

Аннотация

Работа посвящена проектированию одного из вариантов технологии изготовления конического вала-шестерни привода автоматической линии.

Структура работы: пояснительная записка в объеме 65 страниц и графическая часть в объеме 7 листов формата А1.

«Цель выпускной квалификационной работы разработать такую технологию изготовления конического вала-шестерни привода автоматической линии, которая обеспечит минимальную стоимость в заданных производственных условиях» [9] и требуемое качество изготовления.

Пояснительная записка содержит введение, пять основных разделов, заключение и приложения. Во введении обосновывается необходимость выполнения работы и формулируется ее цель. В основных разделах рассматриваются основные вопросы проектирования. В первом разделе анализируются имеющиеся данные по детали и особенностям производства. Результатом его выполнения являются задачи работы. Во втором разделе проектируется технология изготовления детали. Данная задача решается путем выбора и проектирования заготовки, разработки «плана изготовления, выбора технических средств оснащения, определения режимов и нормирования операций. В третьем разделе решаются задачи по совершенствованию технологии. Для этого производится проектирование трехкулачкового патрона и специального сверла. В четвертом разделе принятые решения проверяются на соответствие требованиям безопасности и экологичности. В пятом разделе оцениваются экономические показатели» [9] технологии и результатов ее совершенствования. В заключении делаются общие выводы по результатам работы и заключение о достижении ее цели. Приложения содержат всю необходимую конструкторско-технологическую документацию, необходимую в соответствии с требованиями проектирования единой системы технологической подготовки производства.

Содержание

Введение.....	4
1 Исходные данные и их анализ	5
1.1 Назначение и условия работы детали	5
1.2 Оценка технологичности детали	6
1.3 Анализ параметров типа производства.....	8
1.4 Постановка задач работы.....	10
2 Технологическая часть	11
2.1 Проектирование заготовки.....	11
2.2 Разработка плана изготовления	19
2.3 Технические средства оснащения	21
2.4 Определение режимов резания и нормирование	24
3 Разработка специальных технических средств оснащения.....	28
3.1 Разработка трехкулачкового патрона.....	28
3.2 Разработка сверла.....	33
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 используемой литературы и используемых источников.....	48
Приложение А Технологическая документация.....	52
Приложение Б Спецификации к сборочным чертежам	63

Введение

Механическая обработка занимает более сорока процентов от общего объема затрат времени при производстве изделий машиностроения. Это объясняется тем, что в большинстве случаев для получения требуемых параметров точности размеров и качества поверхностного слоя обработка резанием является единственно возможным методом. Один из вариантов осуществления механической обработки заключается в использовании автоматических линий. Их применение позволяет обеспечить выполнение операций со строго заданным тактом выпуска, что особенно актуально в условиях поточного массового и крупносерийного типов производства. Автоматические линии позволяют существенно увеличить производительность обработки, но при этом имеют сложную конструкцию.

Все детали входящие в состав автоматических линий имеют жесткие требования к точности изготовления размеров и качеству поверхностного слоя. Рассматриваемый в работе конический вал-шестерня не является исключением. В процессе проектирования технологии изготовления вала-шестерни особое внимание следует уделить именно обеспечению данных параметров. Выполнение этого требования возможно путем применения соответствующих методов обработки и технических средств их реализующих. При этом следует обратить внимание на тип производства, в условиях которого производится изготовление детали. От этого зависит, какие методы обработки и технические средства их реализующие наиболее эффективны. Оптимальным критерием эффективности спроектированной технологии является минимальная цена полученной детали.

Из приведенных рассуждений следует, что цель выпускной квалификационной работы разработать такую технологию изготовления конического вала-шестерни привода автоматической линии, которая обеспечит минимальную стоимость в заданных производственных условиях и требуемое качество изготовления.

1 Исходные данные и их анализ

1.1 Назначение и условия работы детали

Конический вал-шестерня входит в состав привода автоматической линии отвечающего за обеспечение движения резания. Служебное назначение детали заключается в передаче и изменении величины крутящего момента. При этом направление момента изменяется на 90 градусов. Для выполнения служебного назначения используются боковые эвольвентные поверхности конической шестерни, выполненной заодно с валом и боковые поверхности шлиц. Деталь ориентируется в корпусе через подшипники, устанавливающиеся на шейки. Сложность общей компоновки привода, а также требование по компактности исполнения привели к необходимости применения в конструкции детали большого количества поверхностей и повышению их точности.

Эксплуатационные условия определяются служебным назначением детали и конструкцией узла. Внешние климатические факторы не оказывают влияния на условия работы детали, так как автоматическая линия работает в производственном помещении. Влияние факторов, возникающих под воздействием производственных условий также минимально, так как вал-шестерня работает в закрытом корпусе в условиях хорошей смазки. Следовательно, попадание на деталь стружки, смазочно-охлаждающей жидкости, производственной пыли и тому подобных веществ исключено.

