



## Аннотация

Цель выпускной квалификационной работы – разработка оптимального в заданных производственных условиях технологического процесса изготовления вала-шестерни привода планетарного бетоносмесителя, обеспечивающего годовой объем выпуска качественных деталей.

«Исходные данные, к которым относятся назначение и условия работы детали, оценка технологичности детали, анализ параметров типа производства рассмотрены в первом разделе. По результатам анализа исходных данных выполнена постановка задач работы» [3].

Решение задач проектирования заготовки, разработки плана изготовления, выбора технических средств оснащения, выбора режимов резания и определения норм времени на выполнение операций технологического процесса приведены во втором разделе.

Специальные технические средства оснащения спроектированы в третьем разделе. В результате спроектировано станочное приспособление с механизированным приводом закрепления и режущий инструмент улучшенной конструкции. Данные мероприятия позволили сократить время на выполнение сверлильной операции, путем сокращения вспомогательного времени и применения более производительных режимов резания.

Оценка технологического процесса на безопасность и экологичность выполнена в четвертом разделе. При проведении данного анализа учитывались изменения от применения специальных технических средств оснащения, вносимые в базовую технологию.

Экономическая оценка предлагаемого варианта технологического процесса выполнена в пятом разделе. В результате получены положительные значения экономических показателей. Технологический процесс признан эффективным.

Объем работы: 51 страниц пояснительной записки, графический материал на 7,5 листах формата А1.

## 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.....	7
1.4 Постановка задач работы .....	9
2 Технологическая часть .....	10
2.1 Проектирование заготовки.....	10
2.2 Разработка плана изготовления .....	19
2.3 Технические средства оснащения .....	20
2.4 Определение режимов резания и нормирование .....	25
3 Разработка специальных технических средств оснащения .....	29
3.1 Разработка самоцентрирующих тисков .....	29
3.2 Разработка сборного сверла .....	34
4 Безопасность и экологичность технического объекта .....	36
4.1 Конструктивно-технологическая характеристика технического объекта.....	36
4.2 Идентификация профессиональных рисков.....	36
4.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков.....	38
4.4 Обеспечение пожарной безопасности технического объекта .....	41
4.5 Обеспечение экологической безопасности объекта .....	42
5 Экономическая эффективность работы .....	43
Заключение .....	47
Список используемых источников.....	48
Приложение А Технологическая документация.....	52
Приложение Б Спецификации к сборочным чертежам .....	63

## Введение

Производство бетона в промышленных масштабах требует применения высокопроизводительного оборудования на всех этапах. Смешивание бетона выполняется при помощи бетоносмесителей различного принципа действия. Основные требования к данным механизмам заключаются в обеспечении высокой производительности и качества смешивания всех ингредиентов смеси.

Наиболее полно выполнение данных требований обеспечивают планетарные бетоносмесители принудительного действия. К недостаткам бетоносмесителей данного типа относятся необходимость использования мощного электродвигателя и сложность конструкции привода. Это приводит к высокой стоимости бетоносмесителя. Как следствие этого данные механизмы должны эксплуатироваться максимально эффективно с минимальным количеством простоев. Обеспечение этого требования возможно только путем обеспечения соответствующих показателей надежности, как всего механизма, так и его отдельных узлов, агрегатов и деталей.

Надежность обеспечивается на стадии проектирования, путем применения соответствующих конструкторских решений и на стадии изготовления, путем применения соответствующих технологических решений. Кроме надежности на стадии изготовления необходимо обеспечить требуемую производительность технологического процесса, а также учесть условия реального производства.

Из вышесказанного следует, что применительно к рассматриваемой детали, «цель выпускной квалификационной работы – разработка оптимального в заданных производственных условиях технологического процесса изготовления вала-шестерни привода» [3] планетарного бетоносмесителя, обеспечивающего годовой объем выпуска качественных деталей.

## **1 Исходные данные и их анализ**

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

Служебное назначение рассматриваемого вала-шестерни можно охарактеризовать как типичное для деталей данного класса. «Оно заключается в передаче крутящего момента от входного вала на выходной вал редуктора привода» [8]. От входного вала момент воспринимается через шестерню, установленную на шлицы посредством их боковых поверхностей, а передается на выходной вал боковыми поверхностями эвольвенты шестерни выполненной заодно с валом. В результате изменяется частота вращения выходного вала по сравнению с входным валом и изменяется величина передаваемого крутящего момента.

Вал-шестерня работает под влиянием значительных по величине знакопеременных нагрузок. Условия работы можно охарактеризовать как нормальные. Это объясняется отсутствием влияния на деталь внешних климатических факторов, так как механизм работает в производственном помещении, параметры которого строго регламентированы. Работа происходит в закрытом корпусе редуктора, что при полной его исправности исключает попадание посторонних предметов и частиц вовнутрь. Технические характеристики редуктора предполагают создание внутри корпуса определенных условий, таких как наличие смазки, давление и ряд других, которые являются расчетными для рассматриваемой детали и не оказывают на нее негативного влияния. К негативным факторам работы редуктора, которые могут оказать влияние на работоспособность детали, можно отнести попадание продуктов износа на рабочие поверхности, что усугубляется большими скоростями работы редуктора и большими величинами передаваемых моментов. Это может привести к повреждению рабочих поверхностей и их преждевременному износу. Однако в случае регулярного технического обслуживания этого можно избежать.

## 1.2 Оценка технологичности детали

«Технологичность – это комплексная характеристика детали, которая определяется целым рядом показателей» [1].

«Оценку технологичности начинаем с материала детали, которая определяется его химического состава и механических характеристик» [1]. «Химический состав стали 12Х2Н4А ГОСТ 4543-71: углерод от 0,09% до 0,15%, 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%» [26]. «Механические характеристики: предел прочности на растяжение от 690 до 784 МПа, твердость от 230 до 260 единиц по шкале НВ» [26]. Исходя из представленных характеристик, данный материал следует признать технологичным, так как он обеспечивает приемлемые показатели обрабатываемости резанием и хорошо поддается различным видам термической обработки.

Далее произведем оценку конструкции детали на технологичность. В целом конструкция технологична, так как она сформирована стандартными элементами, такими как шлицы, эвольвентный профиль, цилиндрические шейки, фаски, канавки, галтели. При этом все эти элементы имеют стандартизированные размеры, а также шероховатость и точность, типичные для деталей данного класса. Единственным элементом конструкции детали, который следует признать не технологичным, является внутренняя полость для облегчения конструкции. Изменение конструкции в данном случае невозможно вследствие особенностей служебного назначения детали.

Оценка технологичности заготовки детали основана, прежде всего, на свойствах материала и объеме производства. В данном случае наилучшим вариантом будет применение методов пластического деформирования [2]. С точки зрения технологичности «получения заготовки наиболее приемлемыми методами будут штамповка на горизонтально-ковочной машине и штамповки на кривошипном горячештамповочном прессе» [2]. Следовательно, заготовку

детали можно признать технологичной, так как она обеспечивает требуемую точность и высокую производительность процесса.

Ключевым этапом оценки технологичности детали является оценка ее на технологичность механической обработки. Рассматриваемая деталь может быть признана технологичной по данному критерию. Это объясняется отсутствием необходимости применения специальных методов обработки для получения заданной формы, шероховатости и точности поверхностей. Все параметры точности и шероховатости поверхностей, а также их форма могут быть обеспечены стандартными режущими инструментами. Вся механическая обработка может быть осуществлена на универсальном технологическом оборудовании. Исключения составляют шлицы и зубчатый венец, для получения которых потребуется специализированное оборудование и средства технологического оснащения. Однако, это нельзя признать нетехнологичным, так как такое решение является типовым для таких поверхностей.

Из проведенного анализа можно сделать вывод, что деталь отвечает всем основным требованиям технологичности. Нетехнологичным элементом детали является ее внутренняя полость.

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

Для проведения анализа параметров типа производства сначала необходимо его определить. «Исходя из имеющихся данных, применима упрощенная методика определения типа производства» [11]. «Согласно ей, при массе детали 2,38 кг и годовой программе выпуска в 6000 штук в год тип производства среднесерийный» [11].

«Приведем основные характеристики данного типа производства» [11].

Форма организации не поточная периодически повторяющимися партиями на специализированных рабочих местах.

Оборудование размещается по группам, что облегчает организацию

работы производственных участков. «Предпочтительно применение универсальных средств технологического оснащения и оборудования» [11]. Передача заготовок производится в таре механизированным способом.

При проектировании технологии изготовления необходимо придерживаться последовательной стратегии с использованием типовых технологических процессов.

Заготовки по форме должны быть максимально приближены к форме готовой детали с минимальными напусками и припусками на обработку.

Технологические операции следует проектировать с максимальной концентрацией переходов и последовательной обработкой. В экономически обоснованных случаях допускается применение параллельной обработки.

Базирование деталей следует выполнять на основе типовых схем, что позволит применить для их реализации стандартную технологическую оснастку.

Определение припусков на обработку следует производить расчетно-аналитическим методом для поверхностей с точностью выше 8 качества и статистическим для остальных. Это позволит ускорить процесс проектирования при сохранении требуемой точности расчетов.

Точность обработки достигается путем применения методов статической настройки, настройки по пробным заготовкам с помощью рабочего калибра и настройки с помощью универсального мерительного инструмента по пробным заготовкам, в зависимости от типа оборудования и требуемой точности обработки.

Также следует учесть современные тенденции развития среднесерийного производства. Прежде всего, это применение станков с числовым программным управлением. Применение данного оборудования позволяет создавать гибкие производственные ячейки с высоким уровнем автоматизации и гибкости производства.

## 1.4 Постановка задач работы

На основе полученных данных формулируем задачи работы:

- спроектировать заготовку, разработать план изготовления, выбрать технические средства оснащения, выбрать режимы резания и определить нормы времени на выполнение операций;
- спроектировать станочное приспособление с механизированным приводом закрепления и режущий инструмент улучшенной конструкции;
- «оценить технологический процесс на безопасность и экологичность с учетом применения специальных технических средств оснащения, вносимых в базовую технологию» [3];
- произвести экономическую оценку предлагаемого варианта технологического процесса.

В первом разделе рассмотрены исходные данные, к которым относятся назначение и условия работы детали, оценка технологичности детали, анализ параметров типа производства. По результатам анализа исходных данных выполнена постановка задач работы.

## 2 Технологическая часть

### 2.1 Проектирование заготовки

От правильности выбора заготовки зависит в конечном итоге стоимость готовой детали. Полное сравнение различных методов получения заготовки предполагает полную разработку технологии изготовления детали по сравниваемым вариантам. Такой подход требует больших временных затрат, что в среднесерийном типе производства недопустимо. Поэтому применяется предварительный эмпирический анализ возможных методов получения заготовки [23]. В соответствии с данным подходом часть заведомо неэффективных вариантов отбрасывается, и остаются только наиболее подходящие варианты. «В данном случае это методы штамповки на горизонтально-ковочной машине и штамповки на кривошипном горячештамповочном прессе» [2]. «Дальнейший выбор сводится к экономическому сравнению изготовления деталей из данных вариантов заготовок» [3].

«Суммарные затраты на изготовление детали по сравниваемым методам получения заготовок:

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

где  $C_{zi}$  – затраты на получение заготовки, руб.;

$C_{обри}$  – затраты на механическую обработку, руб.;

$i$  – индекс варианта получения заготовки» [3].

«Затраты на получение 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  $C_{mi}$  – стоимость материала за тонну, руб.;

$M_{zi}$  – масса заготовки, кг;  
 $K_{сп}$  – коэффициент способа получения заготовки;  
 $K_{т}$  – коэффициент точности получения заготовки;  
 $K_{сл}$  – коэффициент сложности получения заготовки» [3].

«Масса заготовки определяется 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» [3].

