

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 вала-шестерни привода
обрабатывающего центра WP2016

Обучающийся	<u>М.П. Двойных</u> (Инициалы Фамилия)	<u>_____</u> (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

Цель выпускной квалификационной работы – разработка оптимального в заданных производственных условиях технологического процесса изготовления вала-шестерни привода обрабатывающего центра WP2016, 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» [12].

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: 62 страниц пояснительной записки, графический материал на 8 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	8
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	24
3 Разработка специальных технических средств оснащения	27
3.1 Разработка самоцентрирующих тисков	27
3.2 Разработка сверла.....	32
4 Безопасность и экологичность технического объекта	34
4.1 Конструктивно-технологическая характеристика технического объекта.....	34
4.2 Идентификация профессиональных рисков.....	35
4.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков.....	37
4.4 Обеспечение пожарной безопасности технического объекта	39
4.5 Обеспечение экологической безопасности объекта	40
5 Экономическая эффективность работы	41
Заключение	45
Приложение А Технологическая документация.....	50
Приложение Б Спецификации к сборочным чертежам	61

Введение

Современное машиностроительное производство требует применения высокопроизводительного оборудования на всех этапах. Механическая обработка выполняется при помощи металлообрабатывающих станков различного принципа действия. Основные требования к данным механизмам заключаются в обеспечении высокой производительности и качества обработки.

Наиболее полно выполнение данных требований обеспечивают обрабатывающие центры. К недостаткам станков данного типа относятся необходимость использования большого количества электродвигателей и сложность конструкции приводов. Это приводит к высокой стоимости обрабатывающих центров. 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 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» [12] обрабатывающего центра WP2016, 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» [12]. От входного вала момент воспринимается через внутренние 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

«Оценку технологичности начинаем с материала детали, которая определяется его химического состава и механических характеристик» [4]. «Химический состав стали 20Х ГОСТ 4543-71: углерод от 0,17% до 0,23%, хром от 0,7% до 1%, марганец от 0,5% до 0,8%, до 0,03% фосфор, до 0,04% сера» [24]. «Основные физико-механические свойства: предел прочности на растяжение 590 МПа, твердость по шкале НВ от 150 до 180 единиц» [24]. 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 со шлицами. 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 литья и пластического деформирования» [5]. С точки зрения технологичности «получения заготовки наиболее приемлемыми методами будут методы литья в кокиль или горячей штамповкой» [5]. 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. Исключение 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 со шлицами.

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» [10]. «Согласно ей, при массе детали 0,83 кг и годовой программе выпуска в 7000 штук в год тип производства среднесерийный» [10].

«Приведем основные характеристики данного типа производства» [10].

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» [10].

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 квалитета и статистическим для остальных» [10]. 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» [10];
- 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» [10].

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 [5]. В соответствии с данным подходом часть заведомо неэффективных вариантов отбрасывается, и остаются только наиболее подходящие варианты. «В данном случае это методы литье в кокиль и горячая штамповка» [5]. «Дальнейший выбор сводится к экономическому сравнению изготовления деталей из данных вариантов заготовок» [5].

«Общие затраты определяются по формуле:

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

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

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

i – вариант получения заготовки» [5].

«Стоимость заготовки определяется 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 тонны материала заготовки, руб.;

M_{zi} – масса заготовки, кг;

$K_{сп}$ – коэффициент способа получения заготовки;

K_T – коэффициент точности получения заготовки;

$K_{сл}$ – коэффициент сложности получения заготовки» [5].

«Масса заготовки рассчитывается 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» [5].

«Примем номер варианта 1 для горячей штамповки, номер варианта 2 для литья в кокиль» [5].

«Рассчитываем массу заготовок.

$$M_{з1} = 0,83 \cdot 2,17 = 1,8 \text{ кг.}$$

$$M_{з2} = 0,83 \cdot 2,29 = 1,9 \text{ кг} \text{» [5].}$$

«Рассчитываем стоимость заготовок.

$$C_{з1} = \frac{20000 \cdot 1,8}{1000} \cdot 0,82 \cdot 1,0 \cdot 1,1 = 29,52 \text{ р.}$$

$$C_{з2} = \frac{20000 \cdot 1,9}{1000} \cdot 0,82 \cdot 1,0 \cdot 1,2 = 37,39 \text{ р.} \text{» [5]}$$

«Стоимость механической обработки определяется 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 цена снятия стружки, руб./кг;

$K_{имi}$ – коэффициент использования материала;

K_o – коэффициент обрабатываемости материала» [5].

«Коэффициент использования материала определяется по формуле:

$$K_{имi} = \frac{M_d}{M_{zi}}. \quad (5) \text{» [5]}$$

$$K_{\text{им1}} = \frac{0,83}{1,8} = 0,46.$$

$$K_{\text{им2}} = \frac{0,83}{1,9} = 0,43.$$

«Рассчитываем стоимость механической обработки.

$$C_{\text{обр1}} = \frac{42 \cdot \left(\frac{1}{0,46} - 1\right) \cdot 0,83}{1,1} = 35,4 \text{ р.}$$

$$C_{\text{обр2}} = \frac{42 \cdot \left(\frac{1}{0,43} - 1\right) \cdot 0,83}{1,1} = 40,1 \text{ р.} \text{» [5]}$$

«Рассчитываем общие затраты на получение детали.

$$C_1 = 29,52 + 35,4 = 64,92 \text{ р.}$$

$$C_2 = 37,39 + 40,1 = 77,49 \text{ р.} \text{» [5]}$$

«Из расчетов следует, что метод получения заготовки штамповкой более эффективен. Следовательно, принимаем его для дальнейшего проектирования» [12].

«Методика проектирования заготовки предполагает определение маршрутов обработки поверхностей с целью использования их для определения припусков на обработку данных поверхностей» [12]. 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 [9], которая подразумевает выбор варианта маршрута, обеспечивающего минимальное значение суммарных удельных затрат. Для составления маршрутов обработки поверхностей каждой поверхности присвоим свой уникальный код (рисунок 1).

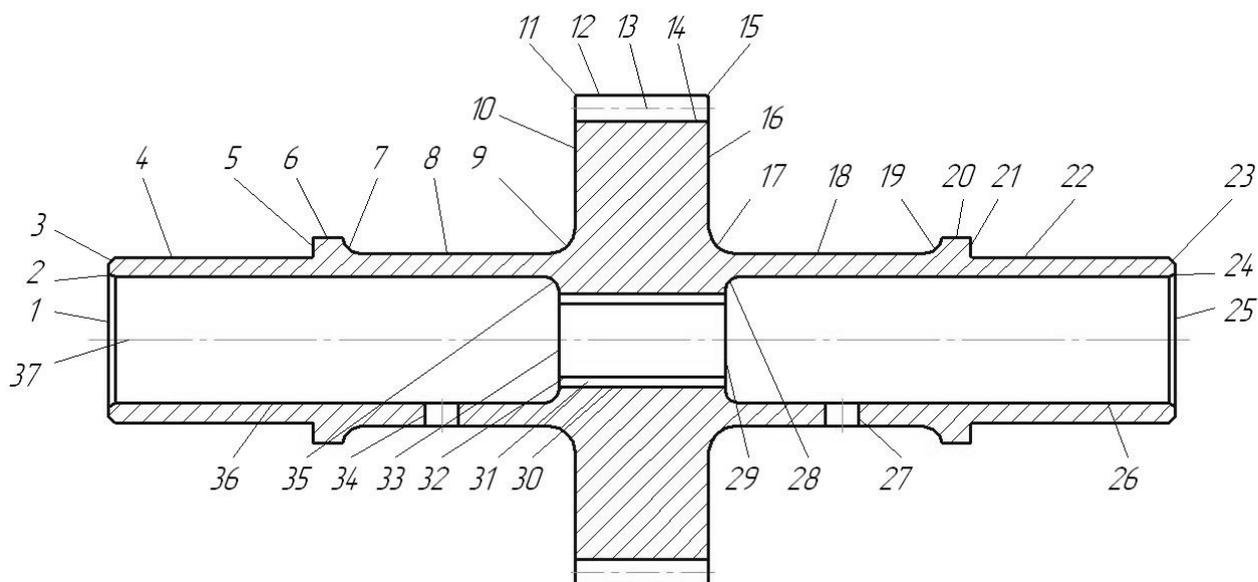


Рисунок 1 – Кодирование поверхностей

Результаты выбора маршрутов обработки представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Маршруты обработки

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

Продолжение таблицы 1

Поверхности	Точность	Шероховатость, мкм	Маршрут обработки
14	12	6,3	«зубофрезерование, термическая обработка» [14]
26, 36	14	12,5	«сверление, растачивание, термическая обработка» [14]
27, 34	14	12,5	«сверление, термическая обработка» [14]
28, 29, 33, 35	14	12,5	«расточивание, термическая обработка» [14]
30	11	6,3	«протягивание, термическая обработка» [14]
31	10	1,25	«протягивание, термическая обработка» [14]
32	7	1,25	«сверление, растачивание, протягивание, термическая обработка» [14]

«В данном случае расчет припусков расчетно-аналитическим методом необходимо произвести для подшипниковых шеек диаметром $25k5\begin{matrix} +0,011 \\ +0,002 \end{matrix}$ мм» [22].

«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;

Δ_{i-1} – величина пространственных отклонений поверхностей на предыдущем переходе, мм;

ε_i – величина погрешности установки заготовки на текущем переходе, мм» [22].

«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» [22].