Из негативных факторов, оказывающих воздействие на втулку следует отметить повышенную температуру и вибрации. Температура возникает в процессе резания и при ненадлежащих условиях охлаждения зоны резания может привести к изменению геометрии детали и ее разрушению под действием рабочих нагрузок. Вибрации могут возникать как в процессе обработки, так и под действием других машин и механизмов, которые эксплуатируются в цеху. Воздействие вибраций может привести к

разбалансировке вращающихся деталей привода и как следствие этого повреждению контактирующих с ними поверхностей вала-шестерни. Наиболее опасно влияние вибраций на ответственные точные поверхности.

1.2 Оценка технологичности детали

Оценим технологичность материала детали. «Материал вала-шестерни сталь 20ХГНР ГОСТ 4543-71. Химический состав: углерод от 0,16% до 0,23%, хром от 0,7% до 1,1%, никель от 0,8% до 1,1%, марганец от 0,7% до 1,0%, кремний до 0,17% до 0,37%, медь 0,3%, сера 0,035%, фосфор 0,035%, бор 0,001-0,005%, титан 0,06%. Основные физико-механические свойства: предел прочности на растяжение 490 МПа, твердость по шкале Бринелля от 146 до 174 единиц» [24]. Таким образом, материал следует признать технологичным.

Оценим на технологичность конструкцию детали. Технологичность поверхностей детали определяется их формой, параметрами точности, шероховатости, соответствием служебному назначению. Решение задачи определения технологичности поверхностей выполняется на основе их классификации (таблица 1), для проведения которой выполняется нумерация поверхностей (рисунок 1).

Таблица 1 – Классификация поверхностей

Вид поверхности	Номер поверхности
Основные конструкторские базы	4, 19, 23
Вспомогательные конструкторские базы	25, 26, 27, 30, 35, 41
Исполнительные поверхности	12, 47
Свободные поверхности	все оставшиеся

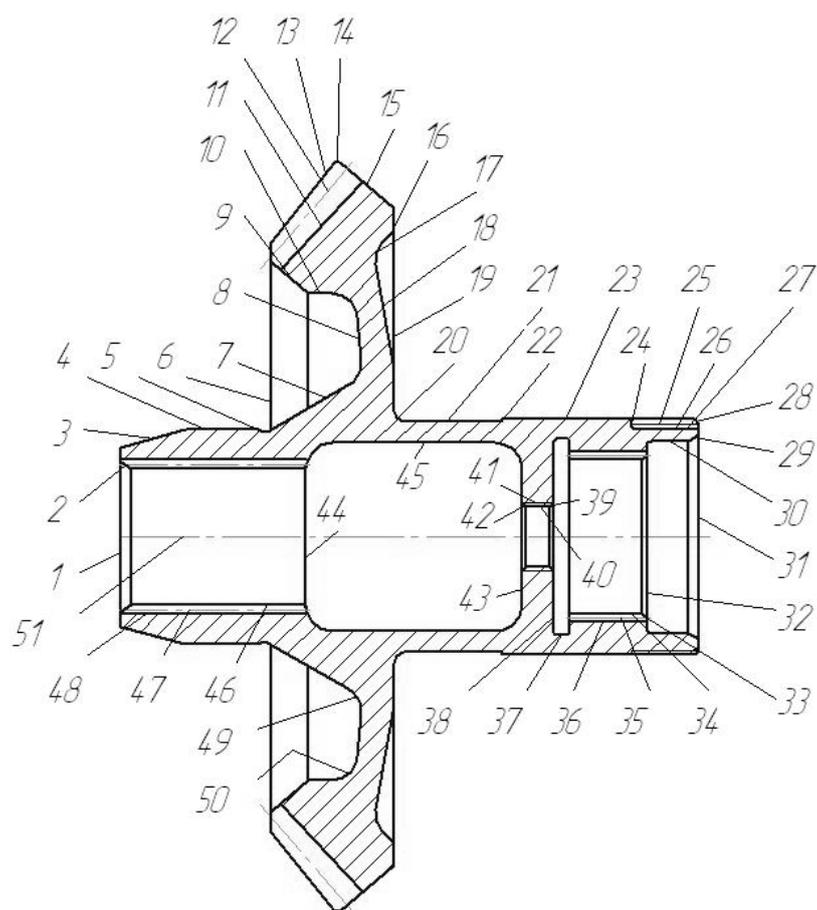


Рисунок 1 – Эскиз детали

По результатам классификации можно сделать вывод, что все поверхности отвечают параметрам формы, точности, шероховатости и служебному назначению. Таким образом, для их получения не требуется применения специальных методов обработки и средств технического оснащения. При этом, «количество точных ответственных поверхностей не значительное. Таким образом, конструкцию детали следует признать технологичной» [9].