«Индекс метода получения заготовки принимаем 1 для заготовки, полученной на горизонтально-ковочной машине, 2 для заготовки, полученной на кривошипном горячештамповочном прессе» [3].

$$M_{z1} = 2,38 \cdot 1,8 = 4,28 \text{ кг.}$$

$$M_{z2} = 2,38 \cdot 1,9 = 4,52 \text{ кг.}$$

«Рассчитываем затраты на получение заготовки.

$$C_{z1} = \frac{35000 \cdot 4,28}{1000} \cdot 0,56 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 83,89 \text{ р.}$$

$$C_{z2} = \frac{35000 \cdot 4,52}{1000} \cdot 0,53 \cdot 1,0 \cdot 1,2 = 100,62 \text{ р.} \text{» [3].}$$

«Затраты на механическую обработку:

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

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

$K_{имi}$  – коэффициент использования материала;

$K_o$  – коэффициент обрабатываемости материала» [3].

«Коэффициент использования материала:

$$K_{имi} = \frac{M_d}{M_3}. \quad (5)» [3]$$

«Выполняем расчеты.

$$K_{им1} = \frac{2,38}{4,28} = 0,56.$$

$$K_{им2} = \frac{2,38}{4,52} = 0,53» [3].$$

«Затраты на механическую обработку.

$$C_{обр1} = \frac{40 \cdot \left(\frac{1}{0,56} - 1\right) \cdot 2,38}{0,9} = 83,11 \text{ р.}$$

$$C_{обр2} = \frac{40 \cdot \left(\frac{1}{0,53} - 1\right) \cdot 2,38}{0,9} = 93,8 \text{ р.}» [3].$$

«Суммарные затраты на изготовление детали по сравниваемым методам получения заготовок составят.

$$C_1 = 83,89 + 83,11 = 167 \text{ р.}$$

$$C_2 = 100,62 + 93,8 = 194,42 \text{ р.}» [3]$$

«Из расчетов следует, что метод получения заготовки на горизонтально-ковочной машине более эффективен. Следовательно, принимаем его для дальнейшего проектирования» [2].

«Методика проектирования заготовки предполагает определение маршрутов обработки поверхностей с целью использования их для определения припусков на обработку данных поверхностей» [23]. Маршрут обработки определяется характеристиками обрабатываемой поверхности и маркой материала, из которого изготавливается деталь. В большинстве случаев имеется несколько вариантов комбинаций различных методов обработки. Часть из них технически нереализуемы в конкретных производственных условиях в связи с отсутствием необходимого оборудования и средств технологического оснащения и поэтому не рассматриваются. Выбор из оставшихся вариантов маршрутов обработки поверхностей производится по методике [15], которая подразумевает выбор варианта маршрута, обеспечивающего минимальное значение суммарных

удельных затрат. Для составления маршрутов обработки поверхностей каждой поверхности присвоим свой уникальный код (рисунок 1).

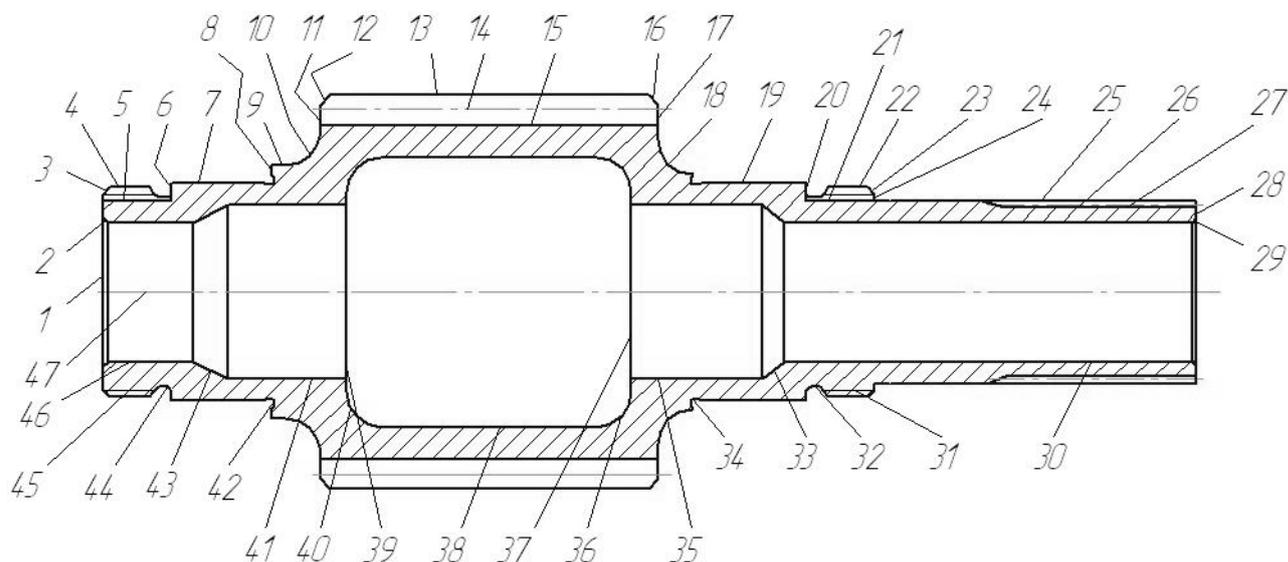


Рисунок 1 – Кодирование поверхностей

Результаты выбора маршрутов обработки представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Маршруты обработки

Поверхности	Точность	Шероховатость, мкм	Маршрут обработки
1, 5, 6, 20, 21, 28	12	12,5	«фрезерование, термическая обработка» [15]
2, 29	9	3,2	«сверление, термическая обработка, шлифование» [15]
3, 12, 16, 23, 32, 34, 42, 44	12	12,5	«точение чистовое, термическая обработка» [15]
4, 9, 10, 11, 13, 17, 18, 22, 24, 36, 37, 39, 40	12	12,5	«точение, термическая обработка» [15]
7, 19	6	0,63	«точение, точение чистовое, термическая обработка, шлифование, шлифование чистовое» [15]
8	10	1,25	«точение, точение чистовое, термическая обработка, шлифование, шлифование чистовое» [15]
12	12	12,5	«сверление, термическая обработка» [15]

Продолжение таблицы 1

Поверхности	Точность	Шероховатость, мкм	Маршрут обработки
14	7	1,6	«зубофрезерование, шевингование, термическая обработка, зубошлифование» [15]
15	12	12,5	«зубофрезерование, термическая обработка» [15]
25	7	1,25	«точение, точение чистовое, термическая обработка, шлифование, шлифование чистовое» [15]
26	9	6,3	«фрезерование, термическая обработка» [15]
27	12	6,3	«фрезерование, термическая обработка» [15]
31, 45	10	6,3	«резьбонарезание, термическая обработка» [15]
33, 35, 38, 41, 43, 46	12	3,2	«сверление, растачивание, термическая обработка» [15]

«Определение припусков на обработку следует производить расчетно-аналитическим методом для поверхностей с точностью выше 8 качества и статистическим для остальных» [18].

«В данном случае расчет припусков расчетно-аналитическим методом необходимо произвести для подшипниковых шеек диаметром  $50k6^{(+0.018/+0.002)}$  мм» [18].

«В ходе расчетов принимаем обозначение индекса  $i$  для текущего перехода,  $i - 1$  для предыдущего перехода» [18].

«Определение минимального припуска выполняется по формуле:

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

где  $a_{i-1}$  – величина дефектного слоя, мм;

$\Delta_{i-1}$  – величина пространственных отклонений поверхностей, мм;

$\varepsilon_i$  – величина погрешности установки заготовки, мм» [18].

«Определение максимального припуска выполняется 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» [18].

«Определение среднего припуска выполняется по формуле:

$$z_{\text{ср}i} = 0,5 \cdot (z_{i \max} + z_{i \min}). \quad (8) \gg [18]$$

«Выполняем расчеты припусков для каждого перехода.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

$$z_{\text{ср}4} = 0,5 \cdot (z_{4 \max} + z_{4 \min}) = 0,5 \cdot (0,094 + 0,066) = 0,080 \text{ мм.} \gg [18]$$

Операционные размеры рассчитываются исходя из определенных припусков на обработку и допусков на выполнение переходов.

«Определение минимального диаметра выполняется по формуле:

$$d_{(i-1)min} = d_{imin} + 2 \cdot z_{imin}. \quad (9) \gg [18]$$

«Необходимо учесть наличие термической обработке в маршруте обработки поверхностей, так как в ходе ее выполнения изменяются размеры. Определение минимального диаметра на переходе предшествующем термической обработке выполняется по формуле:

$$d_{(то-1)min} = d_{(i-1)min} \cdot 0,999. \quad (10) \gg [18]$$

«Определение максимального диаметра выполняется по формуле:

$$d_{(i-1)max} = d_{(i-1)min} + Td_{i-1}. \quad (11) \gg [18]$$

«Определение среднего диаметра выполняется по формуле:

$$d_{i\text{ ср}} = 0,5 \cdot (d_{imax} + d_{imin}). \quad (12) \gg [18]$$

«Выполняем расчеты операционных размеров для каждого перехода.

$$d_{4min} = 50,002 \text{ мм.}$$

$$d_{4max} = 50,018 \text{ мм.}$$

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

$$d_{0cp} = 0,5(d_{0max} + d_{0min}) = 0,5(55,276 + 53,676) = 54,476 \text{ мм.} \gg [18]$$

«Определение общего минимального припуска выполняется по формуле:

$$2z_{min} = d_{0min} - d_{4max}. \quad (13) \gg [18]$$

«Определение общего максимального припуска выполняется по формуле:

$$2z_{max} = 2z_{min} + Td_0 + Td_4. \quad (14) \gg [18]$$

«Определение общего среднего припуска выполняется по формуле:

$$2z_{cp} = 0,5 \cdot (2z_{min} + 2z_{max}). \quad (15) \gg [18]$$

«Выполняем расчеты общих припусков.

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

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

$$2z_{cp} = 0,5 \cdot (3,658 + 5,724) = 4,466 \text{ мм.} \gg [18]$$

«Результаты определения припусков на остальные поверхности в соответствии со статистическим методом» [17], [27] приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Результаты определения припусков

Номера поверхностей	Наименования переходов	Минимальный припуск, мм	Максимальный припуск, мм
1, 28	фрезерование	0,8	3,2
2, 29	сверление	0,4	0,7
	шлифование	0,1	0,15
8	точение черновое	1,5	3,3
	точение чистовое	0,3	0,59
	шлифование	0,5	0,63
	шлифование чистовое	0,06	0,11
14	зубофрезерование	0,6	1,05
	шевингование	0,18	0,32
	шлифование	0,2	0,29
25	точение черновое	2,3	3,81
	точение чистовое	0,30	0,46
	шлифование	0,5	0,57
	шлифование чистовое	0,06	0,09
33, 43	расточивание	0,3	0,53
35, 41	расточивание	0,3	0,53
38	расточивание	0,5	0,76

Определяем напуски, обеспечивающие формирование контура заготовки. Для этого необходимо определить характеристики заготовки [5]:

- «группа стали, в зависимости от содержания углерода и минеральных элементов МЗ,
- степень сложности заготовки С2,
- исходный индекс И14,
- штамповочные уклоны 5°,
- радиус закругления 2,5 мм,
- допустимые значения остаточного облоя не более 0,9 мм,
- смещение по поверхности разъема штампа 0,7 мм» [5].

Допуски на размеры заготовки определены по исходному индексу и представлены на чертеже графической части работы.

## 2.2 Разработка плана изготовления

План изготовления детали – это графический документ, отражающий основные особенности проектируемого технологического процесса, «такие как содержание операций, принятые на них схемы базирования, операционные размеры и операционные технические требования» [16].

