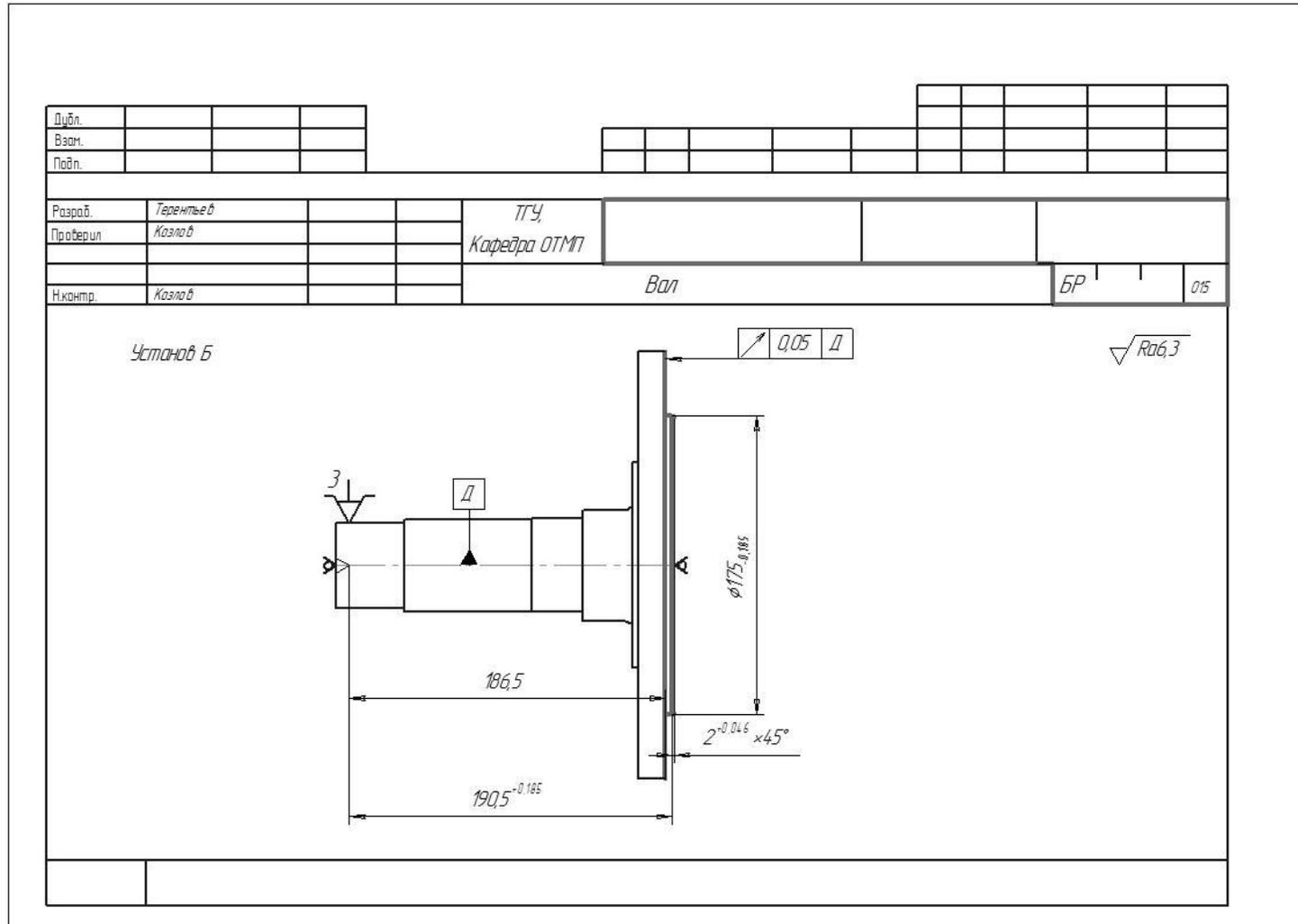
Продолжение таблицы А.1

А	Цех	Уч	РМ	Опер	Код, наименование операции	Обозначение документа										
						СМ	проф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Кшт	Тпоз	Тшт
Б 94	381311 Круглошлифовальный 3Е153					3	18873	312	1Р	1	1	1	200	1		4,36
О 95	Шлифовать поверхности 11, 18, 20 в размер, $\phi 50,002^{+0,010}$ , $\phi 54,02^{+0,039}$ , $\phi 65,2^{+0,12}$ .															
Т 96	396110 Патрон поводковый ГОСТ2571-71; 39810 Круг шлифовальный; 394300 Скоба рычажная.															
97																
А 98	XX XX XX 060 4191 Полировальная															
Б 99	381337 Полировально-шлифовальныйЗА352 3,18873					3	18873	312	1Р	1	1	1	1200	1		1,82
О 100	Шлифовать поверхность 11 в размер, $\phi 65^{+0,12}$ .															
Т 101	396110 Патрон поводковый ГОСТ2571-71; 39810 Круг эластичный; 394300 Скоба рычажная.															
102																
А 103	XX XX XX 065 Моечная															
104																
А 105	XX XX XX 070 Контрольная															
106																
107																
108																
109																
110																
111																
112																
113																
114																
115																
116																
МК																