«Далее анализируем технологичность изготовления. Реализация предполагаемых методов обработки возможна на стандартном технологическом оборудовании с применением стандартных и универсальных средств технологического оснащения» [1]. В качестве технологического оборудования в данном случае возможно применение

современных станков с числовым программным управлением. Применение стандартизированной и универсальной технологической оснастки позволит для закрепления заготовок на технологических операциях применить и реализовать типовые схемы базирования с соблюдением основных принципов базирования. При этом в качестве баз будут использованы как естественные базы, то есть реальные поверхности детали, так и искусственные базы, то есть специально выполненные для целей базирования поверхности. Все это позволит существенно упростить организацию производства, обеспечить его гибкость и удешевить сам процесс. Таким образом, процесс изготовления детали следует признать технологичным.

Анализ показал, что рассматриваемая деталь обладает хорошими показателями технологичности. Следовательно, при разработке технологии ее изготовления следует использовать типовые технологические решения с учетом выявленных в ходе проведения анализа технологичности особенностей.

1.3 Анализ параметров типа производства

«Проведем анализ типа производства, в условиях которого предполагается изготавливать данную деталь» [1]. «Определяем тип производства. Годовая программа выпуска деталей составляет 3000 штук в год, масса детали 14,46 кг, следовательно, тип производства среднесерийный» [7].

«Среднесерийный тип производства имеет следующие параметры» [7].

«Проектирование технологии изготовления производится на основе последовательной стратегии с применением типовых технологических процессов. Следует учитывать, что детали должны изготавливаться партиями» [7] в условиях непоточной организации производственного процесса на специализированных рабочих местах.

Метод получения заготовки должен обеспечить наименьшие затраты на механическую обработку. Для этого необходимо, чтобы заготовка была максимально приближена по форме к готовой детали и имела оптимальные припуски и напуски. Выполнение данного требования необходимо, чтобы маршруты обработки обеспечивали минимальные приведенных затрат на получение поверхностей. «Для точных и ответственных поверхностей используется метод определения припуска» [10] расчетным способом, для неотчетственных поверхностей с низкими показателями точности используется табличный способ.

Проектирование операций технологического процесса основано на обеспечении максимальной концентрации переходов. Предпочтение следует отдавать экстенсивной концентрации, но возможно и применение интенсивной концентрации. Точность обработки достигается путем применения различных методов «настройка оборудования на заданный размер. Выбор метода выполняется в зависимости от требуемой точности обработки» [10]. В связи с этим при проектировании операций особое внимание следует уделять соблюдению принципов теории базирования, что позволит исключить дополнительные погрешности при обработке и как следствие этого снизить припуски на обработку. Определение режимов выполнения операций и их нормирование производится на основе расчетно-аналитического метода с применением упрощенных методик и статистических данных.

Тип технологического оборудования определяется исходя из требуемого метода обработки, характеристик заготовки, режимов резания и необходимой производительности процесса. Рекомендуется отдавать предпочтение универсальному оборудованию, а также оснащённому устройствами программного управления. В случае необходимости реализации методов обработки со сложными формообразующими движениями возможно применение специализированного оборудования.

Станочные приспособления выбираются исходя из схемы базирования принятой на операции, формы и размеров базовых поверхностей. Рекомендуется отдавать предпочтение универсальным станочным приспособлениям, имеющим возможность быстрой переналадки на выпуск новой детали и механизированный привод закрепления. В случае невозможности реализации требуемой схемы базирования стандартными приспособлениями допускается применение специальных приспособлений.

1.4 Постановка задач работы

«По результатам анализа назначения и условий работы детали, оценки технологичности детали и анализа параметров типа производства сформулируем основные задачи данной работы» [9].

«На первом этапе необходимо спроектировать технологию изготовления детали. Данная задача решается путем выбора и проектирования заготовки, разработки плана изготовления, определения требуемых технических средств оснащения, определения режимов выполнения операций и их нормирования» [9].

Далее необходимо решить задачи по совершенствованию технологии. Для решения данной задачи необходимо произвести проектирование специального станочного приспособления и режущего инструмента.

Затем принятые проектные решения необходимо проверить на соответствие требованиям по безопасности и экологичности их выполнения.

В заключении необходимо оценить экономические показатели технологии и результатов ее совершенствования.

В данном разделе анализируются имеющиеся данные по детали, ее технологичности и особенностям типа производства, в условиях которого предполагается изготавливать деталь. Результатом выполнения данного раздела являются задачи работы.

2 Технологическая часть

2.1 Проектирование заготовки

В ходе анализа детали на технологичность было установлено, что особенностью материала являются его хорошие пластичные свойства, что делает возможным применение для получения заготовки методов штамповки. «Наиболее подходящими в данном случае являются методы штамповкой на горизонтально-ковочной машине и штамповкой на кривошипном горячештамповочном прессе» [5]. «Выбор метода получения заготовки производится по методике» [15].

«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» [15].

«Примем номер получения заготовки варианта 1 для получения заготовки на горизонтально-ковочной машине, номер варианта 2 для получения заготовки на кривошипном горячештамповочном прессе» [15].