«Средний припуск рассчитывается для каждого перехода по формуле:

$$z_{cpi} = 0,5 \cdot (z_{i \max} + z_{i \min}). \quad (8) \gg [22]$$

«Результаты проведения расчетов припусков.

$$z_{1 \min} = a_0 + \sqrt{\Delta_0^2 + \varepsilon_1^2} = 0,300 + \sqrt{0,130^2 + 0,025^2} = 0,432 \text{ мм.}$$

$$z_{2 \min} = a_1 + \sqrt{\Delta_1^2 + \varepsilon_2^2} = 0,200 + \sqrt{0,050^2 + 0,025^2} = 0,256 \text{ мм.}$$

$$z_{3 \min} = a_{T0} + \sqrt{\Delta_{T0}^2 + \varepsilon_3^2} = 0,250 + \sqrt{0,030^2 + 0,012^2} = 0,282 \text{ мм.}$$

$$z_{4 \min} = a_3 + \sqrt{\Delta_3^2 + \varepsilon_4^2} = 0,150 + \sqrt{0,008^2 + 0,012^2} = 0,164 \text{ мм.}$$

$$z_{5 \min} = a_3 + \sqrt{\Delta_4^2 + \varepsilon_5^2} = 0,010 + \sqrt{0,003^2 + 0,012^2} = 0,023 \text{ мм.}$$

$$z_{1 \max} = z_{1 \min} + 0,5 \cdot (Td_0 + Td_1) = 0,432 + 0,5 \cdot (1,2 + 0,25) = 1,157 \text{ мм.}$$

$$z_{2 \max} = z_{2 \min} + 0,5 \cdot (Td_1 + Td_2) = 0,256 + 0,5 \cdot (0,25 + 0,10) = 0,431 \text{ мм.}$$

$$z_{3 \max} = z_{3 \min} + 0,5 \cdot (Td_{T0} + Td_3) = 0,282 + 0,5 \cdot (0,16 + 0,039) = 0,382 \text{ мм.}$$

$$z_{4 \max} = z_{4 \min} + 0,5 \cdot (Td_3 + Td_4) = 0,164 + 0,5 \cdot (0,039 + 0,016) = 0,192 \text{ мм.}$$

$$z_{5 \max} = z_{5 \min} + 0,5 \cdot (Td_4 + Td_5) = 0,023 + 0,5 \cdot (0,016 + 0,011) = 0,037 \text{ мм.}$$

$$z_{cp1} = 0,5 \cdot (z_{1 \max} + z_{1 \min}) = 0,5 \cdot (1,157 + 0,432) = 0,795 \text{ мм.}$$

$$z_{cp2} = 0,5 \cdot (z_{2 \max} + z_{2 \min}) = 0,5 \cdot (0,431 + 0,256) = 0,344 \text{ мм.}$$

$$z_{cp3} = 0,5 \cdot (z_{3 \max} + z_{3 \min}) = 0,5 \cdot (0,382 + 0,282) = 0,332 \text{ мм.}$$

$$z_{cp4} = 0,5 \cdot (z_{4 \max} + z_{4 \min}) = 0,5 \cdot (0,192 + 0,164) = 0,178 \text{ мм.}$$

$$z_{cp5} = 0,5 \cdot (z_{5 \max} + z_{5 \min}) = 0,5 \cdot (0,037 + 0,023) = 0,030 \text{ мм} \gg [22].$$

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

«Минимальный диаметр рассчитывается по формуле:

$$d_{(i-1)min} = d_{imin} + 2 \cdot z_{imin}. \quad (9) \gg [22]$$

«Минимальный диаметр на переходе предшествующем термическому рассчитывается по формуле:

$$d_{(то-1)min} = d_{(i-1)min} \cdot 0,999. \quad (10) \gg [22]$$

«Максимальный диаметр рассчитывается по формуле:

$$d_{(i-1)max} = d_{(i-1)min} + Td_{i-1}. \quad (11) \gg [22]$$

«Средний диаметр рассчитывается по формуле:

$$d_{i\text{cp}} = 0,5 \cdot (d_{imax} + d_{imin}). \quad (12) \gg [22]$$

«Результаты проведения расчетов.

$$d_{5min} = 25,002 \text{ мм.}$$

$$d_{5max} = 25,011 \text{ мм.}$$

$$d_{5cp} = 0,5 \cdot (d_{5max} + d_{5min}) = 0,5 \cdot (25,011 + 25,002) = 25,007 \text{ мм.}$$

$$d_{4min} = d_{5min} + 2 \cdot z_{5min} = 25,002 + 2 \cdot 0,023 = 25,059 \text{ мм.}$$

$$d_{4max} = d_{4min} + Td_4 = 25,059 + 0,016 = 25,076 \text{ мм.}$$

$$d_{4cp} = 0,5 \cdot (d_{4max} + d_{4min}) = 0,5 \cdot (25,076 + 25,059) = 25,068 \text{ мм.}$$

$$d_{3min} = d_{4min} + 2 \cdot z_{4min} = 25,059 + 2 \cdot 0,164 = 25,404 \text{ мм.}$$

$$d_{3max} = d_{3min} + Td_3 = 25,404 + 0,039 = 25,443 \text{ мм.}$$

$$d_{3cp} = 0,5 \cdot (d_{3max} + d_{3min}) = 0,5 \cdot (25,443 + 25,404) = 25,424 \text{ мм.}$$

$$d_{\text{TO min}} = d_{3\text{min}} + 2 \cdot z_{3\text{min}} = 25,404 + 2 \cdot 0,282 = 26,007 \text{ мм.}$$

$$d_{\text{TO max}} = d_{\text{TO min}} + Td_{\text{TO}} = 26,007 + 0,160 = 26,167 \text{ мм.}$$

$$d_{\text{TO cp}} = 0,5 \cdot (d_{\text{TO max}} + d_{\text{TO min}}) = 0,5 \cdot (26,167 + 26,007) = 26,087 \text{ мм.}$$

$$d_{2\text{min}} = d_{\text{TO min}} \cdot 0,999 = 26,007 \cdot 0,999 = 25,971 \text{ мм.}$$

$$d_{2\text{max}} = d_{2\text{min}} + Td_2 = 25,971 + 0,100 = 26,071 \text{ мм.}$$

$$d_{2\text{cp}} = 0,5 \cdot (d_{2\text{max}} + d_{2\text{min}}) = 0,5 \cdot (26,071 + 25,971) = 26,021 \text{ мм}$$

$$d_{1\text{min}} = d_{2\text{min}} + 2 \cdot z_{2\text{min}} = 25,971 + 2 \cdot 0,256 = 26,583 \text{ мм.}$$

$$d_{1\text{max}} = d_{1\text{min}} + Td_1 = 26,583 + 0,250 = 26,833 \text{ мм.}$$

$$d_{1\text{cp}} = 0,5 \cdot (d_{1\text{max}} + d_{1\text{min}}) = 0,5 \cdot (26,833 + 26,583) = 26,708 \text{ мм.}$$

$$d_{0\text{min}} = d_{1\text{min}} + 2 \cdot z_{1\text{min}} = 26,583 + 2 \cdot 0,432 = 27,697 \text{ мм.}$$

$$d_{0\text{max}} = d_{0\text{min}} + Td_0 = 27,697 + 1,200 = 28,897 \text{ мм.}$$

$$d_{0\text{cp}} = 0,5(d_{0\text{max}} + d_{0\text{min}}) = 0,5(28,897 + 27,697) = 28,297 \text{ мм} \gg [22].$$

«Общий минимальный припуск рассчитывается по формуле:

$$2z_{\text{min}} = d_{0\text{min}} - d_{5\text{max}}. \quad (13) \gg [22]$$

«Общий максимальный припуск рассчитывается по формуле:

$$2z_{\text{max}} = 2z_{\text{min}} + Td_0 + Td_5. \quad (14) \gg [22]$$

«Общий средний припуск рассчитывается по формуле:

$$2z_{\text{cp}} = 0,5 \cdot (2z_{\text{min}} + 2z_{\text{max}}). \quad (15) \gg [22]$$

$$\ll 2z_{\text{min}} = 27,697 - 25,011 = 2,686 \text{ мм.}$$

$$2z_{\text{max}} = 2,686 + 1,200 + 0,011 = 3,897 \text{ мм.}$$

$$2z_{\text{cp}} = 0,5 \cdot (2,686 + 3,897) = 3,292 \text{ мм} \gg [22].$$

«Результаты определения припусков на остальные поверхности в соответствии со статистическим методом» [23] приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Результаты определения припусков

Поверхность	Номер перехода	Минимальное значение припуска, мм	Максимальное значение припуска, мм
5, 21	1	1,8	2,2
	2	0,8	1,07
	3	0,4	0,497
	4	0,03	0,068
12	1	0,75	1,6
	2	0,125	0,335
	3	0,2	0,31
13	1	0,6	0,9
	2	0,18	0,47
	3	0,2	0,38
26, 36	1	0,5	0,647
32	1	0,7	0,777

Определяем напуски, обеспечивающие формирование контура заготовки. Для этого необходимо определить характеристики заготовки [7]:

- «класс точности получения заготовки Т4,
- группа материала М1,
- степень сложности С1,
- исходный индекс И9,
- наружные штамповочные уклоны 5°,
- радиусы скруглений 2,5 мм,
- значение максимального остаточного облоя не более 1,2 мм,
- значение смещения по поверхности разъема штампа не более 1,0 мм,
- concentricity отверстий не более 1,0 мм» [7].

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» [13].

«Основой для разработки плана изготовления является маршрут изготовления детали» [13]. В ходе анализа типа производства было установлено, что при проектировании маршрута изготовления с целью повышения качества проектирования необходимо использовать типовые технологические процессы [19], [21]. 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

Наименование операции	Обрабатываемые поверхности	Метод обработки
005 Фрезерно-центровальная	1, 2, 24, 25	фрезерование сверление
010 Токарная	4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 12, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22	точение
015 Токарная	4, 5, 12, 21, 22	точение
020 Сверлильная	26, 32, 36	сверление
025 Токарная	26, 28, 29, 32, 33, 35, 36	точение
030 Сверлильная	27, 34	сверление
035 Протяжная	30, 31, 32	протягивание
040 Зубофрезерная	13, 14	зубофрезерование
050 Зубошевинговальная	13	шевингование
055 Термическая	все	термическая обработка
060 Центрошлифовальная	2, 24	шлифование
065 Торцекруглошлифовальная	4, 5, 21, 22	шлифование
070 Круглошлифовальная	12	шлифование
075 Торцекруглошлифовальная	4, 5, 21, 22	шлифование
080 Зубошлифовальная	13	шлифование
085 Круглошлифовальная	4, 22	шлифование
090 Полировальная	4, 22	полирование

Продолжение таблицы 3

Наименование операции	Обрабатываемые поверхности	Метод обработки
095 Моечная	все	мойка
100 Контрольная	все	контроль

«Разработку схем базирования деталей следует выполнять на основе типовых схем базирования» [20], 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 [20].

«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» [12].

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 [2], [11], [15], [17], [18]. Результаты выбора представлены в таблице 4» [12].