Продолжение Приложения А

Продолжение таблицы А.1



Продолжение Приложения А

Продолжение таблицы А.1

ГОСТ 2118-82										Форм 1			
Дубл.													
Взам.													
Подп.													
Разраб.	Терентьев			ТГУ									
Проверил	Козлов			Кафедра ОТМП									
Н.контр.	Козлов			Вал						Цех	Уч.	Р.М.	Опер.
Наименование операции		Материал			Твердость	ЕВ	МД	Профиль и размеры			МВ	КОИД	
Токарная		Сталь 33ХС ГОСТ 4543-71				166	10,68кз	№254,8х203,8			13,88кз	1	
Оборудование, устройства ЧПУ		Обозначение программы			то	тв	тгв	тип	сок				
16К20Ф3					3,9			4,5	Укринол-1				
		пи	о или в	Л	т	и	с	п	V				
от	1. Установить заготовку												
Т.з.	396110 Патрон 3-х кулачковый ГОСТ 24351-80; 392101 Резец контурный ГОСТ 18879-73 Т30К4;												
Т.з.	392110 Резец канавочный ГОСТ 18879-73 Т5К10.												
о.з.	2. Точить последовательно поверхности и торцы: 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21 выдерживая												
о.з.	размеры согласно эскиза.												
Р.з.		1				1,3		0,1	800	160			
Р.з.		2				0,25		0,06	630	96			
Р.з.		3				1,5		0,06	630	95			
о.з.	3. Переустановить заготовку												
о.з.	4. Точить последовательно поверхности и торцы: 2, 3, 8 выдерживая размеры согласно эскиза.												