«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» [15].

«Масса заготовки рассчитывается по формуле:

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

где M_d – масса детали, кг;

K_p – коэффициент формы и способа штамповки» [15].

«Рассчитываем массу заготовок, получаемых различными методами штамповки.

$$M_{z1} = 14,46 \cdot 1,8 = 26,03 \text{ кг.}$$

$$M_{z2} = 14,46 \cdot 1,9 = 27,48 \text{ кг} \gg [15].$$

«По формуле (2) рассчитываем стоимость заготовок, получаемых различными методами штамповки.

$$C_{z1} = \frac{32000 \cdot 26,03}{1000} \cdot 1,0 \cdot 0,82 \cdot 1,0 = 683,03 \text{ р.}$$

$$C_{z2} = \frac{32000 \cdot 27,48}{1000} \cdot 1,2 \cdot 0,82 \cdot 1,0 = 865,29 \text{ р.} \gg [15]$$

«Стоимость механической обработки определяется по формуле:

$$C_{обри} = \frac{C_{уд} \cdot \left(\frac{1}{K_{имi}} - 1\right) \cdot M_d}{K_0}, \quad (4)$$

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

$K_{имi}$ – коэффициент использования материала;

K_0 – коэффициент обрабатываемости материала» [15].

«Коэффициент использования материала определяется по формуле:

$$K_{имi} = \frac{M_d}{M_{zi}}. \quad (5) \gg [15]$$

$$\ll K_{им1} = \frac{14,46}{26,03} = 0,56.$$

$$K_{им2} = \frac{14,46}{27,48} = 0,53 \gg [15].$$

«По формуле (5) рассчитываем стоимость механической обработки.

$$C_{\text{обр}1} = \frac{42 \cdot \left(\frac{1}{0,56} - 1\right) \cdot 14,46}{0,8} = 596,48 \text{ р.}$$

$$C_{\text{обр}2} = \frac{42 \cdot \left(\frac{1}{0,53} - 1\right) \cdot 14,46}{0,8} = 673,21 \text{ р.} \text{» [15]}$$

«По формуле (1) рассчитываем общие затраты.

$$C_1 = 683,03 + 596,48 = 1279,51 \text{ р.}$$

$$C_2 = 865,29 + 673,21 = 1538,50 \text{ р.} \text{» [15]}$$

«Метод получения заготовки на горизонтально-ковочной машине более выгоден. Принимаем его для проведения дальнейших расчетов и проектирования заготовки» [15].

В условиях среднесерийного типа производства необходимо, чтобы заготовка была максимально приближена по форме к готовой детали и имела оптимальные припуски и напуски. Для выполнения данного требования маршруты обработки должны обеспечивать минимальные приведенных затрат на получение поверхностей [13]. При этом принятые маршруты обработки должны соответствовать требуемой точности, шероховатости и форме поверхностей. «В таблице 1 приведены результаты определения маршрутов обработки поверхностей» [19].

Таблица 1 – Маршруты обработки поверхностей

Номер поверхности	Точность	Шероховатость, мкм	Маршрут обработки
1, 24, 31, 24, 26, 27	12	12,5	«фрезерование, термическая обработка» [19]
2, 29	9	3,2	«сверление, термическая обработка, шлифование» [19]
3, 6, 7, 8, 9, 10, 14, 15, 16, 17, 18, 20, 21, 22, 30, 32, 43, 44, 49, 50	12	12,5	«точение, термическая обработка» [19]
4, 23	6	0,63	«точение, точение чистовое, термическая обработка, шлифование, шлифование чистовое» [19]
5, 28, 33, 37, 38, 39, 42	12	12,5	«точение чистовое, термическая обработка» [19]

Продолжение таблицы 1

Номер поверхности	Точность	Шероховатость, мкм	Маршрут обработки
11	10	6,3	«зубострогание, термическая обработка» [19]
12	8	2,5	«зубострогание, зубострогание чистовое, термическая обработка» [19]
13	10	6,3	«точение, точение чистовое, термическая обработка» [19]
19	12	12,5	«точение, точение чистовое, термическая обработка, шлифование» [19]
25, 41	10	6,3	«нарезание резьбы, термическая обработка» [19]
34, 46	7	2,5	«сверление, точение чистовое, термическая обработка, шлифование» [19]
35, 47	9	3,2	«долбление, термическая обработка» [19]
36, 48	12	12,5	«долбление, термическая обработка» [19]
40	10	6,3	«сверление, точение чистовое, термическая обработка» [19]
45	12	12,5	«сверление, точение, термическая обработка» [19]

В зависимости от требуемой точности обработки определяются припуски на обработку. Для точных и ответственных поверхностей используется метод определения припуска расчетным способом, для неотчетственных поверхностей с низкими показателями точности используется табличный способ.

Исходя из этого припуски на обработку поверхности диаметром $50k6\begin{matrix} +0.018 \\ +0.002 \end{matrix}$ мм определяются расчетно-аналитическим методом [18].