Таблица 4 – Средства технического оснащения

Операция	Оборудование	Приспособление	Режущий инструмент	Средства контроля
005 Фрезерно-центровальная	«фрезерно-центровальный 2Г942» [2]	«тиски самоцентрирующие» [11]	«фрезы торцевые ГОСТ 1695-80, сверло» [15]	«штангенциркуль ШЦ-1» [17]

Продолжение таблицы 4

Операция	Оборудование	Приспособление	Режущий инструмент	Средства контроля
010 Токарная	«токарный CL 1500 CNC» [18]	«патрон трехкулачковый ГОСТ 2675-73» [11]	«резец контурный ОСТ 2.И10.1-83» [15]	«калибр контроля центрального отверстия» [17]
015 Токарная	«токарный CL 1500 CNC» [18]	«патрон поводковый ГОСТ 2571-71» [11]	«резец контурный ОСТ 2.И10.1-83, резец канавочный ОСТ 2.И10.1-83» [15]	«штангенциркуль ШЦ-1 ГОСТ 160-80» [17]
020 Сверлильная	«вертикально-сверлильный GHD-55PFA» [18]	«тиски самоцентрирующие специальные» [11]	«сверло специальное, сверло комбинированное специальное» [15]	«микрометр МК-50 ГОСТ 6507-78» [17]
025 Токарная	«токарный CL 1500 CNC» [18]	«патрон цанговый специальный восьмилепестковый» [11]	«резец расточной ОСТ 2.И10.1-83» [15]	«нутромер НМ ГОСТ 10-80» [17]
030 Сверлильная	«вертикально-сверлильный GHD-55PFA» [18]	«тиски самоцентрирующие ГОСТ 12195-66» [11]	«сверло спиральное ГОСТ 10903-77» [15]	«нутромер НМ ГОСТ 10-80» [17]
035 Протяжная	«горизонтально-протяжной Н30-60» [18]	«опора шаровая» [11]	«протяжка специальная» [15]	«нутромер НМ ГОСТ 10-80» [17]
040 Зубофрезерная	«зубофрезерный YBS3112» [18]	«патрон поводковый ГОСТ 2571-71» [11]	«фреза зубонарезная червячная ГОСТ 9324-80» [15]	«шаблон» [17]
045 Зубофасочная	«зубофасочный ВС-500» [2]	«патрон цанговый специальный восьмилепестковый» [11]	«фреза» [15]	«шаблон» [17]
050 Зубошевинговальная	«зубошевинговальный HURTH ZS 150» [18]	«патрон цанговый специальный восьмилепестковый» [11]	«шевер ГОСТ 8570-75» [15]	«шаблон» [17]
055 Термическая	«печь термическая» [2]	—	—	—

Продолжение таблицы 4

Операция	Оборудование	Приспособление	Режущий инструмент	Средства контроля
060 Центрошлифовальная	«центрошлифовальный ZSM 5100» [18]	«тиски самоцентрирующие» [11]	«головка шлифовальная алмазная АГК ГОСТ 2447-82» [15]	«шаблон» [17]
065 Торцекруглошлифовальная	«торцекруглошлифовальный GA-3535 CNC» [18]	«патрон цанговый специальный восьмилепестковый» [11]	«круг шлифовальный 3-300×127×200 23A46M8V30M/C1A» [15]	«шаблон» [17]
070 Круглошлифовальная-	«круглошлифовальный GUN-3540 CNC» [18]	«патрон цанговый специальный восьмилепестковый» [11]	«круг шлифовальный 1 300×127×50 23A46M8V30M/C1A» [15]	«скоба рычажная» [17]
075 Торцекруглошлифовальная	«торцекруглошлифовальный GA-3535 CNC» [18]	«патрон цанговый специальный восьмилепестковый» [11]	«круг шлифовальный 3-300×127×200 23A80K5V30M/C1A» [15]	«скоба рычажная» [17]
080 Зубошлифовальная	«зубошлифовальный YK7332A» [18]	«патрон цанговый специальный восьмилепестковый» [11]	«круг шлифовальный 4-250×76,2×10 25A80M5V30M/C1A» [15]	«скоба рычажная» [17]
085 Круглошлифовальная	«круглошлифовальный GUN-3540 CNC» [18]	«патрон цанговый специальный восьмилепестковый» [11]	«круг шлифовальный 1 300×127×50 24A80M5V35M/C1A» [15]	«шаблон» [17]
090 Полировальная	полировальный KSP 100» [18]	«патрон цанговый специальный восьмилепестковый» [11]	лента полировальная 24A61V» [15]	«скоба рычажная» [17]
090 Моечная	«моечная машина» [2]	«приспособление для загрузки-выгрузки кассет с деталями» [11]	–	–
095 Контрольная	«контрольный стол» [2]	–	–	«средства контроля согласно параметрам» [17]

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» [12].

2.4 Определение режимов резания и нормирование

«Под режимами резания понимаются следующие параметры операции:

- подача инструмента,
- скорость резания,
- частота вращения шпинделя» [8].

Для их определения используем методику [8].

«Скорость резания рассчитывается по формуле:

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

где V_T – статистическая скорость резания, м/мин;

K_1 – коэффициент материала детали;

K_2 – коэффициент материала инструмента;

K_3 – коэффициент метода обработки» [8].

«Частота вращения рассчитывается по формуле:

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

где d – диаметр поверхности обработки при точении или диаметр инструмента при сверлении и фрезеровании, мм» [8].

«Действительная скорость резания рассчитывается по формуле:

$$V_d = \frac{\pi \cdot d \cdot n_d}{1000}, \quad (18)$$

где n_d – действительная частота вращения шпинделя, об/мин» [8].

«Нормирование операций согласно типу производства выполняется по методике» [8].

«Длина резания определяется по формуле:

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

где l_1 – длина врезания инструмента, мм;

$l_{рез}$ – длина обработки, мм;

l_2 – длина перебега инструмента, мм» [8].

«Основное время выполнения операции определяется по формуле:

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

где S_0 – подача инструмента, мм/об» [8].

«Для операций фрезерования основное время выполнения операции определяется по формуле:

$$T_0 = \frac{L_{px}}{S_z \cdot z \cdot n_d}, \quad (21)$$

где S_z – подача на зуб фрезы, мм/зуб;

z – количество зубьев фрезы, шт.» [8]

«Результаты расчетов представлены в таблице 5» [12].

Таблица 5 – Режимы резания и нормирование технологических операций

Операция	Переход	Подача, мм/об	Скорость, м/мин	Частота вращения, об/мин	Длина рабочего хода, мм	Основное время, мин
005	1	(0,15)	46,4	250	35	0,6
	2	1,1	6	36	3	0,42
010 А	1	0,3	146	630	120	0,64
010 Б	1	0,3	146	630	100	0,53
015 А	1	0,17	186	800	53	0,39
015 Б	1	0,17	186	800	33	0,39
020А	1	0,34	38	630	95	0,44
020Б	1	0,34	38	630	70	0,33
025 А	1	0,19	75	1250	95	0,4
025 Б	1	0,19	75	1250	73	0,31
030	1	0,12	13	800	5	0,1
	2	0,12	13	800	5	0,1
035	1	0,11	5,2	–	600	0,72
040	1	2,5	40	250	25	0,97
045	1	0,15	35	600	0,3	0,7
050	1	120	12	260	25	0,92
060	1	0,55	15	300	0,8	0,18
065 А	1	0,009	26	300	0,323	0,2
065 Б	1	0,009	26	300	0,323	0,2
070	1	0,013	26	368	76	0,65
075 А	1	0,003	30	300	0,174	0,32
075 Б	1	0,003	30	300	0,174	0,32
080	1	0,01	250	1500	25	0,82
085 А	1	0,008	30	368	21	0,4
085 Б	1	0,008	30	368	21	0,4
090 А	1	0,001	35	300	21	0,19
090 Б	1	0,001	35	300	21	0,19

Анализируя результаты нормирования, приходим к выводу, что наиболее проблемной является 020 операция. Причина этого заключается в большом вспомогательном времени и низкой производительности обработки.

«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» [10].

3 Разработка специальных технических средств оснащения

3.1 Разработка самоцентрирующих тисков

В ходе анализа результатов нормирования технологических операций было установлено, что наиболее проблемной является 020 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.

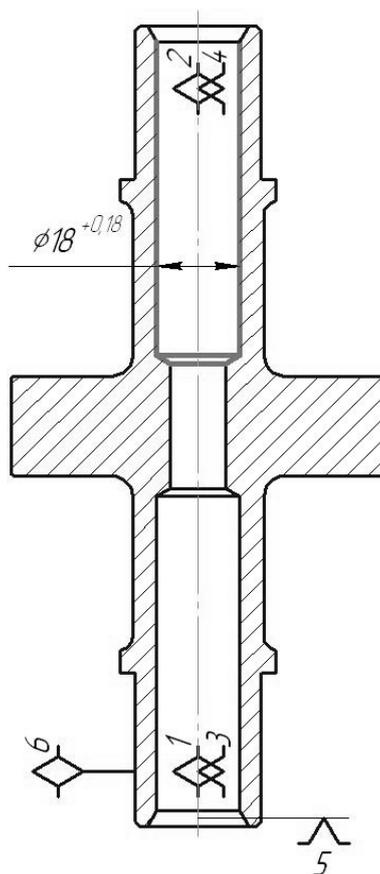


Рисунок 2 – Операционный эскиз

Реализация приведенной схемы базирования возможно путем применения самоцентрирующего механизма с призматическими

установочными элементами и механизированным зажимом. Проектирование данного механизма произведем по методике и данным [3]. 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:

$$P_o = 10 \cdot C_p \cdot D^q \cdot S^y \cdot K_p, \quad (22)$$

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» [3].

$$P_o = 10 \cdot 68 \cdot 18^{1,0} \cdot 0,34^{0,7} \cdot 0,84 = 4832 \text{ Н.}$$

«Крутящий момент от силы резания рассчитывается по формуле:

$$M_{кр} = 10 \cdot C_m \cdot D^q \cdot S^y \cdot K_p, \quad (23)$$

где C_m – поправочный коэффициент, который учитывает фактические условия операции» [3].

$$M_{кр} = 10 \cdot 0,035 \cdot 18^{2,0} \cdot 0,34^{0,8} \cdot 0,84 = 38,75 \text{ Н·м.}$$

«При принятой схеме базирования осевая сила направлена вниз и прижимает заготовку к опоре» [3]. Таким образом, усилие закрепления должно удерживать только от проворота заготовки в призмах под действием крутящего момента от силы резания.