«Основой для разработки плана изготовления является маршрут изготовления детали» [16]. В ходе анализа типа производства было установлено, что при проектировании маршрута изготовления с целью повышения качества проектирования необходимо использовать типовые технологические процессы [7], [23]. Технологические операции следует проектировать с максимальной концентрацией переходов и последовательной обработкой. В экономически обоснованных случаях допускается применение параллельной обработки. Результаты разработки маршрута изготовления детали представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Маршрут изготовления детали

Операция	Метод обработки	Обрабатываемые поверхности
005 Фрезерно-центровальная	фрезерование, сверление	1, 2, 28, 29
010 Токарная	точение	4, 6, 7, 8, 11, 13, 17, 18, 19, 20, 22, 24, 25
015 Токарная	точение	7, 8, 19, 24, 25, 31, 32, 34, 42, 44, 45
020 Фрезерная	фрезерование пазов	5, 6, 20, 21
025 Сверлильная	сверление	30
030 Токарная	расточивание	33, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 43
035 Шлицефрезерная	шлицефрезерование	26, 27
040 Зубофрезерная	зубофрезерование	14, 15
045 Зубофосаочная	фрезерование	16
050 Зубошевинговальная	шевингование	14
055 Термическая	закалка, отпуск	все
060 Центрошлифовальная	шлифование	2, 29
065 Торцекруглошлифовальная	шлифование	7, 8, 19
070 Круглошлифовальная	шлифование	25
075 Торцекруглошлифовальная	шлифование	7, 8, 19
080 Круглошлифовальная	шлифование	25

### Продолжение таблицы 3

Операция	Метод обработки	Обрабатываемые поверхности
085 Зубошлифовальная	шлифование	6, 10, 24
090 Моечная	мойка	все
095 Контрольная	контроль	все

«Разработку схем базирования деталей следует выполнять на основе типовых схем базирования» [16], что позволит применить для их реализации стандартную технологическую оснастку. При разработке схем базирования также следует учитывать метод простановки операционных размеров, который зависит от метода достижения точности. В ходе анализа характеристик типа производства установлено, что точность обработки достигается путем применения методов статической настройки, настройки по пробным заготовкам с помощью рабочего калибра и настройки с помощью универсального мерительного инструмента по пробным заготовкам, в зависимости от типа оборудования и требуемой точности обработки.

Технические требования на выполнение операций, такие как операционные допуски и отклонения, а также шероховатость обработанной поверхности принимаются согласно статистическим данным [16].

«Кроме плана изготовления, приведенного на листе графической части работы технологический процесс, оформляется в виде маршрутной карты и для отдельных операций разрабатываются операционные карты с картами эскизов. Результаты приведены в приложении А «Технологическая документация» [3].

### **2.3 Технические средства оснащения**

Технические средства оснащения выбираются в зависимости от типа производства, формы и характеристик обрабатываемых поверхностей, габаритных размеров обрабатываемой заготовки, материала заготовки, требуемого метода обработки, а также экономических показателей. Выбор

технических средств требует тщательного анализа конкретных производственных условий.

Из анализа типа производства следует, что предпочтительно применение универсальных средств технологического оснащения и оборудования. Допускается применение специализированных, а в исключительных случаях специальных, средств технологического оснащения и оборудования, но такое решение принимается только на основе тщательного экономического анализа.

Также следует учесть современные тенденции развития среднесерийного производства. Прежде всего, это применение станков с числовым программным управлением. Применение данного оборудования приводит к необходимости применения технологической оснастки с высоким уровнем механизации и автоматизации всех процессов, а также режущего инструмента повышенной точности и стойкости. Кроме того в состав технических средств необходимо включить вспомогательную оснастку, которая позволит производить замену режущего инструмента без остановки оборудования, а также настройку инструмента вне станка. Применение таких средств технического оснащения потребует значительных затрат на их приобретение и эксплуатацию, но при этом позволит увеличить гибкость и производительность производства, а также снизить количество высококвалифицированного персонала.

«Конкретные модели, марки и характеристики технических средств выбираем по данным литературы [6], [9], [12], [13], [19], [20], [25]. Результаты выбора представлены в таблице 4» [3].

Таблица 4 – Средства технического оснащения

Операция	Оборудование	Станочные приспособления	Режущие инструменты	Контрольные средства
005 Фрезерно-центровальная	«фрезерно-центровальный МР-71М» [25]	призмы установочные, осевой упор, тиски	фрезы торцевые ГОСТ1695-80	штангенциркуль ШЦ-II ГОСТ 160-80,

Продолжение таблицы 4

Операция	Оборудование	Станочные приспособления	Режущие инструменты	Контрольные средства
–	–	«самоцентрирующее ГОСТ 12195-66» [19]	«Т5К10, сверло центровочное специальное Р6М5» [6]	«калибр контроля центрового отверстия» [12]
010 Токарная	«токарно-винторезный 16К20Ф3» [13]	«центр вращающийся ГОСТ 8742-75, патрон трехкулачковый ГОСТ 24351-80» [20]	«резец контурный ГОСТ 18879-73 Т5К10» [9]	«штангенциркуль ШЦ-I ГОСТ 160-80» [12]
015 Токарная	«токарно-винторезный 16К20Ф3» [13]	«центр вращающийся ГОСТ 8742-75, патрон трехкулачковый ГОСТ 24351-80» [20]	«резец контурный ГОСТ 18879-73 Т30К4, резец канавочный ГОСТ 18879-73 Т5К10, резец резьбовой ГОСТ 18879-73 Т5К10» [9]	«микрометр МК-50 ГОСТ 6507-78, резьбовой калибр» [12]
020 Фрезерная	«вертикально-фрезерный 6Р10» [13]	«призмы установочные, осевой упор, тиски самоцентрирующие ГОСТ 12195-66» [19]	«фреза шпоночная ГОСТ 9308-69 Р6М5» [6]	«штангенциркуль ШЦ-I ГОСТ 160-80» [12]
025 Сверлильная	«вертикально-сверлильный 2Н135» [13]	«призмы установочные, осевой упор, тиски самоцентрирующие» [19]	«сверло пушечное специальное ВК6» [9]	«нутромер НМ ГОСТ 160-80» [12]
030 Токарная	«токарно-винторезный 16К20Ф3» [13]	«центр вращающийся ГОСТ 8742-75, люнет, патрон трехкулачковый ГОСТ 24351-80» [20]	«резец расточной ГОСТ 18879-73 Т5К10» [6]	«нутромер НМ ГОСТ 160-80» [12]
035 Шлицефрезерная	«шлицефрезерный 5350» [25]	«центр ГОСТ 2576-79, центр подпружиненный» [19]	«фреза ГОСТ 9324-80 Р9К10» [9]	«шаблон» [12]

Продолжение таблицы 4

Операция	Оборудование	Станочные приспособления	Режущие инструменты	Контрольные средства
–	–	«ГОСТ 8742-75, патрон поводковый ГОСТ 2571-71» [19]	–	–
040 Зубофрезерная	«зубофрезерный 5К301П» [25]	«центр упорный ГОСТ 2576-79, центр подпружиненный ГОСТ 8742-75, патрон поводковый ГОСТ2571-71» [20]	«фреза червячная ГОСТ 9324-80 Р9К10» [9]	«шаблон» [12]
045 Зубофасочная	«зубофасочный ВС-320А» [25]	«центр упорный ГОСТ 2576-79, центр подпружиненный ГОСТ 8742-75, патрон поводковый ГОСТ2571-71» [20]	«фреза специальная Р6М5» [9]	«шаблон» [12]
050 Зубошевинговальная	«зубошевинговальный 5А702Г» [25]	«центр упорный ГОСТ 2576-79, центр подпружиненный ГОСТ 8742-75, патрон поводковый ГОСТ2571-71» [20]	«шевер дисковый ГОСТ 8570-75 Р18» [6]	«шаблон» [12]
055 Термическая	«установка для нагрева, емкость с охлаждающей средой» [25]	–	–	–
060 Центрошлифовальная	«центрошлифовальный 3922» [25]	«центр неподвижный ГОСТ 8740-75, тиски самоцентрирующие» [20]	«головка алмазная АГК ГОСТ 2447-82» [6]	«калибр» [12]
065 Торцекруглошлифовальная	«торцекруглошлифовальный 3Т153Е» [25]	«центр неподвижный ГОСТ 8740-75, патрон поводковый ГОСТ2571-71» [20]	«круг шлифовальный 1-500х50х305 23А46М8V» [9]	«скоба рычажная» [12]
070 Круглошлифовальная	«круглошлифовальный 3М153» [25]	«центр неподвижный ГОСТ 8740-75,» [20]	«круг шлифовальный 1-» [9]	«скоба рычажная» [12]

Продолжение таблицы 4

Операция	Оборудование	Станочные приспособления	Режущие инструменты	Контрольные средства
–	–	«патрон поводковый ГОСТ2571-71» [20]	«500x50x305 23A46M8V» [9]	–
075 Торцекруглошлифовальная	«торцекруглошлифовальный 3Т153Е» [25]	«центр неподвижный ГОСТ 8740-75, патрон поводковый ГОСТ2571-71» [20]	«круг шлифовальный 1-500x50x305 24A60K7V» [9]	«скоба рычажная» [12]
080 Круглошлифовальная	«круглошлифовальный 3М153» [25]	«центр неподвижный ГОСТ 8740-75, патрон поводковый ГОСТ2571-71» [20]	«круг шлифовальный 1-500x50x305 24A60K7V» [9]	«скоба рычажная» [12]
085 Зубошлифовальная	«зубошлифовальный 5А832» [25]	«центр неподвижный ГОСТ 8740-75, патрон поводковый ГОСТ2571-71» [20]	«круг шлифовальный 1-500x20x305 25А80К5V» [9]	«калибр» [12]
090 Моечная	«моечная машина» [25]	«приспособление для загрузки-выгрузки кассет с деталями» [19]	–	–
095 Контрольная	«контрольный стол» [25]	–	–	«средства контроля согласно требуемым контролируемым параметрам» [12]

Технические средства, приведенные в таблице 4, позволяют реализовать спроектированный ранее технологический процесс и обеспечивают необходимые показатели его эффективности. Применение станков с числовым управлением позволит увеличить производительность производства, а также снизить количество высококвалифицированного персонала.

«Все технические средства заносятся в маршрутную карту и

операционные карты с картами эскизов, приведенных в приложении А «Технологическая документация», а также в технологические наладки, приведенные в графической части работы» [3].

## 2.4 Определение режимов резания и нормирование

«Под режимами резания понимаются следующие параметры операции:

- подача инструмента,
- скорость резания,
- частота вращения шпинделя» [14].

Для их определения используем методику [14].

«В соответствии с принятой методикой для определения скорости резания используется формула:

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

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» [14].

«По известной скорости резания определяется частота вращения шпинделя с использованием формулы:

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

где  $d$  – диаметр обработки, мм» [14].

«Исходя из технических возможностей применяемого оборудования,

определяется фактическая скорость резания:

$$V = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000}. \quad (18) \gg [14]$$

«Под нормированием технологических операций понимается определение норм времени на выполнение операции» [3] с использованием следующей методики [22].

«Определение основного времени выполняется по формуле:

$$t_o = \sum t_{oi}, \quad (19)$$

где  $t_{oi}$  – основное время выполнения перехода обработки поверхности, мин» [22].

«Основное время выполнения перехода обработки поверхности определяется по формуле:

$$t_o = \frac{(L+l) \cdot i}{S \cdot n}, \quad (20)$$

где  $L$  – длина обрабатываемой поверхности, мм.;

$l$  – длина перебега и врезания, мм.;

$i$  – количество рабочих ходов» [22].

«Определение вспомогательного времени выполняется по формуле:

$$t_B = t_{c.y.} + t_{m.B.}, \quad (21)$$

где  $t_{c.y.}$  – время на установку и снятие заготовки, мин;

$t_{m.B.}$  – машинно-вспомогательное время, мин» [22].

«Определение времени на обслуживание, и личные потребности выполняется по формуле

$$t_{\text{обс}} + t_{\text{п}} = 0,1 \cdot t_{\text{оп}}, \quad (22)$$

где  $t_{\text{оп}}$  – оперативное время, мин» [22].