«Минимальный припуск рассчитывается 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» [18].

«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» [18].

«Средний припуск рассчитывается по формуле:

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

«Результаты проведения расчетов припусков.

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

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

$$z_{3 \min} = a_{T_0} + \sqrt{\Delta_{T_0}^2 + \varepsilon_3^2} = 0,025 + \sqrt{0,040^2 + 0,012^2} = 0,292 \text{ мм.}$$

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

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

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

$$\begin{aligned} z_{3 \max} &= z_{3 \min} + 0,5 \cdot (Td_{T_0} + Td_3) = 0,292 + 0,5 \cdot (0,16 + 0,10) = \\ &= 0,422 \text{ мм.} \end{aligned}$$

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

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

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

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

$$z_{cp4} = 0,5 \cdot (z_{4max} + z_{4min}) = 0,5 \cdot (0,094 + 0,066) = 0,080 \text{ мм} \gg [18].$$

«Минимальный диаметр рассчитывается по формуле:

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

«Минимальный диаметр на переходе, предшествующем термическому рассчитывается по формуле:

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

«Максимальный диаметр рассчитывается по формуле:

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

«Средний диаметр рассчитывается по формуле:

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

«Ниже приведены результаты проведения расчетов.

$$d_{4min} = 50,002 \text{ мм.}$$

$$d_{4max} = 50,018 \text{ мм.}$$

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

«Общий минимальный припуск рассчитывается по формуле:

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

«Общий максимальный припуск рассчитывается по формуле:

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

«Общий средний припуск рассчитывается по формуле:

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

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

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

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

Для оставшихся менее ответственных поверхностей с низкими показателями точности используется табличный способ [22]. В соответствии

с ним минимальный припуск принимается по справочным данным [22].

«Максимальный припуск рассчитывается:

$$z_{i \max} = z_{i \min} + 0,5 \cdot (Td_{i-1} + Td_i). \quad (15)» [22]$$

«В таблице 2 приведены результаты определения припусков на обработку поверхностей» [9].

Таблица 2 – Результаты определения припусков

Поверхность	Номер перехода	Минимальный припуск, мм	Максимальный припуск, мм	Средний припуск, мм
1, 31	1	2,0	4,0	3,0
13	1	2,1	4,3	3,2
	2	0,15	0,43	0,29
19	1	2,5	4,25	3,375
	2	1,0	1,21	1,105
	3	0,5	0,583	0,542
23	1	1,3	3,05	2,175
	2	0,15	0,36	0,255
	3	0,2	0,373	0,287
	4	0,03	0,063	0,047
34	1	0,8	1,05	0,925
	2	0,5	0,675	0,588
	3	0,25	0,32	0,285
46	1	0,8	1,05	0,925
	2	0,5	0,675	0,588
	3	0,25	0,32	0,285
12	1	0,6	1,05	0,825
	2	0,18	0,32	0,25

«Определяем характеристики заготовки:

- класс точности получения заготовки Т4,
- группа материала М2,
- степень сложности С2,
- исходный индекс И15» [3].

«По данным характеристикам назначаются допуски на выполнение размеров заготовки» [3].

«Определяем напуски:

- наружные штамповочные уклоны 5° ,
- внутренние штамповочные уклоны 7° ,
- радиусы скруглений 3 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 1,5 мм,
- плоскостность торцовых поверхностей не более 1,0 мм» [3].

«Спроектированная заготовка и технические требования на ее выполнение представлены в графической части работы» [9].

2.2 Разработка плана изготовления

«Проектирование плана изготовления производится на основе последовательной стратегии с применением типовых технологических процессов» [21].

«План изготовления должен содержать визуализированные сведения о маршруте обработки детали в виде эскизов операций с указанием на них обрабатываемых поверхностей, операционных размеров» [16], допусков на их выполнение и схем базирования.

Основой для формирования маршрута обработки детали являются типовые технологические процессы изготовления деталей данного класса [21], а также результаты выбора методов обработки поверхностей, рассмотренных при проектировании заготовки на этапе определения припусков на обработку.

В таблице 3 приведен сформированный маршрут обработки.

Таблица 3 – Маршрут обработки

Операция	Метод обработки	Номера поверхностей
005 Фрезерно-центровальная	«фрезерование сверление» [21]	1, 2, 29, 30 ,31
010 Токарная	«точение» [21]	15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23
015 Токарная	«точение» [21]	3, 4, 6, 7, 8, 9, 10, 13, 14
020 Токарная	«точение» [21]	30, 32, 34, 38, 40, 43, 44, 45, 46
025 Токарная	«точение» [21]	4, 13, 19, 23, 25, 28
030 Токарная	«точение» [21]	33, 34, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 46
035 Фрезерная	«фрезерование» [21]	24, 26, 27
040 Долбежная	«долбление» [21]	47, 48
045 Долбежная	«долбление» [21]	35, 36
050 Зубонарезная	«строгание зубьев» [21]	11, 12
055 Зубонарезная	«строгание зубьев» [21]	12
060 Термическая	«закалка, отпуск» [21]	все
065 Центрошлифовальная	«шлифование» [21]	2, 29
070 Круглошлифовальная	«шлифование» [21]	23
075 Круглошлифовальная	«шлифование» [21]	4
080 Внутришлифовальная	«шлифование» [21]	19, 34, 46
085 Круглошлифовальная	«шлифование» [21]	23
090 Круглошлифовальная	«шлифование» [21]	4
095 Моечная	«мойка» [21]	все
100 Контрольная	«контроль» [21]	все