«Момент силы зажима равен:

$$M_3 = \frac{W \cdot f \cdot d \cdot \sin \frac{\alpha}{2}}{2}, \quad (24)$$

где W – сила зажима, Н;

f – коэффициент трения поверхностей заготовки и сменного кулачка;

d – диаметр закрепления, мм

α – угол призмы, град» [3].

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

$$W = \frac{2 \cdot M_3 \cdot \sin \frac{\alpha}{2}}{f \cdot d} \cdot K, \quad (25)$$

где K – коэффициент запаса» [3].

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

$$K = K_0 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3, \quad (26)$$

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» [3].

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

«По формуле (25) определяем силу зажима.

$$W = \frac{2 \cdot 38,75 \cdot \sin 45^\circ}{30 \cdot 10^{-3} \cdot 0,15} \cdot 1,8 = 21920 \text{ Н} \text{» [3].}$$

«Усилие зажима на постоянных кулачках рассчитывается по формуле:

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

где l – вылет кулачка, мм;

H – длина направляющей, мм;

f_1 – коэффициент трения в направляющих» [3].

$$W_1 = \frac{21920}{1 - \frac{3 \cdot 90}{95} \cdot 0,2} = 50790 \text{ Н.}$$

«Усилие, которое необходимо развить силовому приводу определяется по уравнению:

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

где i_c – передаточное отношение зажимного механизма» [3].

$$Q = \frac{50790}{2,0} = 25395 \text{ Н.}$$

«Для создания данного усилия в конструкции приспособления предусмотрено применение гидроцилиндра, диаметр поршня которого рассчитывается по формуле:

$$D = 1,13 \cdot \sqrt{\frac{Q}{P}}, \quad (29)$$

где d – диаметр штока поршня, мм;

P – давление в гидросистеме, МПа» [3].

$$D = 1,13 \cdot \sqrt{\frac{25395}{6,3}} = 69 \text{ мм.}$$

«Для расчета приспособления на точность используется формула:

$$\varepsilon_y = \frac{1}{2} \sqrt{\Delta_1^2 + \Delta_2^2 + \Delta_3^2 + \Delta_4^2 + \Delta_5^2 + \Delta_6^2}, \quad (30)$$

где Δ_1 – погрешность изготовления рабочих поверхностей призм, мм;

Δ_2 – погрешность изготовления рычага, мм;

Δ_3 – погрешность соединительного размера рычага и ползушки, мм;

Δ_4 – погрешность соединительного размера рычага и тяги, мм;

Δ_5 – погрешность колебания зазоров в сопряжении рычага и ползушки, мм;

Δ_6 – погрешность колебания зазоров в сопряжении рычага и тяги, мм» [3].

$$\begin{aligned}\varepsilon_y &= \frac{1}{2} \sqrt{0,047^2 + 0,110^2 + 0,013^2 + 0,013^2 + 0,013^2 + 0,016^2} = \\ &= 0,038 \text{ мм.}\end{aligned}$$

«Допустимая погрешность установки определяется по формуле:

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

где Td – допуск на выполняемый размер детали, мм.» [3]

$$\varepsilon_y^{\text{доп}} = 0,3 \cdot 0,18 = 0,054 \text{ мм.}$$

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»» [12].

3.2 Разработка сверла

В качестве одной из причин большого времени выполнения 020 сверлильной операции 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 T15K10 с одной режущей кромкой» [1].

«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» [1].

$$D = 18,40 + \frac{0,21}{2} = 18,505 \text{ мм.}$$

«Допуск на рабочий диаметра сверла назначаем должен быть на два качества точнее, чем точность обрабатываемой поверхности» [1]. «В данном случае допуск на рабочий диаметр должен составлять 0,084 мм» [1].

«Геометрические характеристики режущей части принимаются исходя из требуемых характеристик обрабатываемой поверхности: принимаем передний угол 15° , задний угол 6° » [1].

«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;

θ – угол конуса, град;

μ – коэффициент трения на поверхности контакта;

P_0 – осевая сила, Н;

$\Delta\theta$ – допуск угла конуса, град» [1].

$$d = \frac{6 \cdot 3,47 \cdot \sin 1^\circ 30'}{0,1 \cdot 39,6 \cdot (1 - 0,04 \cdot 5)} = 27,9 \text{ мм.}$$

«Исходя из полученного значения расчетного диаметра, принимаем конус Морзе №2» [1].

«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» [1].

«Более подробно конструкция сверла приведена в графической части работы и в приложении Б «Спецификации к сборочным чертежам»» [12].

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

Конструктивно-технологические характеристики спроектированного технологического процесса приведены в таблице 6.

Таблица 6 – Конструктивно-технологические характеристики

Операции	Оборудование	Приспособления	Инструменты
фрезерно-центровальная	«фрезерно-центровальный 2Г942» [2]	«тиски самоцентрирующие» [11]	«фрезы торцевые ГОСТ 1695-80, сверло» [15]
токарные	«токарный CL 1500 CNC» [18]	«патрон трехкулачковый ГОСТ 2675-73» [11]	«резец контурный ОСТ 2.И10.1-83» [15]
сверлильные	«вертикально-сверлильный GHD-55PFA» [18]	«тиски самоцентрирующие специальные» [11]	«сверло специальное, сверло комбинированное специальное» [15]
протяжная	«горизонтально-протяжной Н30-60» [18]	«опора шаровая» [11]	«протяжка специальная» [15]
зубофрезерная	«зубофрезерный YBS3112» [18]	«патрон поводковый ГОСТ 2571-71» [11]	«фреза зубонарезная червячная ГОСТ 9324-80» [15]
зубошвинговальная	«зубошвинговальный HURTH ZS 150» [18]	«патрон цанговый специальный восьмилепестковый» [11]	«шевер ГОСТ 8570-75» [15]
шлифовальные	«центрошлифовальный ZSM 5100» [18], «торцекруглошлифовальный GA-3535 CNC» [18], «круглошлифовальный GUN-3540 CNC» [18]	«тиски самоцентрирующие» [11], «патрон цанговый специальный восьмилепестковый» [11]	«головка шлифовальная алмазная АК ГОСТ 2447-82» [15], «круг шлифовальный 3-300×127×200 23A46M8V30M/C1A» [15]

В ходе выполнения технологического процесса используются

легированная конструкционная сталь, смазочные материалы для технологического оборудования и смазочно-охлаждающие жидкости для охлаждения зоны резания.

4.2 Идентификация профессиональных рисков

Возникающие в ходе выполнения технологического процесса опасные и/или вредные производственно-технологические факторы 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; обрушивающиеся горные породы; падающие деревья и их части; струи и волны, включая цунами; ветер и вихри, включая смерчи и торнадо)» [6]	«удары, порезы, проколы, уколы, затягивания, наматывания, абразивные воздействия подвижными частями оборудования, наезд транспорта на человека» [6]

Продолжение таблицы 7

Перечень источников опасностей	Опасные и вредные производственные факторы	Риски
–	«производственные факторы, обладающие свойствами химического воздействия на организм работающего человека» [6]	«заболевания кожи (дерматиты)» [6]
	«опасные и вредные производственные факторы, связанные с чрезмерно высокой или низкой температурой материальных объектов производственной среды, могущих вызвать ожоги (обморожения) тканей организма человека» [6]	«ожог при контакте незащищенных частей тела с поверхностью предметов, имеющих высокую температуру» [6]
	«опасные и вредные производственные факторы, связанные с механическими колебаниями твердых тел и их поверхностей, характеризующиеся повышенным уровнем общей вибрации» [6]	«воздействие общей вибрации на тело работника» [6]
	«опасные и вредные производственные факторы, связанные с акустическими колебаниями в производственной среде и характеризующиеся повышенным уровнем и другими неблагоприятными характеристиками шума» [6]	«снижение остроты слуха, тугоухость, глухота, повреждение мембранной перепонки уха, связанные с воздействием повышенного уровня шума и других неблагоприятных характеристик шума» [6]
	«монотонность труда, тяжесть трудового процесса» [6]	«психоэмоциональные перегрузки» [6]
	«опасные и вредные производственные факторы, связанные с электрическим током, под действие которого попадает работающий» [6]	«контакт с частями электрооборудования, находящимися под напряжением, отсутствие заземления или неисправность электрооборудования, нарушение правил эксплуатации и ремонта электрооборудования, неприменение средств индивидуальной защиты» [6]

Представленные риски имеют наибольшую вероятность появления исходя из используемых средств оснащения.

4.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков

Мероприятия по улучшению условий труда разрабатываются на основе «Приказа Минтруда России № 771н от 29 октября 2021 г. «Об утверждении Примерного перечня ежегодно реализуемых работодателем мероприятий по улучшению условий и охраны труда, ликвидации или снижению уровней профессиональных рисков либо недопущению повышения их уровней» [6]. Средства и методы снижения профессиональных рисков выбираются на основе «Приказа Минтруда России от 29.10.2021 N 776н «Об утверждении Примерного положения о системе управления охраной труда» [6].

«В результате получаем следующие мероприятия по улучшению условий и охраны труда: устройство ограждений элементов производственного оборудования, защищающих от воздействия движущихся частей, а также разлетающихся предметов, включая наличие фиксаторов, блокировок, герметизирующих и других элементов; обеспечение работников, занятых на работах с вредными или опасными условиями труда, а также на работах, производимых в особых температурных и климатических условиях или связанных с загрязнением, специальной одеждой, специальной обувью и другими средствами индивидуальной защиты, дерматологическими средствами индивидуальной защиты; проведение 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; проведение обязательных предварительных и периодических медицинских осмотров (обследований); устройство новых и (или) модернизация имеющихся средств коллективной защиты работников от воздействия опасных и вредных производственных факторов; проведение специальной оценки условий труда, выявления и оценки опасностей, оценки

уровней профессиональных рисков, реализация мер, разработанных по результатам их проведения; внедрение и (или) модернизация технических устройств и приспособлений, обеспечивающих защиту работников от поражения электрическим током» [6].