«Оперативное время определяется по формуле:

$$t_{\text{оп}} = t_{\text{o}} + t_{\text{в}}. \quad (23)» [22]$$

«Определение штучного времени выполняется по формуле:

$$T_{\text{шт}} = t_{\text{o}} + t_{\text{в}} + t_{\text{обс}} + t_{\text{п}}. \quad (24)» [22]$$

«Штучно–калькуляционное время на выполнение операций рассчитывается по формуле:

$$T_{\text{шт.к.}} = T_{\text{шт}} + \frac{T_{\text{п-з}}}{n_{\text{з}}}, \quad (25)$$

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

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

$n_{\text{з}}$  – размер партии деталей, шт.» [22]

«Результаты расчетов представлены в таблице 5» [3].

Таблица 5 – Режимы резания и нормирование технологических операций

Операция	Переход	Подача, мм/об	Скорость резания, м/мин	Частота вращения, об/мин	Рабочий ход, мм	Основное время, мин	Штучно-калькуляционное время, мин
005	1	0,12	198	630	57	0,14	0,58
	2	0,15	21	1000	20	0,14	
010 А	1	0,3	186	630	152	0,81	2,0
010 Б	1	0,3	186	630	156	0,83	

Продолжение таблицы 5

Операция	Переход	Подача, мм/об	Скорость резания, м/мин	Частота вращения, об/мин	Рабочий ход, мм	Основное время, мин	Штучно-калькуляционное время, мин
015 А	1	0,15	197	1250	128	0,68	1,97
	2	0,08	121	800	3	0,05	
	3	0,08	126	800	3	0,05	
	4	1,5	95	630	17	0,02	
015 Б	1	0,15	197	1250	129	0,69	
	2	0,08	121	800	3	0,05	
	3	0,08	126	800	3	0,05	
	4	1,5	95	630	17	0,02	
020	1	0,05	20	800	35	0,29	0,59
025	1	0,2	51	500	256	2,56	3,38
030 А	1	0,2	101	800	50	0,31	1,39
030 Б	1	0,2	156	800	124	0,78	
035	1	2,0	33	250	45	0,72	1,05
040	1	2,5	66	250	80	3,59	4,17
045	1	0,08	–	1200	–	0,7	1,03
050	1	120	12	260	80	2,32	3,14
060	1	0,55	15	300	0,8	0,18	0,49
065 А	1	0,009	26	300	0,213	0,58	1,48
065 Б	1	0,009	26	300	0,213	0,58	
070	1	0,013	26	368	45	1,65	2,01
075 А	1	0,003	30	300	0,080	0,69	1,72
075 Б	1	0,003	30	300	0,080	0,69	
080	1	0,008	30	368	45	1,76	2,08
085	1	0,01	250	1500	0,29	1,36	1,7

Анализируя результаты нормирования технологических операций, приходим к выводу, что наиболее проблемной является 025 операция. Причина этого заключается в большом вспомогательном времени и низкой производительности обработки. В дальнейшем следует устранить данные недостатки. «Результаты определения режимов резания и нормирования заносятся в приложение А «Технологическая документация»» [3].

Во втором разделе приведены: решение задач проектирования заготовки, разработки плана изготовления, выбора технических средств оснащения, выбора режимов резания и определения норм времени на выполнение операций технологического процесса.

### 3 Разработка специальных технических средств оснащения

#### 3.1 Разработка самоцентрирующих тисков

В ходе анализа результатов нормирования технологических операций было установлено, что наиболее проблемной является 025 сверлильная операция, эскиз которой приведен на рисунке 2. В качестве одной из причин установлено большое вспомогательное время, что объясняется отсутствием стандартного приспособления способного реализовать схему базирования и обеспечить при этом быстрый процесс закрепления.

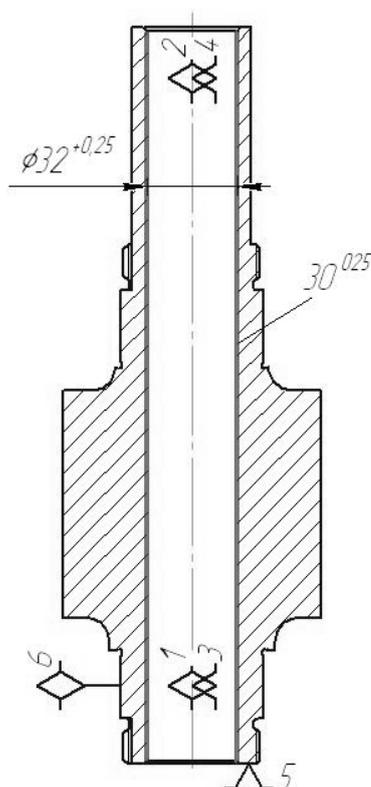


Рисунок 2 – Эскиз сверлильной операции

Реализация приведенной схемы базирования возможно путем применения самоцентрирующего механизма с призматическими установочными элементами и механизированным зажимом. Проектирование

данного механизма произведем по методике и данным [21]. С целью снижения требуемого усилия на силовом приводе применим рычажный зажимной механизм, который значительно увеличивает исходную силу закрепления. Недостатком данного механизма являются его большие размеры. В данном случае это не оказывает решающего значения, так как деталь относительно небольшая и рабочая зона станка позволяет применить достаточно габаритное приспособление.

«Согласно принятой методике осевая сила резания рассчитывается по формуле:

$$P_o = 10 \cdot C_p \cdot D^q \cdot S^y \cdot K_p, \quad (26)$$

где  $C_p$ ,  $q$ ,  $y$ ,  $K_p$  – поправочные коэффициенты и показатели степеней, которые учитывают фактические условия операции;

$D$  – диаметр обрабатываемой поверхности, мм;

$S$  – продольная подача, мм/об» [21].

$$P_o = 10 \cdot 68 \cdot 32^{1,0} \cdot 0,2^{0,7} \cdot 0,94 = 6630 \text{ Н.}$$

«Крутящий момент от силы резания рассчитывается по формуле:

$$M_{кр} = 10 \cdot C_m \cdot D^q \cdot S^y \cdot K_p, \quad (27)$$

где  $C_m$  – поправочный коэффициент, который учитывает фактические условия операции» [21].

$$M_{кр} = 10 \cdot 0,035 \cdot 32^{2,0} \cdot 0,2^{0,8} \cdot 0,94 = 92,96 \text{ Н}\cdot\text{м.}$$

При принятой схеме базирования осевая сила направлена вниз и прижимает заготовку к опоре. Таким образом, усилие закрепления должно удерживать только от проворота заготовки в призмах под действием крутящего момента от силы резания.

«Момент силы зажима равен:

$$M_3 = \frac{W \cdot f \cdot d \cdot \sin \frac{\alpha}{2}}{2}, \quad (28)$$

где  $W$  – сила зажима, Н;

$f$  – коэффициент трения поверхностей заготовки и призмы;

$d$  – диаметр закрепления, мм;

$\alpha$  – угол призмы, град» [21].

«Из условия необходимости обеспечения равенства данных моментов определяем силу зажима:

$$W = \frac{2 \cdot M_3 \cdot \sin \frac{\alpha}{2}}{f \cdot d} \cdot K, \quad (29)$$

где  $K$  – коэффициент запаса» [21].

«Коэффициент запаса учитывает особенности выполнения операции и рассчитывается по формуле:

$$K = K_0 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3, \quad (30)$$

где:  $K_0$  – гарантированный коэффициент запаса;

$K_1$  – коэффициент состояния обрабатываемой поверхности;

$K_2$  – коэффициент увеличения сил резания вследствие затупления режущего инструмента;

$K_3$  – коэффициент прерывистости процесса резания» [21].

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

«По формуле (29) определяем силу зажима.

$$W = \frac{2 \cdot 92,96 \cdot \sin 45^\circ}{42 \cdot 10^{-3} \cdot 0,15} \cdot 1,8 = 15650 \text{ Н} \text{» [21].}$$

«Усилие зажима на ползушках рассчитывается по формуле:

$$W_1 = \frac{W}{1 - \frac{3 \cdot l}{H} \cdot f_1}, \quad (31)$$

где  $l$  – вылет призмы, мм;

$H$  – длина направляющей, мм;

$f_1$  – коэффициент трения в направляющих» [21].

$$W_1 = \frac{15650}{1 - \frac{3 \cdot 90}{95} \cdot 0,2} = 36395 \text{ Н.}$$

«Усилие, развиваемое силовым приводом, при условии использования рычажного зажимного механизма, определяется уравнением:

$$Q = \frac{W_1}{i_c}, \quad (32)$$

где  $i_c$  – передаточное отношение зажимного механизма» [21].

$$Q = \frac{36395}{2,0} = 18198 \text{ Н.}$$

«Данное усилие развивает гидравлический цилиндр диаметр которого определяется уравнением:

$$D = 1,13 \cdot \sqrt{\frac{Q}{P}}, \quad (33)$$

где  $d$  – диаметр штока поршня, мм;

$P$  – давление в гидросистеме, МПа» [21].

$$D = 1,13 \cdot \sqrt{\frac{18198}{5,0}} = 68 \text{ мм.}$$

«Для расчета приспособления на точность используется формула:

$$\varepsilon_y = \frac{1}{2} \sqrt{\Delta_1^2 + \Delta_2^2 + \Delta_3^2 + \Delta_4^2 + \Delta_5^2 + \Delta_6^2}, \quad (34)$$

где  $\Delta_1$  – погрешность изготовления рабочих поверхностей призм, мм;

$\Delta_2$  – погрешность изготовления рычага, мм;

$\Delta_3$  – погрешность соединительного размера рычага и ползушки, мм;

$\Delta_4$  – погрешность присоединительного размера рычага и тяги, мм;  
 $\Delta_5$  – погрешность колебания зазоров в сопряжении рычага и ползушки, мм;  
 $\Delta_6$  – погрешность колебания зазоров в сопряжении рычага и тяги, мм» [21].

$$\varepsilon_y = \frac{1}{2} \sqrt{0,047^2 + 0,110^2 + 0,013^2 + 0,013^2 + 0,013^2 + 0,016^2} = 0,061 \text{ мм.}$$

«Допустимая погрешность установки определяется по формуле:

$$\varepsilon_y^{\text{доп}} = 0,3 \cdot Td, \quad (35)$$

где  $Td$  – допуск на выполняемый размер детали, мм» [21].

$$\varepsilon_y^{\text{доп}} = 0,3 \cdot 0,52 = 0,156 \text{ мм.}$$

Делаем вывод о том, что точность приспособления соответствует требуемой.

Приспособление состоит из корпуса, в котором установлен гидравлический привод, обеспечивающий работу рычажного зажимного механизма. Также в корпусе установлена опора, которая обеспечивает базирование в осевом направлении обрабатываемой заготовки. Рычажный зажимной механизм в свою очередь приводит в движение призматические губки, которые обеспечивают центрирование и закрепление заготовки в приспособлении.

«Более подробно конструкция приспособления приведена в графической части работы и в приложении Б «Спецификации к сборочным чертежам»» [3].

### 3.2 Разработка сборного сверла

«В ходе анализа результатов нормирования технологических операций было установлено, что наиболее проблемной является 025 сверлильная операция, эскиз которой приведен на рисунке 2» [3]. В качестве одной из причин установлена низкая производительность обработки. Это объясняется необходимостью выполнения большого количества вспомогательных переходов для вывода сверла из зоны резания с целью удаления стружки, которая забивается в стружечные канавки. Это приводит к повышению температуры в зоне резания, что является причиной повышенного износа режущих кромок сверла и возможной его поломки.

Данная проблема характерна при обработке глубоких отверстий. С целью ее решения применим конструкцию, кардинально отличающуюся от стандартного спирального сверла. Примем конструкцию, «состоящую из корпуса и пластины твердого сплава Т15К10 с одной режущей кромкой» [24]. «Проектирование производим по методике и справочным данным» [24].