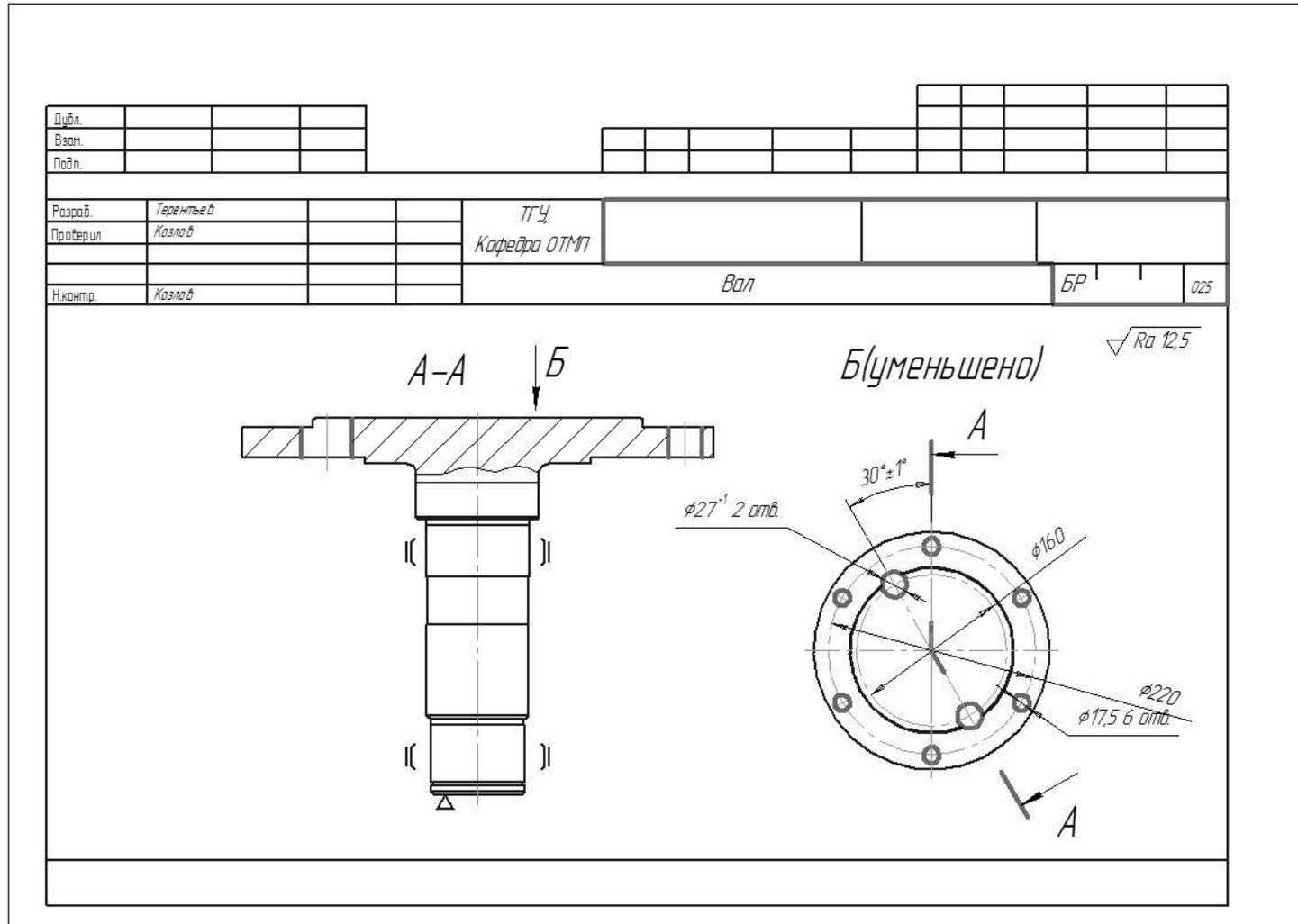
Продолжение Приложения А

Продолжение таблицы А.1

ГОСТ 2118-82										Форм 1		
Дубл.												
Взам.												
Подп.												
Разраб.	Терентьев			ТГУ								
Проверил	Козлов			Кафедра ОТМП								
Н.контр.	Козлов			Вал					Цех	Уч.	Р.М.	Опер.
Наименование операции		Материал			Твердость	ЕВ	МД	Профиль и размеры		МВ	КОИД	
Токарная		Сталь 33ХС ГОСТ 4543-71				166	10,68кз	#254,8x203,8		13,88кз	1	
Оборудование, устройства ЧПУ		Обозначение программы			то	тв	тгв	тип	сок			
16К20ФЗ					3,9			4,5	Укринол-1			
		пи	о или в	L	t	i	s	п	V			
P <sub>11</sub>		1			1,3		0,1	800	160			
0 <sub>2</sub>	5. Открепить, снять деталь с приспособления уложить на тележку.											
13												
14												
15												
16												
17												
18												
19												
20												

Продолжение Приложения А

Продолжение таблицы А.1



Продолжение Приложения А

Продолжение таблицы А.1

		ГОСТ 2118-82										Форм 1		
Дубл.														
Взам.														
Подп.														
Разраб.	Терентьев													
Проверил	Козлов													
Н.контр.	Козлов													
Вал											Цех	Уч.	Р.М.	Опер.
Наименование операции		Материал		Твердость	ЕВ	МД	Профиль и размеры			МВ	КОИД			
Сверлильная		Сталь 33ХС ГОСТ 4543-71			166	10,68кз	№254,8x203,8			13,88кз	1			
Оборудование, устройства ЧПУ		Обозначение программы		то	тЪ	тпа	тип	СОЖ						
2С125ПФ2И				103			163	Уканиол-1						
		пи	о или в	L	f	i	s	п	v					
01	1. Установить заготовку													
Т.з.	396131 Тиски самоцентрирующие специальные; 391267 Сверла спиральные Р6М5 ГОСТ10903-77.													
02	2. Сверлить поверхности 4, 28 выдерживая размеры согласно эскиза													
Р.з.		1				13,5	0,2	750	64					
Р.з.		2				8,75	0,2	750	42					
03	3. Открепить, снять деталь с приспособления, уложить на тележку.													
04														
05														
06														
07														
08														
09														
10														

Приложение Б

Спецификации к сборочным чертежам

Таблица Б.1 – Спецификации к сборочным чертежам

Изм. №	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание	Листов	
									Лит.	Листов
<i>Перед. примен.</i>										
						<u>Документация</u>				
					24.БР.ОТМП.143.65.00.000СБ	Сборочный чертеж				
<u>Детали</u>										
					24.БР.ОТМП.143.65.00.001	Винт	1			
					24.БР.ОТМП.143.65.00.002	Корпус	1			
					24.БР.ОТМП.143.65.00.003	Корпус	1			
					24.БР.ОТМП.143.65.00.004	Корпус пневмоцилиндра	1			
					24.БР.ОТМП.143.65.00.005	Крышка пневмоцилиндра	1			
					24.БР.ОТМП.143.65.00.006	Поршень	1			
					24.БР.ОТМП.143.65.00.007	Призма	1			
					24.БР.ОТМП.143.65.00.008	Прихват	1			
					24.БР.ОТМП.143.65.00.009	Шток	1			
<u>Стандартные изделия</u>										
						Винт М5х45	4			
						ГОСТ 11871-69				
						Винт М8х25	4			
						ГОСТ 11871-69				
						Винт М8х30	2			
						ГОСТ 11863-69				
						Винт М8х30	4			
						ГОСТ 11863-69				
						Гайка М10	1			
						ГОСТ 14726-69				
					<b>24.БР.ОТМП.143.65.00.000</b>					
					<b>Станочное приспособление</b>					
					Лит. 1 Листов 2					
					ТГУ, ИМ гр. ТМдп-1901а					
					Формат А4					