Необходимо применить следующие методы и средства снижения профессиональных рисков: «использование блокировочных устройств, применение средств индивидуальной защиты – специальных рабочих костюмов, халатов или роб, исключающих попадание свисающих частей одежды на быстродвижущиеся элементы производственного оборудования» [6]; «использование станков и инструментов для механической обработки материалов и изделий, сопровождающихся выделением газов, паров и аэрозолей, совместно с системами удаления указанных веществ» [6]; «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» [6]; «применение вибропоглощения и виброизоляции» [6]; «применение звукоизолирующих ограждений-кожухов, кабин управления технологическим процессом, устройство звукопоглощающих облицовок и объемных поглотителей шума, использование средств индивидуальной защиты» [6]; «проведение специальной оценки условий труда с разработкой и реализацией мероприятий по снижению напряженности трудового процесса» [6]; «изоляция токоведущих частей электрооборудования, применение средств индивидуальной защиты, соблюдение требований охраны труда, применение» [6]; «ограждений, сигнальных цветов, табличек, указателей и знаков безопасности, вывод неисправного электрооборудования из эксплуатации, своевременный ремонт и техническое обслуживание электрооборудования» [6].

Предлагаемые организационно-технические методы и средства защиты обеспечат снижение 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)» [6].

«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)» [6].

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» [6].

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

Обеспечение экологической безопасности основано на знании негативных факторов, воздействующих на атмосферу, гидросферу и литосферу. Возможно образование следующих отходов и выбросов. В гидросферу и литосферу: «масла, смазочно-охлаждающие жидкости, смазочные материалы, частицы абразива и стружки, металлический лом, мусор промышленный» [6]. В атмосферу незначительное количество паров смазочно-охлаждающей жидкости и абразивной пыли.

«Мероприятия по обеспечению экологической безопасности разрабатываются по ГОСТ Р 53692–2009 «Национальный стандарт Российской Федерации. Ресурсосбережение. Обращение с отходами. Этапы» и ГОСТ 31952–2012 «Устройства водоочистные. Общие требования к эффективности и методы ее определения» разрабатываем мероприятия по обеспечению экологической безопасности» [6]. Результаты приведены в таблице 8.

Таблица 8 – Организационно-технические мероприятия по обеспечению экологической безопасности

Объект воздействия	Отходы и выбросы	Мероприятия и/или технического средства
атмосфера	«пары смазочно-охлаждающей жидкости, абразивная пыль» [6]	«центробежные фильтры» [6]
гидросфера	«масла, смазочно-охлаждающие жидкости, частицы абразива и стружки, металлический лом, мусор промышленный» [6]	«комплексная система очистки сточных вод» [6]
литосфера	«масла, смазочно-охлаждающие жидкости, частицы абразива и стружки, металлический лом, мусор промышленный» [6]	«сортировка отходов по виду, переработка металлических отходов, утилизация на специальных полигонах» [6]

В данном разделе предложен комплекс мер и технических средств, обеспечивающих безопасность и экологичность выполнения технологического процесса.

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 данных операций. Эти изменения позволили сократить общую трудоемкость изготовления детали на 1,02 минуты.

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

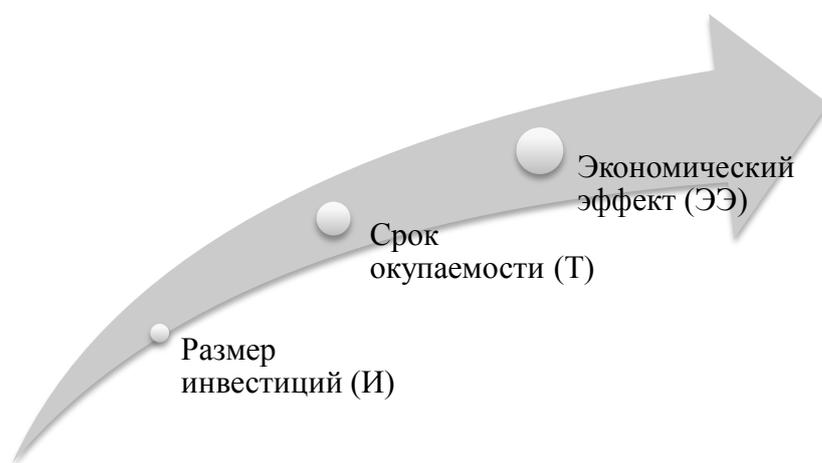


Рисунок 4 – Значимые показатели для подтверждения экономической эффективности изменений

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 [16], которая позволяет учитывать все необходимые затраты в этот проект. Итоговый размер инвестиций и его детализация, представлен на рисунке 5.

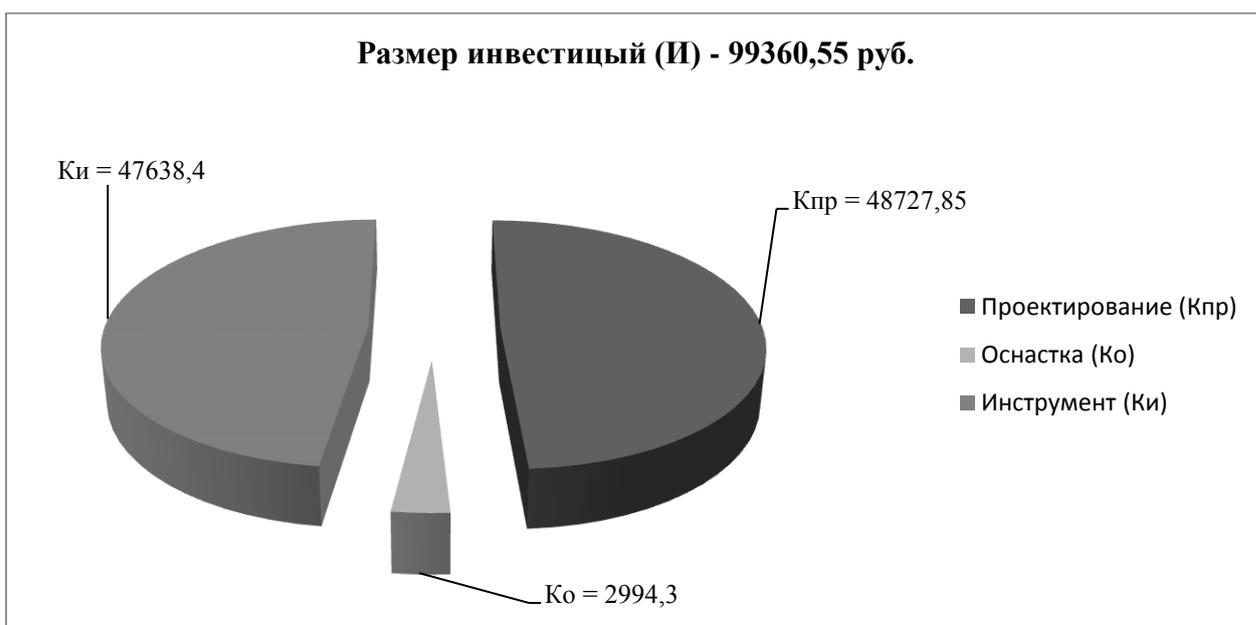


Рисунок 5 – Итоговый размер инвестиций и его детализация, руб.

Как видно из рисунка 5, самую весомую долю в инвестициях занимает такая статья затрат, как «затраты на проектирование ($K_{ПР}$)». Ее доля в общем размере инвестиций составит 49,04 %, это обосновывается сложностью выполняемых при проектировании работ и их трудоемкостью. Далее по величине, следуют затраты на инструмент ($K_{И}$), которые составляют 47,94 % от размера всех инвестиций. Это связано с тем, что предложенный инструмент имеет высокую цену закупки. Оставшаяся статья затрат «затраты на приспособление» такой весомости в размере инвестиций не имеет, но тем не менее его увеличивает.

Значение срока окупаемости можно рассчитать по формуле (38):

$$T = \frac{И}{П_{ЧИСТ}} + 1, \quad (38)$$

где « $П_{ЧИСТ}$ – чистая ожидаемая прибыль, руб.» [16].

Этот показатель зависит от разности себестоимости изготовления детали до и после совершенствования технологического процесса ее изготовления ($C_1 = 117,3$ р. и $C_2 = 85,48$ р., соответственно). Также при его определении учитывается программа выпуска ($П_{Г} = 7000$ шт.). И кроме всего прочего, обязательно учитываются налоговые выплаты, которые предприятие вынуждено будет заплатить государству за полученную дополнительную прибыль. А также необходимо включить в расчеты увеличение долговечности детали на 1,5 года. Значения себестоимости определялись по специальной методике [16] с применением программного обеспечения, такого как Microsoft Excel. Если учесть все вышеперечисленные показатели, то формулу (38) можно представить в развернутом формате в формуле (39):

$$T = \frac{И}{(C_1 \cdot \frac{D_2}{D_1} - C_2) \cdot П_{Г} \cdot (1 - K_{НАЛ})} + 1, \quad (39)$$

где « D_1 и D_2 – долговечность (срок службы) детали, соответственно до ($D_1 = 6,5$ лет) и после ($D_2 = 5$ лет) изменений, год;

$K_{НАЛ}$ – коэффициент налогообложения, который, для юридических лиц, составляет 20 % или в абсолютной величине – 0,2» [16].

$$T = \frac{99360,55}{\left(117,3 \cdot \frac{6,5}{5} - 85,48\right) \cdot 7000 \cdot (1-0,2)} + 1 = \frac{99360,55}{178192} + 1 = 1,558 = 2 \text{ года.}$$

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

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

где « E – процентная ставка на капитал;

t – годы получения прибыли для принятого горизонта расчета» [16].

$$\text{ЭЭ} = \left(178192 \cdot \left(\frac{1}{(1+0,2)^1} + \frac{1}{(1+0,2)^2} \right) \right) - 99360,55 = 11831,26 \text{ р.}$$

Согласно проведенным расчетам, экономический эффект получен, его величина составляет 11831,26 руб. Поэтому предложенные совершенствования в технологический процесс можно считать целесообразными и обоснованными.

В ходе выполнения данного раздела произведена 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» [12] обрабатывающего центра WP2016, 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» [12].

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. Артамонов Е.В. Расчет и проектирование сменных режущих пластин и сборных инструментов: монография / Е.В. Артамонов, Т.Е. Помигалова, М.Х. Утешев. – Тюмень: ТюмГНГУ, 2011. – 152 с. [Электронный ресурс]. – URL: <https://e.lanbook.com/book/28284> (дата обращения: 05.04.2024).