«Диаметр сверла определяется по формуле:

$$D = D_{min} + \frac{TD}{2}, \quad (36)$$

где  $D_{min}$  – минимальный диаметр отверстия, мм;

$TD$  – допуск на выполняемый размер, мм» [24].

$$D = 32 + \frac{0,25}{2} = 32,125 \text{ мм.}$$

«Допуск на рабочий диаметра сверла назначаем должен быть на два качества точнее, чем точность обрабатываемой поверхности» [24]. «В данном случае допуск на рабочий диаметр должен составлять 0,1 мм» [24].

«Геометрические характеристики режущей части принимаются исходя из требуемых характеристик обрабатываемой поверхности: принимаем передний угол  $15^\circ$ , задний угол  $6^\circ$ » [24].

«Хвостовую часть сверла выполняем в виде конуса Морзе. Расчет диаметра для определения номера конуса Морзе выполняется по формуле:

$$d = \frac{6 \cdot \mu_{\text{ср}} \cdot \sin \theta}{\mu \cdot P_0 \cdot (1 - 0,04 \cdot \Delta\theta)}, \quad (37)$$

где  $\mu_{\text{ср}}$  – момент сопротивления силам резания, Н·м;

$\theta$  – угол конуса, град;

$\mu$  – коэффициент трения на поверхности контакта;

$P_0$  – осевая сила, Н;

$\Delta\theta$  – допуск угла конуса, град» [24].

$$d = \frac{6 \cdot 3,47 \cdot \sin 1^\circ 30'}{0,1 \cdot 6630 \cdot (1 - 0,04 \cdot 5)} = 29,8 \text{ мм.}$$

«Расчетное значение диаметра соответствует конусу Морзе №4» [24].

«С целью улучшения охлаждения зоны резания и удаления из зоны резания стружки предлагается выполнить в корпусе сверла центральный канал для подвода смазочно-охлаждающей жидкости непосредственно в зону резания» [24].

«Более подробно конструкция сверла приведена в графической части работы и в приложении Б «Спецификации к сборочным чертежам»» [3].

В третьем разделе спроектированы специальные технические средства оснащения. В результате спроектировано станочное приспособление с механизированным приводом закрепления и режущий инструмент улучшенной конструкции. Данные мероприятия позволили сократить время на выполнение сверлильной операции, путем сокращения вспомогательного времени и применения более производительных режимов резания.

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

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

В качестве объекта в данной выпускной квалификационной работе рассматривается технология изготовления вала-шестерни привода планетарного бетоносмесителя.

Подробно технология изготовления рассмотрена в предыдущих пунктах работы. Приведем ее основные характеристики. Основными операциями механической обработки являются: токарные, фрезерные, зуборезные и шлифовальные. Используется следующее технологическое оборудование: фрезерно-центровальный станок МР-71М, токарно-винторезный станок 16К20Ф3, вертикально-фрезерный станок 6Р10, вертикально-сверлильный станок 2Н135, зубофрезерный станок 5К301П, внутришлифовальный станок 3Т160, торцевкруглошлифовальный станок 3Т153Е, круглошлифовальный станок 3М153. На данном оборудовании используется следующий режущий инструмент: токарные резцы различных конструкций, фрезы, сверла, шлифовальные круги. Для установки заготовок используются следующие средства технологического оснащения: патроны трехкулачковые, центра, тиски, патроны поводковые.

Для осуществления технологического задействованы следующие работники: операторы станков с числовым программным управлением, сверловщик, фрезеровщик, зуборезчики, шлифовщики.

### **4.2 Идентификация профессиональных рисков**

Профессиональные риски определяются исходя из конструктивно-технологических характеристик, опасных и/или вредных производственно-технологических факторов определенных по ГОСТ 12.0.003-2015 ССБТ

«Опасные и вредные производственные факторы. Классификация», а также 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».

«В ходе выполнения технологического процесса возникают следующие опасные и вредные производственные факторы: 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; обрушивающиеся горные породы; падающие деревья и их части; струи и волны, включая цунами; ветер и вихри, включая смерчи и торнадо), 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, опасные и вредные производственные факторы, связанные с механическими колебаниями твердых тел и их поверхностей, характеризующиеся повышенным уровнем общей вибрации, опасные и вредные производственные факторы, связанные с акустическими колебаниями в производственной среде и характеризующиеся повышенным уровнем и другими неблагоприятными характеристиками шума, монотонность труда, тяжесть трудового процесса, опасные и вредные производственные факторы, связанные с электрическим током, под действие которого попадает работающий» [4].

«В результате воздействия перечисленных выше опасных и вредных производственных факторов возможно возникновение следующих рисков: удары, порезы, проколы, уколы, затягивания, наматывания, абразивные

воздействия подвижными частями оборудования, наезд транспорта на человека, заболевания кожи (дерматиты), ожог при контакте незащищенных частей тела с поверхностью предметов, имеющих высокую температуру, воздействие общей вибрации на тело работника, снижение остроты слуха, тугоухость, глухота, повреждение мембранной перепонки уха, связанные с воздействием повышенного уровня шума и других неблагоприятных характеристик шума, психоэмоциональные перегрузки, контакт с частями электрооборудования, находящимися под напряжением, отсутствие заземления или неисправность электрооборудования, нарушение правил эксплуатации и ремонта электрооборудования, неприменение средств индивидуальной защиты» [4].

### 4.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков

Методы и средства снижения профессиональных рисков выбираются 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» и Приказом Минтруда России от 29.10.2021 N 776н «Об утверждении Примерного положения о системе управления охраной труда» [4]. Полученные данные приведены в таблице 6.

Таблица 6 – Методы и средства снижения профессиональных рисков

Риск	Мероприятия по улучшению условий и охраны труда	Методы и средства снижения профессиональных рисков
«удары, порезы, проколы, уколы, затягивания, наматывания, абразивные воздействия подвижными частями оборудования, наезд транспорта» [4]	«устройство ограждений элементов производственного оборудования, защищающих от воздействия движущихся частей, а также	«использование блокировочных устройств, применение средств индивидуальной защиты – специальных рабочих костюмов, халатов или роб,

Продолжение таблицы 6

Риск	Мероприятия по улучшению условий и охраны труда	Методы и средства снижения профессиональных рисков
—	разлетающихся предметов, включая наличие фиксаторов, блокировок, герметизирующих и других элементов» [4]	исключающих попадание свисающих частей одежды на быстродвижущиеся элементы производственного оборудования» [4]
«заболевания кожи (дерматиты)» [4]	«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» [4]	«использование станков и инструментов для механической обработки материалов и изделий, сопровождающихся выделением газов, паров и аэрозолей, совместно с системами удаления указанных веществ» [4]
«ожог при контакте незащищенных частей тела с поверхностью предметов, имеющих высокую температуру» [4]	«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, инструктаж по охране труда, стажировки на рабочем месте (для определенных категорий работников) и проверки знания требований охраны труда» [4]	«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» [4]
«воздействие общей вибрации на тело работника» [4]	«проведение обязательных предварительных и периодических медицинских осмотров (обследований)» [4]	«применение вибропоглощения и виброизоляции» [4]
«снижение остроты слуха, тугоухость, глухота, повреждение мембранной	«устройство новых и (или) модернизация имеющихся средств коллективной	«применение звукоизолирующих ограждений-кожухов, кабин

Продолжение таблицы 6

Риск	Мероприятия по улучшению условий и охраны труда	Методы и средства снижения профессиональных рисков
перепонки уха, связанные с воздействием повышенного уровня шума и других неблагоприятных характеристик шума» [4]	защиты работников от воздействия опасных и вредных производственных факторов» [4]	управления технологическим процессом, устройство звукопоглощающих облицовок и объемных поглотителей шума, использование средств индивидуальной защиты» [4]
«психоэмоциональные перегрузки» [4]	«проведение специальной оценки условий труда, выявления и оценки опасностей, оценки уровней профессиональных рисков, реализация мер, разработанных по результатам их проведения» [4]	«проведение специальной оценки условий труда с разработкой и реализацией мероприятий по снижению напряженности трудового процесса» [4]
«контакт с частями электрооборудования, находящимися под напряжением, отсутствие заземления или неисправность» [4]	внедрение и (или) модернизация технических устройств и приспособлений, обеспечивающих защиту работников от поражения	«изоляция токоведущих частей электрооборудования, применение средств индивидуальной защиты, соблюдение требований охраны труда, применение» [4]
«электрооборудования, нарушение правил эксплуатации и ремонта электрооборудования, неприменение средств индивидуальной защиты» [4]	электрическим током	«ограждений, сигнальных цветов, табличек, указателей и знаков безопасности, вывод неисправного электрооборудования из эксплуатации, своевременный ремонт и техническое обслуживание электрооборудования» [4]

Приведенные в таблице 6 приведены организационно-технические методы и средства защиты выбраны с учетом действующих на данный момент времени требований нормативных документов, являются достаточными при осуществлении спроектированного технологического процесса.

#### 4.4 Обеспечение пожарной безопасности технического объекта

Сначала необходимо определить опасные факторы пожара, которые зависят от его класса. «В данном случае класс пожара В, к которому относятся пожары, связанные с воспламенением и горением жидкостей или плавящихся твердых веществ и материалов» [4]. «Основные опасные факторы данного класса 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). Сопутствующие опасные факторы данного класса пожара: 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» [4].

«Исходя из определенных основных и сопутствующих опасных факторов пожара, в производственном здании необходимо использовать: огнетушители, пожарные щиты, оснащенные в соответствии с классом ЩП-А; пожарные гидранты; пожарные извещатели; средства индивидуальной защиты» [4]. «Кроме этого необходимо разработать организационные мероприятия по обеспечению пожарной безопасности. Предлагается разработать инструкции по действиям персонала в случае аварийной и чрезвычайной ситуации и проводить инструктажи по пожарной безопасности» [4].

#### 4.5 Обеспечение экологической безопасности объекта

Спроектированный технологический процесс оказывают влияние на окружающую среду, так как в ходе его осуществления используются масла, смазочно-охлаждающие и технологические жидкости. Кроме этого образуются отходы в виде частиц абразива, металлической стружки и лома, мусора и пыли. Антропогенное воздействие на атмосферу, гидросферу и литосферу 7.

Таблица 7 – Антропогенное воздействие

Воздействие на атмосферу	Воздействие на гидросферу	Воздействие на литосферу
незначительные выбросы металлической и абразивной пыли при шлифовании	масла, смазочно-охлаждающие и технологические жидкости, частицы абразива, металлическая стружка, ломом и мусором	масла, смазочно-охлаждающие и технологические жидкости, частицы абразива, металлическая стружка, ломом и мусором

С целью обеспечения экологической безопасности объекта путем устранения и снижения антропогенного воздействия на атмосферу, гидросферу и литосферу разрабатываются мероприятия в соответствии с ГОСТ Р 53692–2009 «Национальный стандарт Российской Федерации. Ресурсосбережение. Обращение с отходами. Этапы» [4], а также ГОСТ 31952–2012 «Устройства водоочистные. Общие требования к эффективности и методы ее определения» [4].

В данном разделе выполнена оценка технологического процесса на безопасность и экологичность. При проведении данного анализа учитывались изменения от применения специальных технических средств оснащения, вносимые в базовую технологию. В результате предложены технические средства и мероприятия, позволяющие обеспечить требуемые нормы безопасности и экологичности.

## 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 3).



Рисунок 3 – Краткое описание, внесенных в технологический процесс, изменений

Как видно из рисунка 3, благодаря внесенным изменениям удалось достичь уменьшения трудоемкости выполнения данной операции. В совокупности, все изменения позволили сократить общую трудоемкость изготовления детали на 1,85 минуты.

Основываясь на описанных изменениях, будет осуществлен расчет значимых показателей, для подтверждения их экономической эффективности. Значимые показатели приведены на рисунке 4.