При проектировании операций особое внимание следует уделять соблюдению принципа использования типовых схем базирования [16], так как они ориентированы на применение стандартных станочных приспособлений, погрешности которых достаточно легко определить. Кроме этого от принятых схем базирования зависит простановка операционных размеров.

Определение допусков на операционные размеры и технических требований на выполнение операций основано на статистических данных и вероятностных расчетах [16].

«План изготовления детали, спроектированный в соответствии с приведенными рекомендациями, представлен на листе графической части работы» [9].

2.3 Технические средства оснащения

Технологическое оборудование определяется исходя из требуемого метода обработки, характеристик заготовки, режимов резания и необходимой производительности процесса. Рекомендуется отдавать предпочтение универсальному оборудованию, а также оснащённому устройствами программного управления. В случае необходимости реализации методов обработки со сложными формообразующими движениями возможно применение специализированного оборудования. Выбор производим по данным [14], [23].

Выбор станочных приспособлений осуществляется исходя из схемы базирования принятой на операции, формы и размеров базовых поверхностей. Рекомендуется отдавать предпочтение универсальным станочным приспособлениям, имеющим возможность быстрой переналадки на выпуск новой детали и механизированный привод закрепления. В случае невозможности реализации требуемой схемы базирования стандартными приспособлениями допускается применение специальных приспособлений. Выбор производим по данным [8].

Режущий инструмент выбирается исходя из требуемого метода обработки, характеристик заготовки, режимов резания и особенностей формы обрабатываемых поверхностей. Выбор производим по данным [6].

Средства контроля выбираются исходя из особенностей формы контролируемых поверхностей, их расположения, точности и требований к визуализации результатов контроля. Выбор производим по данным [12].

В таблице 4 приведены данные по выбору технических средств оснащения.

Таблица 4 – Средства оснащения технологического процесса

Операция	Оборудование	Приспособление	Режущий инструмент	Средства контроля
005 Фрезерно-центровальная	«фрезерно-центровальный МР-71М» [23]	«тиски самоцентрирующие специальные, осевой упор» [8]	«фреза торцовая насадная ГОСТ 9473-80, сверло центровочное специальное, зенковка» [6]	«штангенциркуль ШЦ-II ГОСТ 160-80, калибр контроля центрового отверстия» [12]
010 Токарная	«токарно-винторезный 16К20Ф3» [14]	«патрон трехкулачковый специальный, центр вращающийся ГОСТ8742-75» [8]	«резец контурный ГОСТ 18879-73» [6]	«штангенциркуль ШЦ-II ГОСТ 160-80» [12]
015 Токарная	«токарно-винторезный 16К20Ф3» [14]	«патрон трехкулачковый специальный, центр вращающийся ГОСТ8742-75» [8]	«резец контурный ГОСТ 18879-73, резец расточной ГОСТ18879-73» [6]	«штангенциркуль ШЦ-II ГОСТ 160-80» [12]
020 Токарная	«токарно-винторезный 16К20Ф3» [14]	«патрон трехкулачковый специальный, центр вращающийся ГОСТ8742-75» [8]	«сверло ступенчатое, резец расточной ГОСТ 18879-73» [6]	«нутромер НМ-50 ГОСТ 160-80
025 Токарная	«токарно-винторезный 16К20Ф3» [14]	«патрон трехкулачковый ГОСТ24351-80, центр вращающийся ГОСТ8742-75» [8]	«резец контурный ГОСТ 18879-73, резец канавочный ГОСТ 18879-73, резец резьбовой ГОСТ 18879-73» [6]	«микрометр МК-50 ГОСТ 6507-78, резьбовой калибр» [12]
030 Токарная	«токарно-винторезный 16К20Ф3» [14]	«патрон трехкулачковый специальный, люнет» [8]	«резец расточной ГОСТ 18879-73» [6]	«нутромер НМ-50 ГОСТ 160-80, резьбовой калибр» [12]
035 Фрезерная	«вертикально-фрезерный 6Р10» [23]	«тиски самоцентрирующие, осевой упор» [8]	«фреза шпоночная ГОСТ 9308-69» [6]	«штангенциркуль ШЦ-I ГОСТ160-80, калибр» [12]
040 Долбежная	«долбежный 7А412» [23]	«патрон цанговый» [8]	«долбьяк ГОСТ 9323-79» [6]	«нутромер НМ-50 ГОСТ160-80, калибр» [12]
045 Долбежная	«долбежный 7А412» [23]	«патрон цанговый» [8]	«долбьяк ГОСТ 9323-79» [6]	«нутромер НМ-50 ГОСТ160-80» [12]