2. Балла О.М. Технологии и оборудование современного машиностроения: учебник / О.М. Балла. – Санкт –Петербург: Лань, 2020. – 392 с. [Электронный ресурс]. – URL: <https://e.lanbook.com/book/143241> (дата обращения: 18.04.2024).

3. 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: 21.04.2024).

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: 20.04.2024).

5. Воронов Д.Ю. Проектирование и производство заготовок изделий машиностроительного производства: учебно–методическое пособие / Д.Ю. Воронов, В.М. Боровков, И.В. Кузьмич. – Тольятти: ТГУ, 2018. –203 с. [Электронный ресурс]. – URL: <https://e.lanbook.com/book/140032> (дата обращения: 18.04.2024).

6. 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.

7. ГОСТ 7505–89. Поковки стальные штампованные. Допуски, припуски и кузнечные напуски. – Введ. 1990 –01 –07. – М.: Изд –во

стандартов, 1990. – 83 с.

8. Грубый С. В. Расчет режимов резания для операций механической обработки: учебное пособие / С. В. Грубый. – Москва; Вологда : Инфра – Инженерия, 2021. – 200 с. – URL: <https://znanium.com/catalog/product/1833110> (дата обращения: 19.04.2024).

9. 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: 11.04.2024).

10. Иванов И. С. Технология машиностроения: учебное пособие / И.С. Иванов. – 2 –е изд., перераб. и доп. – Москва: ИНФРА –М, 2022. – 240 с. – (Высшее образование: Бакалавриат). – Текст: электронный. – URL: <https://znanium.com/catalog/product/1836626> (дата обращения: 25.03.2024).

11. 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: 11.04.2024).

12. 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: 12.03.2024).

13. 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: 15.03.2024).

14. Ковшов А. Н. Технология машиностроения : учебник / А. Н. Ковшов. – 3-е изд., стер. – Санкт-Петербург : Лань, 2022. – 320 с. – ISBN 978-5-8114-0833-7. – Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная

система. – URL: <https://e.lanbook.com/book/212438> (дата обращения: 29.03.2024).

15. 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.

16. 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: 23.04.2024).

17. 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. – URL: <https://e.lanbook.com/book/208667> (дата обращения: 21.04.2024).

18. Мещерякова В. Б. Металлорежущие станки с ЧПУ: учебное пособие / В. Б. Мещерякова, В. С. Стародубов. – Москва: ИНФРА –М, 2020. – 336 с. – URL: <https://znanium.com/catalog/product/1062069> (дата обращения: 08.04.2024).

19. Пухаренко Ю.В. Механическая обработка конструкционных материалов: курсовое и диплом. проектирование: учеб. пособие / Ю.В. Пухаренко, В.А. Норин. – Санкт–Петербург. : Лань, 2018. – 240 с. [Электронный ресурс]. – URL: <https://e.lanbook.com/book/99220> (дата обращения: 01.04.2024).

20. 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.

21. 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).

22.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: 03.04.2024).

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

24.Химический состав и физико-механические свойства стали 20Х [Электронный ресурс]. – URL: <http://tekhnar.ru/materialy/20h.html> (дата обращения: 12.03.2024).

Приложение А

Технологическая документация

Таблица А.1 – Технологическая документация

Диэл																	
Взам																	
Подп																	
Разработал	Дбайных					ТГУ Кафедра ОТМП											
Проверил	Козлов																
Утвердил						Вал-шестерня											
Н. контр																	
МД1	Сталь 20Х ГОСТ 4543-71																
МД2	Код	ЕВ	МД	ЕН	Н. расх.	КММ	Код заготовки	Профиль и размеры				КД	МЗ				
	12	166	083	1		046	24	φ77х1624				1	18				
А	Цех	Уч	РМ	Опер			Код наименования операции			Обозначение документа							
Б	Код наименования оборудования						СМ	проф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Кит	Тпаз	Тшт
А03	XX XX XX			000	Заготовительная												
Б04	Горизонтально ковочная машина																
О5																	
А06	XX XX XX			005	4269 Фрезерно-центральная												
Б07	381631 Фрезерно-центральный 2Г942З 17845 312 1Р 1 1 1 1200 1 14																
О 08	Фрезеровать торцы: пов. 1, 25 в размер 160 ^{+0,05} , сверлить отверстия: пов. 2, 24 в размер φ19 _{0,13} .																
О9	396131 Тиски машинные ГОСТ 12195-66; 391801 Фреза торцовая ГОСТ 1695-80 Т5К10; 391267 Сверло специальное Р6М5; 393311 Штангенциркуль ШЦ-1 ГОСТ160-80; 393141 Калибр.																
Т 10																	
11																	
А 12	XX XX XX			010	4110 Токарная												
Б 13	381101 Токарный СЛ 1500 3 18217 312 1Р 1 1 1 1200 1 197																
О 14	Точить последовательно рав. и торцы: Установ А пов. 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 12 φ26,833 _{0,21} ; φ31 _{0,25} ;																
О 15	φ26 _{0,21} ; φ75,29 _{0,3} ; 90 ^{+0,35} ; 125 ^{+0,4} ; 130,53 ^{+0,4} Установ Б 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22 φ26,833 _{0,21} ; φ31 _{0,25} ;																
О 16	φ26 _{0,21} ; φ75,29 _{0,3} ; 90 ^{+0,35} ; 125 ^{+0,4} ; 130,53 ^{+0,4} .																
МК																	

Продолжение Приложения А

Продолжение таблицы А.1

A	Цех	Уч	PM	Опер	Код, наименование операции	Обозначение документа									
						Код, наименование оборудования	СМ	проф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Кшт
T 19	396171 Патрон 3-х кулачковый ГОСТ 2675-73; 392101 Резец контурный ОСТ 2И10.1-83 Т5К10;														
T 20	393311 Штангенциркуль ШЦ-1 ГОСТ 160-80.														
21															
A 22	XX XX XX 015 4110 Токарная														
Б 23	381101 Токарный СЛ 1500 3 18217 312 1Р 1 1 1 1200 1 1,58														
О 24	Точить последовательно поверхности и торцы: Установ А пов. 4, 5, 12 $\phi 26,071_{-0,084}$; $\phi 74,62_{-0,12}$;														
О 25	$112,275_{+0,14}$; Установ Б 21, 22 $\phi 26,071_{-0,084}$; $112,275_{+0,14}$.														
T 26	396171 Патрон поводковый ГОСТ 2571-71; 392101 Резец контурный ОСТ 2И10.1-83 Т30К4; 392101 Резец канавочный ОСТ 2И10.1-83 Т30К4; 393410 Микрометр МК-50 ГОСТ 6507-78.														
T 27															
28															
A 29	XX XX XX 020 4121 Сверлильная														
Б 30	381213 Сверлильный GHD-55PFA 3 15292 312 1Р 1 1 1 1200 1 1,57														
О 31	Сверлить: Установ А пов. 26, 32, в размер $\phi 18_{+0,21}$; $\phi 9,6_{+0,10}$; $47_{+0,3}$; $79_{+0,35}$; Установ Б пов. 36 в размер														
О 32	$\phi 18_{+0,21}$; $79_{+0,35}$.														
T 33	396171 Тиски самоцентрирующие специальные; 391303 Сверло специальное Т5К10; 391303 Сверло специальное комбинированное Т5К10; 393450 Нутромер НМ ГОСТ10-80.														
T 34															
35															
A 36	XX XX XX 025 4110 Токарная														
Б 37	381101 Токарный СЛ 1500 3 18217 312 1Р 1 1 1 1200 1 1,51														
О 38	Растачивать Установ А: пов. 26, 28, 29 в размер $\phi 19_{+0,004}$; $75_{+0,07}$; Установ Б: пов. 33, 35, 36 в размер														
О 39	$\phi 19_{+0,004}$; $75_{+0,07}$.														
T 40	396171 Патрон поводковый ГОСТ 2571-71; 392101 Резец расточной ОСТ 2И10.1-83 Т30К4;														
T 41	393450 Нутромер НМ ГОСТ10-80.														
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	4121 Сверлильная											
Б 70	381213 Сверлильный GHD-55PFA					3	15292	312	1P	1	1	1	1200	1		1,0
О 71	Сверлить пов. 34, 27 в размер $\phi 5^{+0,040}$, $50^{+0,040}$, $110^{+0,040}$															
Т 72	396131 Тиски самоцентрирующие ГОСТ 12195-66; 391267 Сверло $\phi 5$ ГОСТ10903-77 Р6М5;															
Т 73	393450 Нутромер НМ ГОСТ10-80.															
74																
А 75	XX	XX	XX	035	4181 Протяжная											
Б 76	381751 Горизонтально-протяжнойН30-660					3	16458	312	1P	1	1	1	1200	1		1,52
О 77	Протягивать пов. 30, 31, 32 в размер $\phi 11^{+0,010}$, $\phi 14^{+0,011}$, $3^{+0,04}$															
Т 78	396171 Приспособление специальное; 392302 Протяжка специальная Р18; 393610 Шаблон.															
79																
А 80	XX	XX	XX	040	4153 Зубофрезерная											
Б 81	381572 Зубофрезерный YBS3112					3	12287	312	1P	1	1	1	1200	1		1,77
О 82	Фрезеровать пов. 13, 14 в размер 10-й степени точности															
Т 83	396110 Патрон поводковый ГОСТ 2571-71; 391814 Фреза червячная $\phi 90$ ГОСТ9324-80 Р18; 393610 Шаблон.															
84																
А 85	XX	XX	XX	045	4162 Зубофасочная											
Б 86	381574 Зубофасочный ВС-500					3	12287	312	1P	1	1	1	1200	1		1,5
О 87	Обработать в размер $15^{\circ} \pm 30'$															
Т 88	396171 Патрон цанговый специальный; 391810 Фреза Р6М5 специальная; 393610 Шаблон.															
89																
А 90	XX	XX	XX	050	4157 Зубошевнговальная											
Б 91	381574 Зубошевнговальный ZS 150					3	12287	312	1P	1	1	1	1200	1		1,72
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
0 94	<i>Шевинговать пов. 13 в размер 8-й степени точности</i>														
T 95	<i>396171 Патрон цанговый специальный; 391810 Шейвер дисковый $\phi 180$ ГОСТ8570-75 Р18; 393610 Шаблон.</i>														
96															
A 97	<i>XX XX XX 055 Термическая</i>														
98															
A 99	<i>XX XX XX 060 4142 Центрошлифовальная</i>														
Б 100	<i>381317 Центрошлифовальный ZSM 5100 3 18873 312 1P 1 1 1 1200 1 0,98</i>														
0 101	<i>Шлифовать поверхности: пов. 2, 24 в размер $\phi 19^{+0,033}$</i>														
T 102	<i>396171 Тиски самоцентрирующие специальные; 397120 Круг шлифовальный АГК ГОСТ2447-82; 393610</i>														
T 103	<i>Шаблон.</i>														
104															
A 105	<i>XX XX XX 065 4130 Торцекруглошлифовальная</i>														
Б 106	<i>381311 Торцекруглошлифовальный GA3535 3 18873 312 1P 1 1 1 1200 1 1,2</i>														
0 107	<i>Шлифовать: Установ А, пов. 4, 5 в размер $\phi 25,433_{0,033}$; $128,8^{+0,034}$; Установ Б пов. 21, 22 в размер.</i>														
0 108	<i>$\phi 25,433_{0,033}$; $128,8^{+0,034}$</i>														
T 109	<i>396171 Патрон цанговый специальный; 39810 Круг шлифовальный; 394300 Скоба рычажная.</i>														
110															
A 111	<i>XX XX XX 070 4131 Шлифовальная</i>														
Б 112	<i>381311 Круглошлифовальный GUN-3540CNC 3 18873 312 1P 1 1 1 1200 1 1,45</i>														
0 113	<i>Шлифовать поверхность 12 в размер $\phi 74_{0,1}$.</i>														
T 114	<i>396171 Патрон цанговый специальный; 39810 Круг шлифовальный; 394300 Скоба рычажная</i>														
115															
A 116	<i>XX XX XX 075 4130 Торцекруглошлифовальная</i>														
МК															