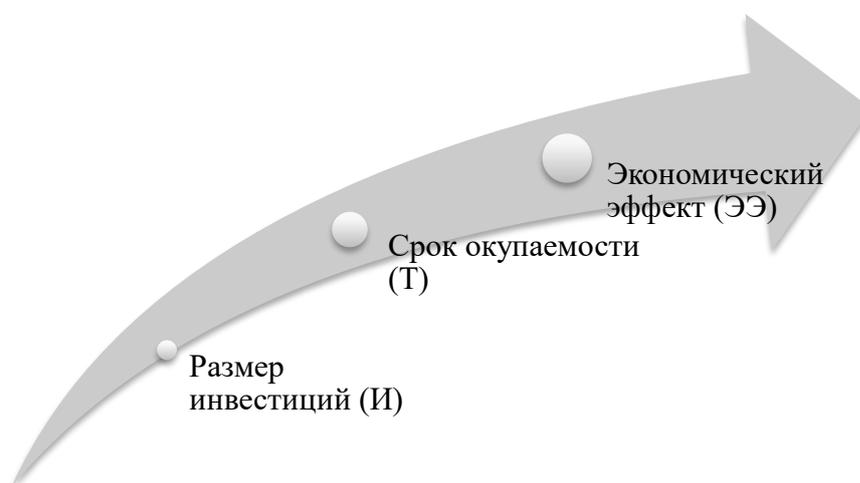


Рисунок 4 – Значимые показатели для подтверждения экономической эффективности изменений

Как видно из рисунка 4, 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 [10], которая позволяет учитывать все необходимые затраты в этот проект. Итоговый размер инвестиций и его детализация, представлен на рисунке 4.

Как видно из рисунка 5, самую весомую долю в инвестициях занимает такая статья затрат, как «затраты на проектирование ( $Z_{ПР}$ )». Ее доля в общем размере инвестиций составит 42,71 %, это обосновывается сложностью выполняемых при проектировании работ и их трудоемкостью. Далее по величине, следуют затраты в основное технологическое оборудование ( $K_{ОБ}$ ), которые составляют 28,41 % от размера всех инвестиций. Это связано с тем, что новое оборудования, его доставка и монтаж по стоимости ниже, чем уже применяемое оборудования. Такие изменения стали возможны, только после изменения используемого инструмента, и поэтому отпала необходимость в более дорогоем оборудовании. Не на много, по величине, отстают затраты связанные с оснасткой и инструментом, их доля 26,89 %. Такая величина получилась из-за вновь применяемого инструмента, который позволил быстрее выполнять анализируемую операцию. Все остальные статьи затрат

такой весомости в размере инвестиций не имеют, но малыми долями его увеличивают.

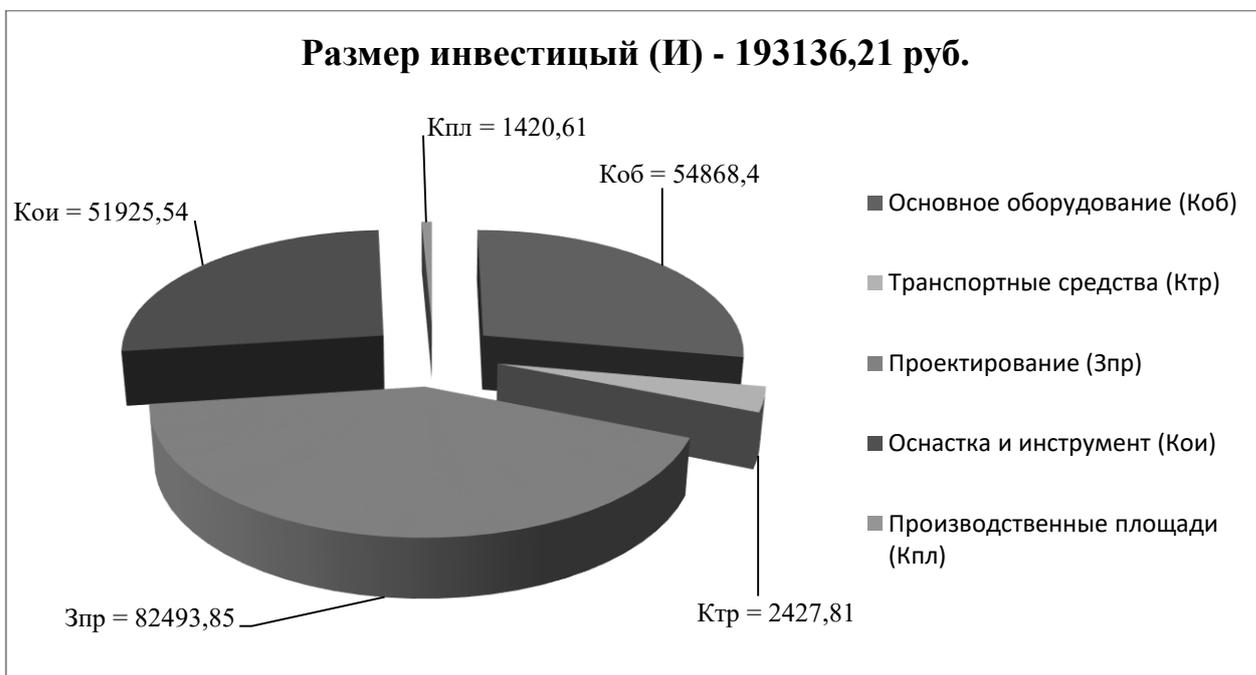


Рисунок 5 – Итоговый размер инвестиций и его детализация

Значение срока окупаемости можно рассчитать по формуле (38)

$$T = \frac{I}{P_{\text{ЧИСТ}}} + 1, \quad (38)$$

где « $P_{\text{ЧИСТ}}$  – чистая ожидаемая прибыль, руб.» [10]

Этот показатель зависит от разности себестоимости изготовления детали до и после совершенствования технологического процесса ее изготовления ( $C_1 = 177,58$  руб. и  $C_2 = 103,81$  руб., соответственно). Также при его определении учитывается программа выпуска ( $P_{\Gamma} = 6000$  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 [10] с применением программного обеспечения,

такого как Microsoft Excel. Если учесть все вышеперечисленные показатели, то формулу (38) можно представить в развернутом формате в формуле (39)

$$T = \frac{I}{(C_1 - C_2) \cdot P_T \cdot (1 - K_{НАЛ})} + 1, \quad (39)$$

где « $K_{НАЛ}$  – коэффициент налогообложения, который, для юридических лиц, составляет 20 % или в абсолютной величине – 0,2» [10].

$$T = \frac{193136,21}{(177,58 - 103,81) \cdot 6000 \cdot (1 - 0,2)} + 1 = 1,55 = 2 \text{ года.}$$

Экономический эффект определяется по формуле (40), которая тоже представлена в развернутом виде, чтобы показать наглядность расчетов.

$$\text{ЭЭ} = \left( \sum_1^T P_{ЧИСТ} \cdot \frac{1}{(1+E)^t} \right) - I \quad (40)$$

где « $E$  – процентная ставка на капитал;

$t$  – годы получения прибыли для принятого горизонта расчета» [10].

$$\text{ЭЭ} = \left( 354096 \cdot \left( \frac{1}{(1+0,2)^1} + \frac{1}{(1+0,2)^2} \right) \right) - 193136,21 = 24248,02 \text{ р.}$$

Согласно проведенным расчетам, экономический эффект получен, его величина составляет 24248,02 руб. Поэтому предложенные совершенствования в технологический процесс можно считать целесообразными и обоснованными.

В данном разделе выполнена экономическая оценка предлагаемого варианта технологического процесса. В результате получены положительные значения экономических показателей. Технологический процесс признан эффективным.

## Заключение

«Цель данной выпускной квалификационной работы заключалась в разработке оптимального в заданных производственных условиях технологического процесса изготовления вала-шестерни привода» [3] планетарного бетоносмесителя, обеспечивающего годовой объем выпуска качественных деталей. Для ее достижения был проведен ряд мероприятий.

«На первом этапе проведен анализ исходных данных, к которым относятся назначение и условия работы детали, оценка технологичности детали, анализ параметров типа производства. По результатам анализа исходных данных выполнена постановка задач работы» [3].

Далее решены задачи проектирования заготовки, разработки плана изготовления, выбора технических средств оснащения, выбора режимов резания и определения норм времени на выполнение операций технологического процесса.

Затем спроектированы специальные технические средства оснащения. В результате разработано станочное приспособление с механизированным приводом закрепления и режущий инструмент улучшенной конструкции. Данные мероприятия позволили сократить время на выполнение сверлильной операции, путем сокращения вспомогательного времени и применения более производительных режимов резания.

Выполнена оценка технологического процесса на безопасность и экологичность. При проведении данного анализа учитывались изменения от применения специальных технических средств оснащения, вносимые в базовую технологию.

В заключение выполнена экономическая оценка предлагаемого варианта технологического процесса. В результате получены положительные значения экономических показателей. Технологический процесс признан эффективным.

## Список используемых источников

1. Безъязычный В.Ф. Технология машиностроения : учебное пособие / В.Ф. Безъязычный, С.В. Сафонов. – Вологда : Инфра –Инженерия, 2020. – 336 с. [Электронный ресурс]. – URL: <https://e.lanbook.com/book/148334> (дата обращения: 05.04.2024).
2. Бурчаков Ш. А. Технология машиностроения : учебное пособие / Ш. А. Бурчаков. – Вологда : Инфра-Инженерия, 2023. – 320 с. [Электронный ресурс]. – URL: <https://e.lanbook.com/book/346982> (дата обращения: 28.04.2024).
3. Горбачев А.Ф. Курсовое проектирование по технологии машиностроения: учебное пособие для вузов/ А.Ф. Горбачев, В.А. Шкред. М: – ООО ИД «Альянс», 2007 – 256 с.
4. 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.
5. ГОСТ 7505–89. Поковки стальные штампованные. Допуски, припуски и кузнечные напуски. – Введ. 1990 –01 –07. – М.: Изд –во стандартов, 1990. – 83 с.
6. 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. [Электронный ресурс]. – URL: <https://e.lanbook.com/book/254675> (дата обращения: 08.04.2024).
7. Иванов И. С. Технология машиностроения: производство типовых деталей машин: учебное пособие / И.С. Иванов. – Москва: ИНФРА –М, 2022. – 224 с. [Электронный ресурс]. – URL: <https://znanium.com/catalog/product/1723512> (дата обращения: 26.04.2024).
8. Клепиков В. В. Технология машиностроения: курсовое проектирование: учебное пособие / В.В. Клепиков, В.Ф. Солдатов. – Москва: ИНФРА –М, 2020. – 229 с. – (Высшее образование: Бакалавриат). –

[Электронный ресурс]. – URL: <https://znanium.com/catalog/product/1081966> (дата обращения: 20.04.2024).

9. Кожевников Д.В. Режущий инструмент. [Электронный ресурс] / Д.В. Кожевников, В.А. Гречишников, С.В. Кирсанов, С.Н. Григорьев. – Электрон. дан. – М.: Машиностроение, 2014. – 520 с.

10. 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: 28.04.2024).

11. Маталин А. А. Технология машиностроения : учебник для вузов / А. А. Маталин. – 6-е изд., стер. – Санкт-Петербург : Лань, 2024. – 512 с. [Электронный ресурс]. – URL: <https://e.lanbook.com/book/399728> (дата обращения: 17.03.2024).

12. Метрология, стандартизация и сертификация: учебник для вузов / И. А. Иванов, С. В. Урушев, Д. П. Кононов [и др.]; Под редакцией И. А. Иванова и С. В. Урушева. – 4 –е изд., стер. – Санкт –Петербург: Лань, 2022. – 356 с. [Электронный ресурс]. – URL: <https://e.lanbook.com/book/208667> (дата обращения: 09.04.2024).

13. Мещерякова В. Б. Металлорежущие станки с ЧПУ: учебное пособие / В. Б. Мещерякова, В. С. Стародубов. – Москва: ИНФРА –М, 2020. – 336 с. [Электронный ресурс]. – URL: <https://znanium.com/catalog/product/1062069> (дата обращения: 21.03.2024).

14. 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. [Электронный ресурс]. – URL: <https://e.lanbook.com/book/206789> (дата обращения: 08.04.2024).