Продолжение таблицы 4

Операция	Оборудование	Приспособление	Режущий инструмент	Средства контроля
050 Зубонарезная	«зубонарезной 5С268» [23]	«патрон цанговый» [8]	«резцы зубострогальные ГОСТ 5392-80» [6]	«калибр» [12]
055 Зубонарезная	«зубонарезной 5С268» [23]	«патрон цанговый» [8]	«резцы зубострогальные ГОСТ 5392-80» [6]	«калибр» [12]
065 Центрошлифовальная	«центрошлифовальный 3921» [23]	«тиски самоцентрирующие, осевой упор» [8]	«головка алмазная АГК ГОСТ2447-82» [6]	«калибр» [12]
070 Круглошлифовальная	«круглошлифовальный 3М151» [23]	«патрон поводковый специальный, центр неподвижный ГОСТ8740-75» [8]	«круг шлифовальный 1-200×50×100 24А46М9V 30м/с1А ГОСТ 52781-2007» [6]	«скоба рычажная СР-80 ГОСТ160-80» [12]
075 Круглошлифовальная	«круглошлифовальный 3М151» [23]	«патрон поводковый специальный, центр неподвижный ГОСТ8740-75» [8]	«круг шлифовальный 1-200×50×100 24А46М9V 30м/с1А ГОСТ 52781-2007» [6]	«скоба рычажная СР-80 ГОСТ160-80» [12]
080 Внутришлифовальная	«внутришлифовальный 3К227В» [23]	«патрон поводковый специальный, центр неподвижный ГОСТ8740-75, люнет» [8]	«круг шлифовальный 1-32×40×10 23А46М7V5 30м/с1А ГОСТ 52781-2007, круг шлифовальный 11-32×40×10 23А46О6V8 30м/с1А» [6]	«калибр» [12]
085 Круглошлифовальная	«круглошлифовальный 3М151» [23]	«патрон поводковый специальный, центра неподвижные ГОСТ8740-75» [8]	«круг шлифовальный 1-200×50×100 25А60К7V 30м/с1А ГОСТ 52781-2007» [6]	«скоба рычажная СР-80 ГОСТ160-80» [12]
090 Круглошлифовальная	«круглошлифовальный 3М151» [23]	«патрон поводковый, центра ГОСТ8740-75» [8]	«круг шлифовальный 1-200×50×100 25А60К7V» [6]	«скоба рычажная СР-80 ГОСТ160-80» [12]

Продолжение таблицы 4

Операция	Оборудование	Приспособление	Режущий инструмент	Средства контроля
095 Моечная	«моечная машина» [23]	–	–	–
100 Контрольн ая	«контрольный стол» [23]	–	–	–

«Средства оснащения технологического процесса заносятся в технологическую документацию, которая приведена в приложении А «Технологическая документация»» [9].

В качестве выводов по результатам выбора средств оснащения технологического процесса отметим наличие на токарных операциях большого количества трехкулачковых самоцентрирующих патронов, используемых в качестве станочных приспособлений. Данные патроны имеют ручной привод зажима, что приводит к большому разбросу сил зажима и негативно сказывается на стабильности точности получаемых размеров. Кроме этого такая конструкция приводит к увеличению вспомогательного времени на выполнение операций.

2.4 Определение режимов резания и нормирование

Среднесерийный тип производства предполагает, что определение режимов выполнения операций и их нормирование производится на основе расчетно-аналитического метода с применением упрощенных методик и статистических данных [17].

«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» [17].

«Частота вращения рассчитывается по формуле:

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

где d – диаметр поверхности обработки при точении или инструмента при сверлении и фрезеровании, мм» [17].

«Действительная скорость резания рассчитывается по формуле:

$$V_d = \frac{\pi \cdot d \cdot n_d}{1000}, \quad (19)$$

где n_d – действительная частота вращения шпинделя, об/мин» [17].

«Длина резания:

$$L_{px} = l_1 + l_{рез} + l_2, \quad (20)$$

где l_1 – длина врезания инструмента, мм;

$l_{рез}$ – длина обработки, мм;

l_2 – длина перебега инструмента, мм» [17].

«Основное время выполнения операции по формуле:

$$T_0 = \frac{L_{px}}{S_0 \cdot n_d}, \quad (21)$$

где S_0 – подача инструмента, мм/об» [17].

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

$$T_0 = \frac{L_{px}}{S_z \cdot z \cdot n_d}, \quad (22)$$

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

z – количество зубьев фрезы, шт» [17].

«В таблице 5 приведены данные по результатам расчета режимов резания и нормирования операций» [9].