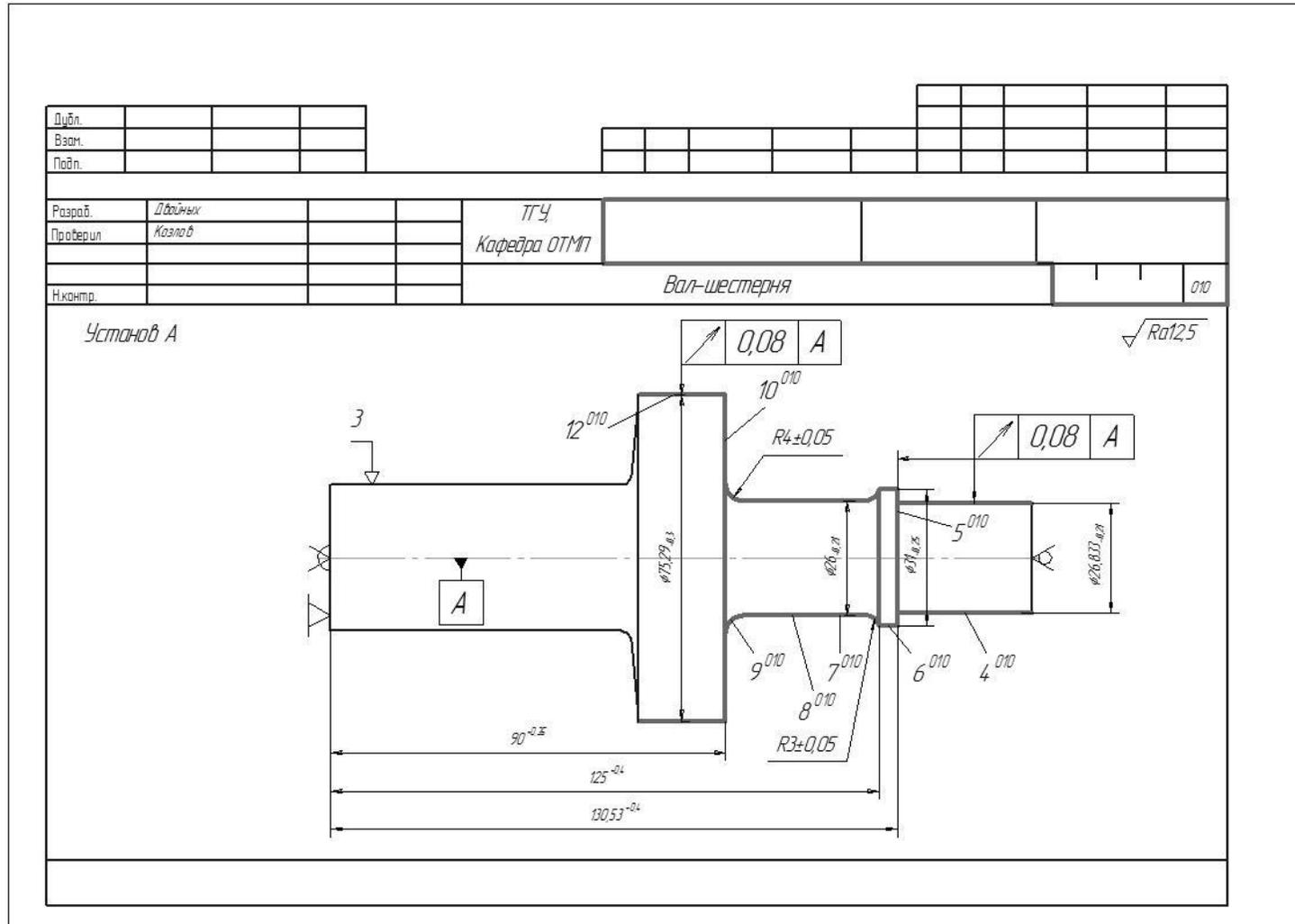
Продолжение Приложения А

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	Тпоз
Б 94	381311 Торцевкруглошлифовальный GA3535 3 18873 312 1P 1 1 1 1200 1 1,44															
О 95	Шлифовать: Установ А пов. 4, 5 в размер $\phi 25,076_{-0,013}^{+0,022}$; Установ Б пов. 21, 22 в размер.															
О 96	$\phi 25,433_{-0,033}^{+0,034}$; 128,77															
Т 97	396171 Патрон цанговый специальный; 39810 Круг шлифовальный; 394300 Скоба рычажная.															
98																
А 99	XX XX XX 080 4151 Зубшлифовальная															
Б 100	381562 Зубшлифовальный YK7332A 3 12287 312 1P 1 1 1 1200 1 1,62															
О 101	Шлифовать пов. 13 в размер 7-й степени точности															
Т 102	3396171 Патрон цанговый специальный; 391810 Круг шлифовальный; 393610 Шаблон															
103																
А 104	XX XX XX 085 4131 Шлифовальная															
Б 105	381311 Круглошлифовальный GUN-3540CNC 3 18873 312 1P 1 1 1 1200 1 1,6															
О 106	Шлифовать: Установ А пов. 4 в размер $\phi 25_{-0,002}^{+0,011}$; Установ Б пов. 22 в размер $\phi 25_{-0,002}^{+0,011}$.															
Т 107	396171 Патрон цанговый специальный; 39810 Круг шлифовальный; 394300 Скоба рычажная															
108																
А 109	XX XX XX 090 4191 Полировальная															
Б 110	381337 Полировальный KSP 100 3 18873 312 1P 1 1 1 1200 1 1,18															
О 111	Полировать: Установ А пов. 4; Установ Б пов. 22.															
Т 112	396171 Патрон цанговый специальный; 39810 Круг шлифовальный.															
113																
А 114	XX XX XX 095 Моечная															
115																
А 116	XX XX XX 100 Контрольная															
МК																