15. Расторгуев Д. А. Проектирование технологических операций [Электронный ресурс] : электрон. учеб. –метод. пособие / Д. А. Расторгуев ; ТГУ ; Ин –т машиностроения ; каф. «Оборудование и технологии

машиностроит. пр –ва». – Тольятти : ТГУ, 2015. – 140 с. [Электронный ресурс]. – URL: <http://hdl.handle.net/123456789/6204> (дата обращения: 11.04.2024).

16. 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).

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

18. 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. [Электронный ресурс]. – URL: <https://e.lanbook.com/book/387530> (дата обращения: 19.03.2024).

19. 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.

20. 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.

21. 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. [Электронный ресурс]. – URL: <https://e.lanbook.com/book/211214> (дата обращения: 08.04.2024).

22. Технологические процессы в машиностроении. Назначение режимов резания и нормирование операций механической обработки

заготовок в машиностроении : учебное пособие для вузов / Ю. М. Зубарев, А. В. Приемышев, В. Г. Юрьев, М. А. Афанасенков. – Санкт-Петербург : Лань, 2022. – 248 с. [Электронный ресурс]. – URL: <https://e.lanbook.com/book/197529> (дата обращения: 19.04.2024).

23. Технология машиностроения. Проектирование технологии изготовления деталей : учебное пособие / В. А. Лебедев, И. В. Давыдова, А. П. Шишкина, Е. Н. Колганова. – Вологда : Инфра-Инженерия, 2023. – 176 с. [Электронный ресурс]. – URL: <https://e.lanbook.com/book/346985> (дата обращения: 10.04.2024).

24. Фельдштейн Е. Э. Режущий инструмент. Эксплуатация: Учебное пособие / Е.Э. Фельдштейн, М.А. Корниевич. – Москва: НИЦ ИНФРА –М; Минск: Нов. знание, 2014. – 256 с. [Электронный ресурс]. – URL: <https://znanium.com/catalog/product/424209> (дата обращения: 15.04.2024).

25. 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. [Электронный ресурс]. – URL: <https://znanium.com/catalog/product/1895652> (дата обращения: 07.04.2024).

26. Химический состав и физико –механические свойства стали 12Х2Н4А [Электронный ресурс]. – URL: [https://metatorg.ru/marki-stali-i-splavy/stal\\_konstrukcionnaya/stal\\_konstruktsionnaya\\_legirovannaya/stal\\_konstruktsionnaya\\_legirovannaya\\_12kh2n4a/?ysclid=lugq00dmak510400716](https://metatorg.ru/marki-stali-i-splavy/stal_konstrukcionnaya/stal_konstruktsionnaya_legirovannaya/stal_konstruktsionnaya_legirovannaya_12kh2n4a/?ysclid=lugq00dmak510400716) (дата обращения: 09.03.2024).

27. 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: 12.04.2024).



Продолжение Приложения А

Продолжение таблицы А.1

А	Цех	Уч	РМ	Опер	Код, наименование операции	Обозначение документа									
						Код, наименование оборудования	СМ	проф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Кшт
Т 19	396171 Патрон 3-х кулачковый ГОСТ 24351-80; 392101 Резец контурный ГОСТ18879-73 Т5К10;														
Т 20	393311 Штангенциркуль ШЦ-2 ГОСТ 160-80.														
21															
А 22	XX XX XX 015 4110 Токарная														
Б 23	381101 Токарный 16К20Ф3 3 18217 312 1Р 1 1 1 800 1 197														
О 24	Точить, последовательно, Установ А: 19, 24, 25, 31, 32, 34 в размер $\phi 43^{+0,1}$ ; М4,8 $^{+0,1}$ ; $\phi 50,188^{+0,12}$ ; 155,5 $^{+0,16}$														
О 25	145 $^{+0,16}$ ; 115,8 $^{+0,14}$ ; 104 $^{+0,14}$ ; Установ Б: 7, 8, 42, 44, 45 в размер М4,8 $^{+0,1}$ ; $\phi 50,188^{+0,12}$ ; 219,5 $^{+0,105}$ ; 210,5 $^{+0,105}$														
О 26	182,5 $^{+0,105}$ ; 169,5 $^{+0,105}$														
Т 27	396171 Патрон 3-х кулачковый ГОСТ24351-80; 392101 Резец контурный ГОСТ18879-73 Т30К4; 392101 Резец														
Т 28	канавочный ГОСТ18879-73 Т30К4; 392101 Резец резьбовой ГОСТ18879-73 Т5К10;														
Т 29	393410 Микрометр МК-50 ГОСТ 6507-78.														
30															
А 31	XX XX XX 020 4262 Фрезерная														
Б 32	381631 Фрезерный 6М82Г 3 18632 312 1Р 1 1 1 800 1 0,59														
О 33	Фрезеровать поверхности 5, 6, 20, 21 в размер 8 $^{+0,15}$ ; 45 $^{+0,21}$ ; 23 $^{+0,21}$ ; 122 $^{+0,4}$														
Т 34	396131 Тиски самоцентрирующие ГОСТ 12195-66; 391820 Фреза шпоночная ГОСТ 9308-69 Р6М5;														
Т 35	393311 Штангенциркуль ШЦ-1 ГОСТ 160-80; 393400 Калибр.														
36															
А 37	XX XX XX 025 4121 Сверлильная														
Б 38	381213 Вертикально-сверлильный 2Н135 3 15292 312 1Р 1 1 1 800 1 3,38														
О 39	Сверлить поверхность 30 в размер $\phi 32^{+0,21}$														
Т 40	396131 Тиски самоцентрирующие специальные; 391267 Сверло специальное ВК6; 393311														
Т 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	
А 94	XX	XX	XX	050	4157 Зубошевинговальная												
Б 95	381574				Зубошевинговальный 5А702Г 312287	312	1Р	1	1	1	800	1					3,14
О 96	Шевинговать поверхность 14 в размер 8-й степени точности.																
Т 97	396110 Патрон поводковый ГОСТ 2571-71; 391810 Шейвер дисковый Р18 ГОСТ8570-75; 394300 Прибор																
Т 98	измерительный универсальный.																
99																	
А 100	XX	XX	XX	055	Термическая												
101																	
А 102	XX	XX	XX	060	4142 Центрошлифовальная												
Б 103	381317				Центрошлифовальный 3922	3	18873	312	1Р	1	1	1	800	1			0,49
О 104	Шлифовать поверхности 2, 29 в размер $\phi 32^{+0,033}$ .																
Т 105	396131 Тиски самоцентрирующие ГОСТ12195-66; 397120 Круг шлифовальный АГК ГОСТ2447-82;																
Т 106	393120 Калибры.																
107																	
А 108	XX	XX	XX	065	4130 Торцекрылошлифовальная												
Б 109	381311				Торцекрылошлифовальный 3Т153Е 3	18873	312	1Р	1	1	1	800	1				1,48
О 110	Точить последовательно Установ А: 19 в размер $\phi 50,15^{+0,046}$ ; $155^{+0,063}$ ; Установ Б: 7, 8 в размер																
О 111	$\phi 50,15^{+0,046}$ ; $208,5^{+0,063}$ .																
Т 112	396110 Патрон поводковый ГОСТ2571-71; 39810 Круг шлифовальный; 394300 Скоба рычажная.																
113																	
А 114	XX	XX	XX	070	4131 Шлифовальная												
Б 115	381311				Крылошлифовальный 3М153	3	18873	312	1Р	1	1	1	800	1			2,01
О 116	Шлифовать поверхность 25 в размер $\phi 42,5^{+0,033}$ .																
МК																	

Продолжение Приложения А

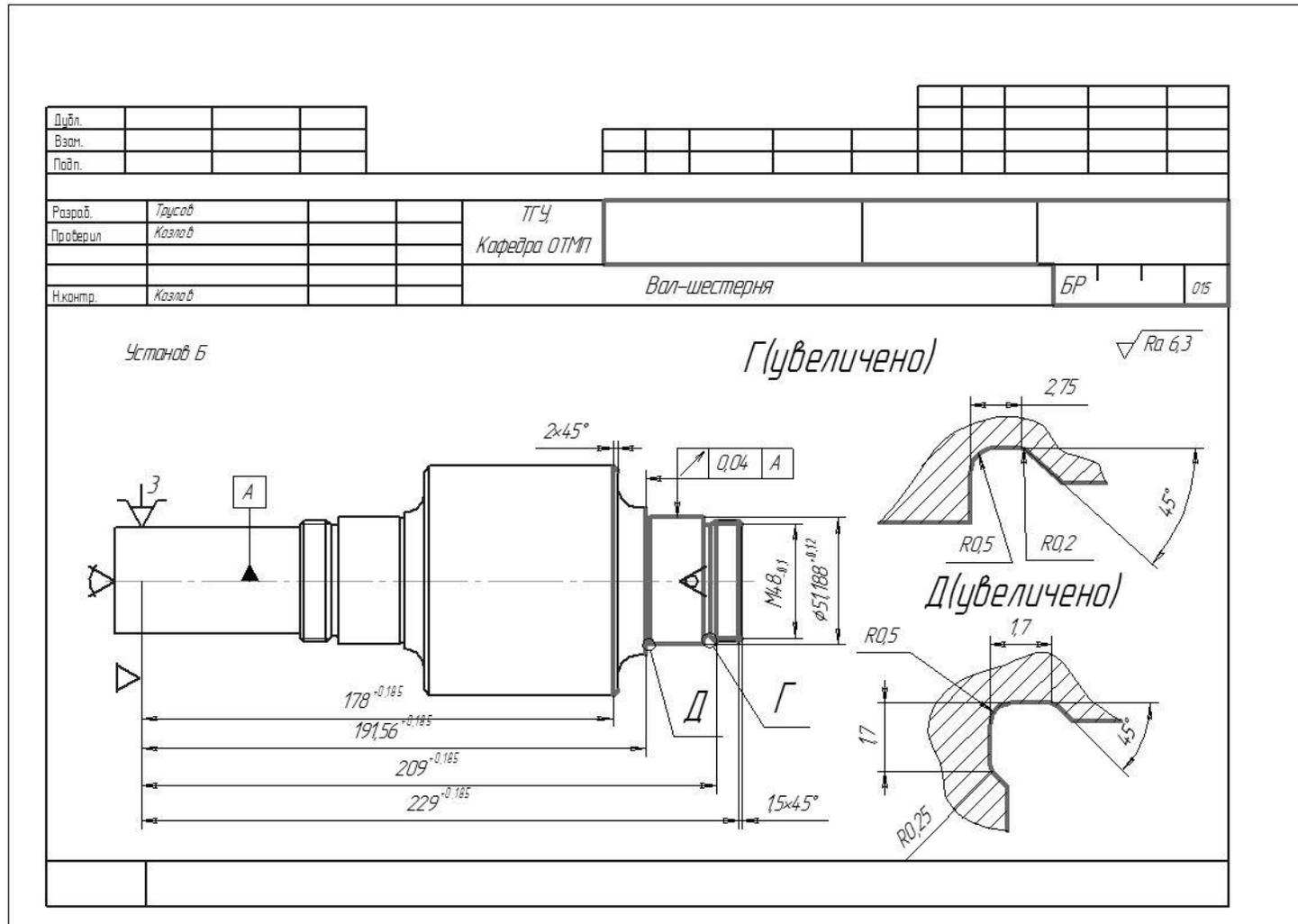
Продолжение таблицы А.1

A	Цех	Уч	РМ	Опер	Код, наименование операции	Обозначение документа									
						Код, наименование оборудования	СМ	проф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Кшт
Т 117	396110 Патрон поводковый ГОСТ2571-71; 39810 Круг шлифовальный; 394300 Скоба рычажная														
118															
А 119	XX XX XX 075 4130 Торцекруглошлифовальная														
Б 120	381311 Торцекруглошлифовальный ЗТ153Е 3 18873 312 1Р 1 1 1 800 1 1,72														
О 121	Точить последовательно. Установ А: 19 в размер $\phi 50,002^{+0,019}$ ; 154,75 <sup>+0,025</sup> ; Установ Б: 7, 8 в размер														
О 122	$\phi 50,002^{+0,019}$ ; 208,25 <sup>+0,029</sup>														
Т 123	396110 Патрон поводковый ГОСТ2571-71; 39810 Круг шлифовальный; 394300 Скоба рычажная.														
124															
А 125	XX XX XX 080 4131 Шлифовальная														
Б 126	381311 Круглошлифовальный ЗМ153 3 18873 312 1Р 1 1 1 800 1 2,08														
О 127	Шлифовать поверхность 25 в размер $\phi 42^{+0,025}$														
Т 128	396110 Патрон поводковый ГОСТ2571-71; 39810 Круг шлифовальный; 394300 Скоба рычажная														
129															
А 130	XX XX XX 085 4151 Зубошлифовальная														
Б 131	381562 Зубошлифовальный 5А832 3 12287 312 1Р 1 1 1 800 1 1,7														
О 132	Шлифовать поверхность 14 в размер 7-й степени точности														
Т 133	396110 Патрон поводковый ГОСТ2571-71; 391810 Круг шлифовальный; 394300 Прибор измерительный														
Т 134	универсальный.														
135															
А 136	XX XX XX 090 Моечная														
137															
138	XX XX XX 095 Контрольная														
139															
МК															