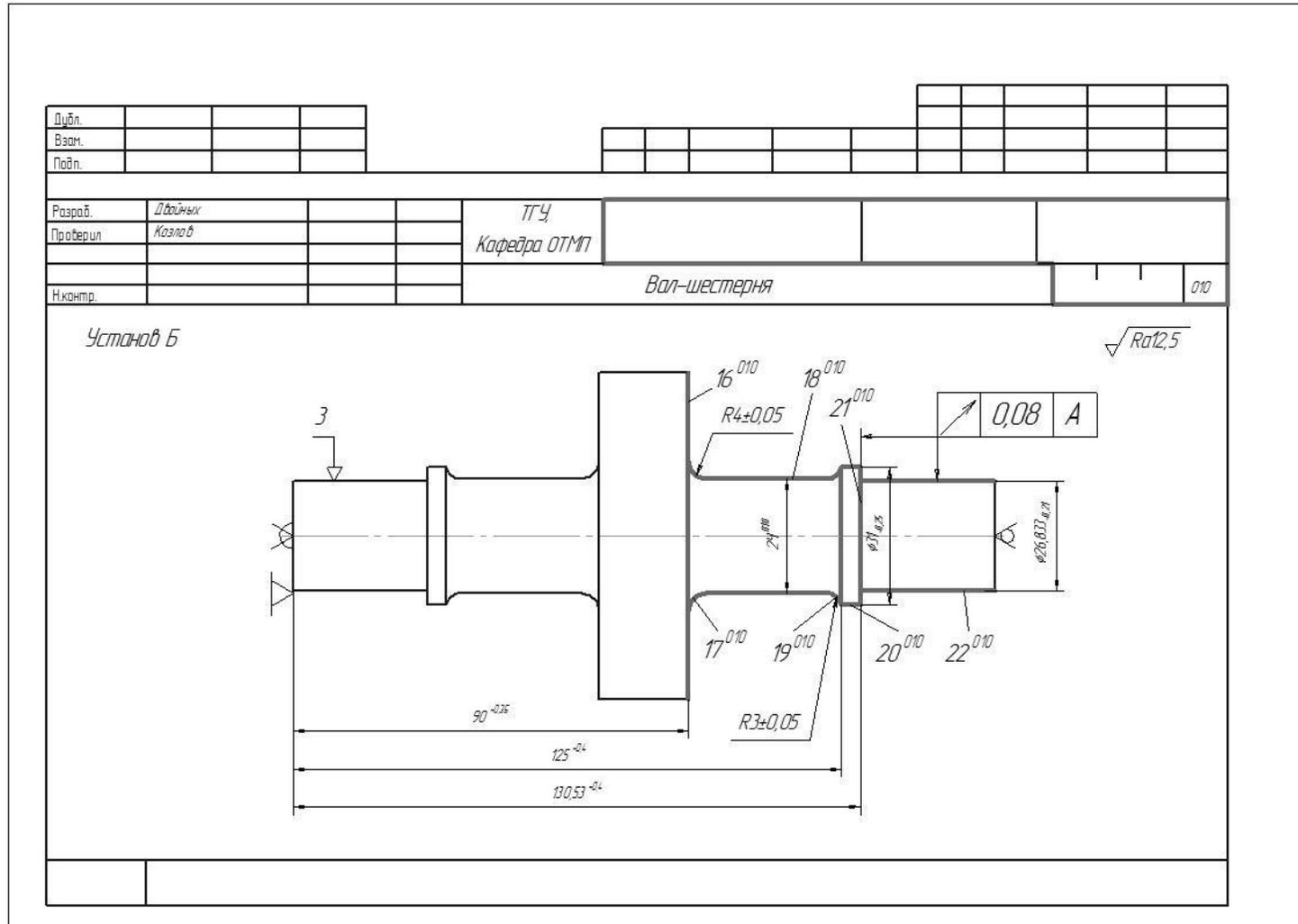
Продолжение Приложения А

Продолжение таблицы А.1



Продолжение Приложения А

Продолжение таблицы А.1



Продолжение Приложения А

Продолжение таблицы А.1

ГОСТ 2118-82										Форм 1			
Дубл.													
Взам.													
Подп.													
Разраб.	Двайных			ТГУ									
Проверил	Козлов			Кафедра ОТМП									
Н.контр.				Вал-шестерня						Цех	Уч.	Р.М.	Опер.
Наименование операции		Материал		Твердость	ЕВ	МД	Профиль и размеры			МВ	КОИД		
Токарная		Сталь 20Х ГОСТ 4543-71		НВ 170	166	0,83	Ø77х162,4			1,8	1		
Оборудование, устройства ЧПУ		Обозначение программы		то	тЪ	Тто	тип	СОЖ					
С. 1500				0,76			0,95	Ужиднал-1					
		пи	о или в	L	t	i	s	п	v				
от	1. Установить заготовку												
Т.от	396171 Патрон 3-х кулачковый ГОСТ 2675-73; 392101 Резец контурный ОСТ 2110.1-83 Т5К10;												
Т.от	393311 Штангенциркуль ШЦ-1 ГОСТ 160-80.												
О.от	2. Точить последовательно поверхности и торцы: пов. 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12 выдерживая размеры												
Р.от	согласно эскиза.												
Р.от		1			2,0		0,3	630	146				
от	3. Переустановить заготовку												
О.от	4. Точить последовательно поверхности и торцы: пов. 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22 выдерживая размеры												
О.от	согласно эскиза.												
Р.от		1			2,0		0,3	630	146				

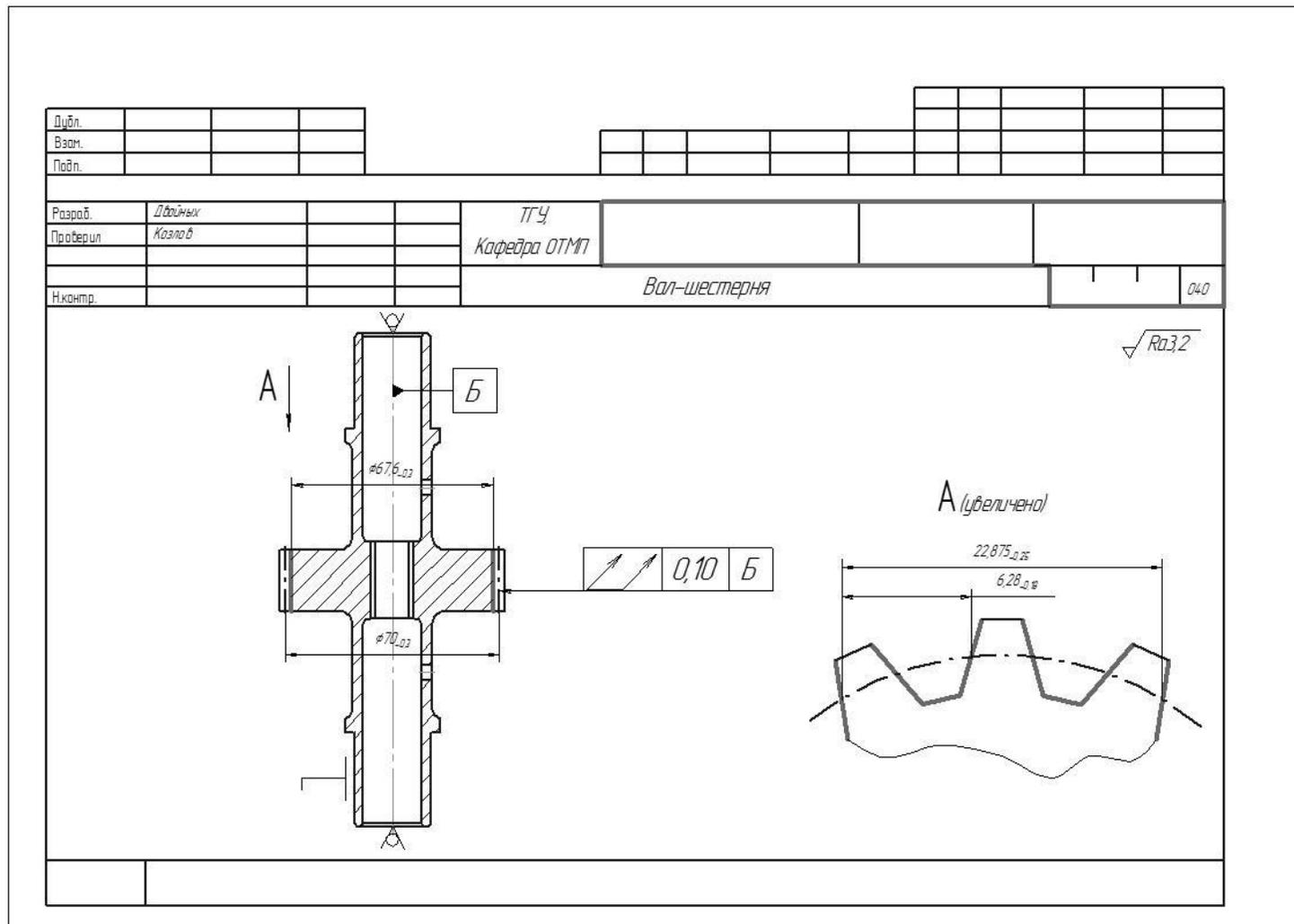
Продолжение Приложения А

Продолжение таблицы А.1

ГОСТ 2118-82										Форма 1			
Дубл.													
Взам.													
Подп.													
Разраб.	Двайных			ТГУ									
Проверил	Козлов			Кафедра ОТМП									
Н.контр.				Вал-шестерня						Цех	Уч.	Р.М.	Опер.
Наименование операции		Материал		Твердость	EB	MD	Профиль и размеры			MB	КОИД		
Токарная		Сталь 20Х ГОСТ 4543-71		HB 170	166	0,83	Ø77x162,4			1,8	1		
Оборудование, устройства ЧПУ		Обозначение программы		то	тв	тгв	тип	слож					
С. 1500				117			197	Ужиднал-1					
			пи	д или в	L	t	i	s	п	v			
Т _н	5. Открепить, снять деталь с приспособления, уложить на тележку.												
12													
13													
14													
15													
16													
17													
18													
19													
20													

Продолжение Приложения А

Продолжение таблицы А.1



Продолжение Приложения А

Продолжение таблицы А.1

ГОСТ 3118-82										
Дубл.										
Взам.										
Подп.										
Разраб.		Львиных		ТГУ						
Проверил		Козлов		Кафедра ОТМП						
Исполн.				Вал-шестерня				Цех	Уч.	Р.М.
Н.контр.									Опер.	040
Наименование операции		Материал		Твердость	ЕВ	МД	Профиль и размеры		МВ	КОИД
Зубофрезерная		Сталь 20Х ГОСТ 4543-71		НВ 170	166	0,83	#77х162,4		18	1
Оборудование, устройство ЧПУ		Обозначение программы		то	тв	тне	тип	сож		
YBS3112				0,97			1,77	Угломол-1		
		пи	о или в	L	f	i	s	p	v	
01	1. Установить заготовку									
Т.ф.	396110 Патрон поводковый ГОСТ 2571-71; 391814 Фреза червячная Ø90 ГОСТ 9324-80 Р18; 393610 Шаблон.									
0.03	2. Фрезеровать пов. 13, 14 выдерживая размеры согласно эскиза.									
Р.04	1		4,4		2,5		250			40
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	Перв. примен.			
									Формат	Зона	Лист	
						<u>Документация</u>						
					A1	24.БР.ОТМП.157.65.00.000СБ	Сборочный чертеж					
						<u>Детали</u>						
				A3	1	24.БР.ОТМП.157.65.00.001	Призма	4				
				A4	2	24.БР.ОТМП.157.65.00.002	Ползушка	2				
				A4	3	24.БР.ОТМП.157.65.00.003	Рычаг	3				
				A4	4	24.БР.ОТМП.157.65.00.004	Ось	2				
				A2	5	24.БР.ОТМП.157.65.00.005	Толкатель	1				
				A3	6	24.БР.ОТМП.157.65.00.006	Корпус	1				
				A3	7	24.БР.ОТМП.157.65.00.007	Корпус пневмоцилиндра	1				
				A4	8	24.БР.ОТМП.157.65.00.008	Шток	1				
				A3	9	24.БР.ОТМП.157.65.00.009	Поршень	1				
				A2	10	24.БР.ОТМП.157.65.00.010	Крышка	1				
				A3	11	24.БР.ОТМП.157.65.00.011	Крышка	2				
				A3	12	24.БР.ОТМП.157.65.00.012	Крышка	1				
				A4	13	24.БР.ОТМП.157.65.00.013	Штырь	1				
							<u>Стандартные изделия</u>					
					14		Манжета ГОСТ 6967-60	1				
					15		Манжета ГОСТ 6967-60	1				
					16		Винт М5х20 ГОСТ 11871-78	4				
					24.БР.ОТМП.157.65.00.000							
					Приспособление станочное				Лит. 1 Лист 2			
					ТГУ, ИМ зр. ТМдп-1901ас							
					Копировал				Формат А4			