Продолжение Приложения А

Продолжение таблицы А.1



Продолжение Приложения А

Продолжение таблицы А.1

ГОСТ 3118-82										Форма 1			
Дубл.													
Взам.													
Подп.													
Разраб.	Трусов												
Проверил	Козлов												
Н.контр.	Козлов												
Вал-шестерня										Цех	Уч.	Р.М.	Опер.
Наименование операции		Материал		Твердость	ЕВ	МЦ	Профиль и размеры			МВ	КОИД		
Токарная		12Х2Н4А ГОСТ 4543-71		НВ 280	166	2,38	φ94х254			4,28	1		
Оборудование, устройства ЧПУ		Обозначение программы		то	ТВ	Тге	Тшт	СОЖ					
16К20ФЗ				161			197	Украина-1					
		пи	о или в	L	r	i	s	п	v				
от	1. Установить заготовку												
Т <sub>за</sub>	396171 Патрон 3-х кулачковый ГОСТ 24351-80; 392101 Резец контурный ГОСТ 18879-73 Т30К4; 392101												
Т <sub>об</sub>	Резец канавочный ГОСТ 18879-73 Т30К4; 392101 Резец резьбовой ГОСТ 18879-73 Т5К10												
о <sub>за</sub>	2. Точить последовательно поверхности 19, 24, 25, 31, 32, 34 выдерживая размеры согласно эскиза												
Р <sub>за</sub>		1				0,38		0,15	1250	197			
Р <sub>за</sub>		2				1,7		0,08	800	121			
Р <sub>от</sub>		3				1,7		0,08	800	126			
Р <sub>за</sub>		4				1,5		1,5	630	95			
о <sub>от</sub>	3. Переустановить заготовку												
о <sub>от</sub>	4. Точить последовательно поверхности 7, 8, 42, 44, 45 выдерживая размеры согласно эскиза.												

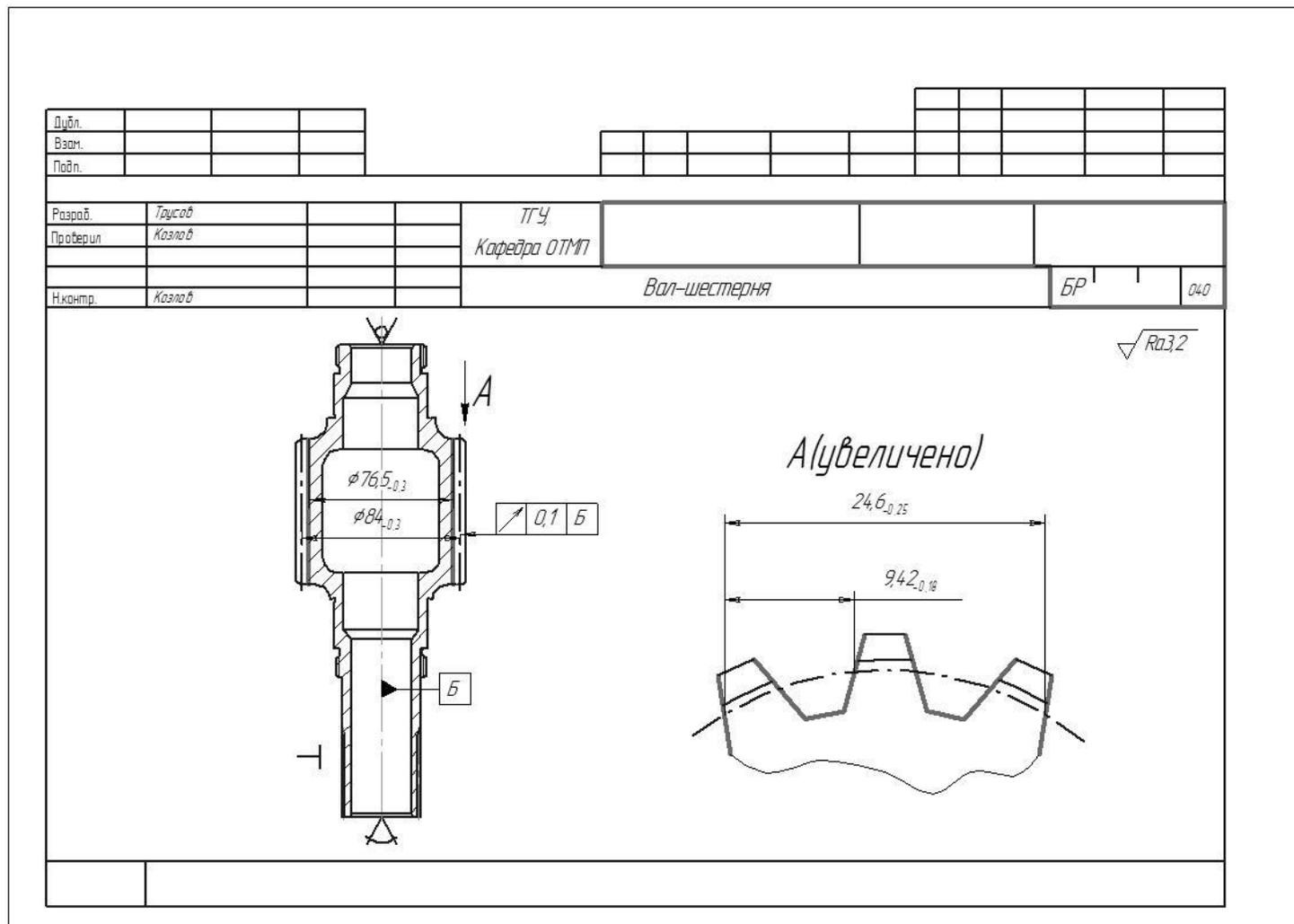
Продолжение Приложения А

Продолжение таблицы А.1

ГОСТ 2118-82										Форм 1			
Дубл.													
Взам.													
Подп.													
Разраб.	Трусов												
Проверил	Козлов												
Н.контр.	Козлов												
<i>Вал-шестерня</i>										Цех	Уч.	Р.М.	Опер.
													015
Наименование операции		Материал		Твердость	ЕВ	МЦ	Профиль и размеры			МВ	КОИД		
<i>Токарная</i>		<i>12Х2Н4А ГОСТ 4543-71</i>		<i>НВ 280</i>	<i>166</i>	<i>2,38</i>	<i>φ94х254</i>			<i>4,28</i>	<i>1</i>		
Оборудование, устройства ЧПУ		Обозначение программы		то	тв	тге	тип	слож					
<i>16К20ФЗ</i>				<i>161</i>			<i>197</i>	<i>Украина-1</i>					
		пи	о или в	L	r	i	s	п	v				
<i>P<sub>11</sub></i>		<i>1</i>			<i>0,356</i>		<i>0,15</i>	<i>1250</i>	<i>197</i>				
<i>P<sub>12</sub></i>		<i>2</i>			<i>1,7</i>		<i>0,08</i>	<i>800</i>	<i>121</i>				
<i>P<sub>13</sub></i>		<i>3</i>			<i>1,7</i>		<i>0,08</i>	<i>800</i>	<i>126</i>				
<i>P<sub>14</sub></i>		<i>4</i>			<i>1,5</i>		<i>1,5</i>	<i>630</i>	<i>95</i>				
<i>ε</i>	<i>5. Открепить, снять деталь с приспособления, положить на тележку.</i>												
<i>ε</i>													
<i>17</i>													
<i>ε</i>													
<i>19</i>													
<i>20</i>													

Продолжение Приложения А

Продолжение таблицы А.1



Продолжение Приложения А

Продолжение таблицы А.1

ГОСТ 2118-82										Форма 1			
Дубл.													
Взам.													
Подп.													
Разраб.	Трусов												
Проверил	Козлов												
Н.контр.	Козлов												
Вал-шестерня										Цех	Уч.	Р.М.	Опер.
													040
Наименование операции		Материал		Твердость	ЕВ	МЦ	Профиль и размеры			МВ	КОИД		
Зубофрезерная		12Х2Н4А ГОСТ 4543-71		НВ 280	166	2,38	#94x254			4,28	1		
Оборудование, устройства ЧПУ		Обозначение программы		то	тв	тге	тип	сож					
5К3011				3,59			4,17	Украина-1					
		пи	о или в	L	r	i	s	p	v				
01	1. Установить заготовку												
Т.02	396110 Патрон поводковый ГОСТ 2571-71; 391810 Фреза Р9К10 ГОСТ 9324-80.												
03	2. Фрезеровать поверхности 14, 15 выдерживая размеры согласно эскиза.												
Р.04		1				7,05		2,5	250	66			
05	3. Открепить, снять деталь с приспособления, уложить на тележку.												
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.	Лист	Листов
<i>Перед. примен.</i>											
						<u>Документация</u>					
		A1			24.БР.ОТМП.144.65.00.000СБ	Сборочный чертеж					
<u>Детали</u>											
Склад №	A3	1			24.БР.ОТМП.144.65.00.001	Корпус	1				
	A3	2			24.БР.ОТМП.144.65.00.002	Корпус пневмоцилиндра	1				
	A4	3			24.БР.ОТМП.144.65.00.003	Крышка	1				
	A4	4			24.БР.ОТМП.144.65.00.004	Крышка	2				
	A4	5			24.БР.ОТМП.144.65.00.005	Крышка	1				
	A4	6			24.БР.ОТМП.144.65.00.006	Ось	2				
	A3	7			24.БР.ОТМП.144.65.00.007	Ползушка	2				
	A3	8			24.БР.ОТМП.144.65.00.008	Поршень	1				
	A4	9			24.БР.ОТМП.144.65.00.009	Призма	4				
	A4	10			24.БР.ОТМП.144.65.00.010	Рычаг	3				
	A4	11			24.БР.ОТМП.144.65.00.011	Толкатель	1				
	A3	12			24.БР.ОТМП.144.65.00.012	Шток	1				
	A4	13			24.БР.ОТМП.144.65.00.013	Штырь	1				
<u>Стандартные изделия</u>											
Взам. инв. №		14				Винт М5х20	4				
						ГОСТ 11871-78					
		15				Винт М5х20	4				
Лист и дата						ГОСТ 11871-78					
		16				Винт М6х15	2				
						ГОСТ 17477-84					
					24.БР.ОТМП.144.65.00.000						
Изм. №	Разраб.	Тригуб			Приспособление станочное			Лит.	Лист	Листов	
	Проб.	Козлов							1	2	
	Н.контр.	Козлов						ТГУ, ИМ гр. ТМдп-1901а			
	Утв.	Логинов			Копировал			Формат А4			