Таблица 5 – Режимы резания и нормирование операций

Номер операции	Переход	Подача, мм/об	Скорость, м/мин	Частота вращения, об/мин	Длина рабочего хода, мм	Основное время, мин
005	1	(0,15)	79	250	60	0,32
	2	1,1	6	36	3	0,81
0,26		16	180	38		
010	1	0,4	110	800	150	0,47
	2	0,3	110	800	120	0,5
015	1	0,4	110	800	110	0,35
	2	0,3	110	800	160	0,67
020 А	1	0,3	25	500	45	0,3
	2	0,3	113	800	40	0,17
020 Б	1	0,3	30	320	90	0,94
	2	0,3	110	800	100	0,42
025 А	1	0,3	207	1200	48	0,14
	2	1	108	630	18	0,03
025 Б	1	0,3	207	1200	55	0,15
030 А	1	0,2	170	1200	23	0,1
	2	0,1	160	800	6	0,09
	3	1	5	100	20	0,2
030 Б	1	0,2	170	1200	45	0,19
035	1	0,05	20	800	19	0,24
040	1	0,2	20	–	45	1,15
045	1	0,2	20	–	24	0,85
050	1	20	40	90	30	7
055	1	25	54	90	30	8,75
065	1	0,005	15	300	2,5	0,35
070	1	0,011	26	368	36	1,14
075	1	0,011	26	368	22	0,82
080 А	1	0,015	20	300	14	0,25
	2	0,005	25	300	20	0,87
080 Б	1	0,005	25	300	45	1,7
085	1	0,008	30	368	36	0,59
090	1	0,008	30	368	22	0,46

«Режимы резания и результаты нормирования операций заносятся в технологическую документацию, которая приведена в приложении А «Технологическая документация», а также в чертежах технологических наладок графической части работы» [9].

В качестве выводов по результатам определения режимов резания и нормирования операций технологического процесса отметим, что переход сверления внутреннего отверстия требует значительного времени на выполнение. Необходимо провести анализ данного перехода, включая анализ структуры времени выполнения операции и составляющих режимов резания.

В данном разделе проектируется технология изготовления детали. Данная задача решается путем выбора и проектирования заготовки, разработки плана изготовления, определения требуемых технических средств оснащения, определения режимов выполнения операций и их нормирования.

3 Разработка специальных технических средств оснащения

3.1 Разработка трехкулачкового патрона

В качестве выводов по результатам выбора средств оснащения технологического процесса было отмечено наличие на токарных операциях большого количества трехкулачковых самоцентрирующих патронов, используемых в качестве станочных приспособлений. Данные патроны имеют ручной привод зажима, что приводит к большому разбросу сил зажима и негативно сказывается на стабильности точности получаемых размеров. Кроме этого такая конструкция приводит к увеличению вспомогательного времени на выполнение операций. Следовательно, требуется проведение проектирования патрона под конкретные условия обработки. Рассмотрим наиболее сложный случай проектирования для выполнения операции чернового точения, эскиз которой представлен на рисунке 2. Проектирование проводим по методике [20].

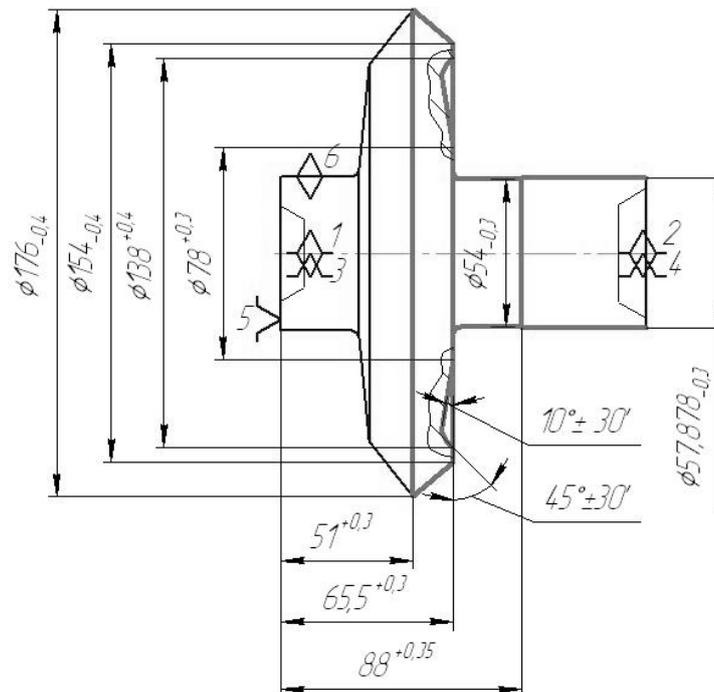


Рисунок 2 – Эскиз токарной черновой операции

«Силовой расчет приспособления заключается в поиске требуемого усилия закрепления, который выполняется исходя из сил резания схемы закрепления приведенной на рисунке 3» [20].

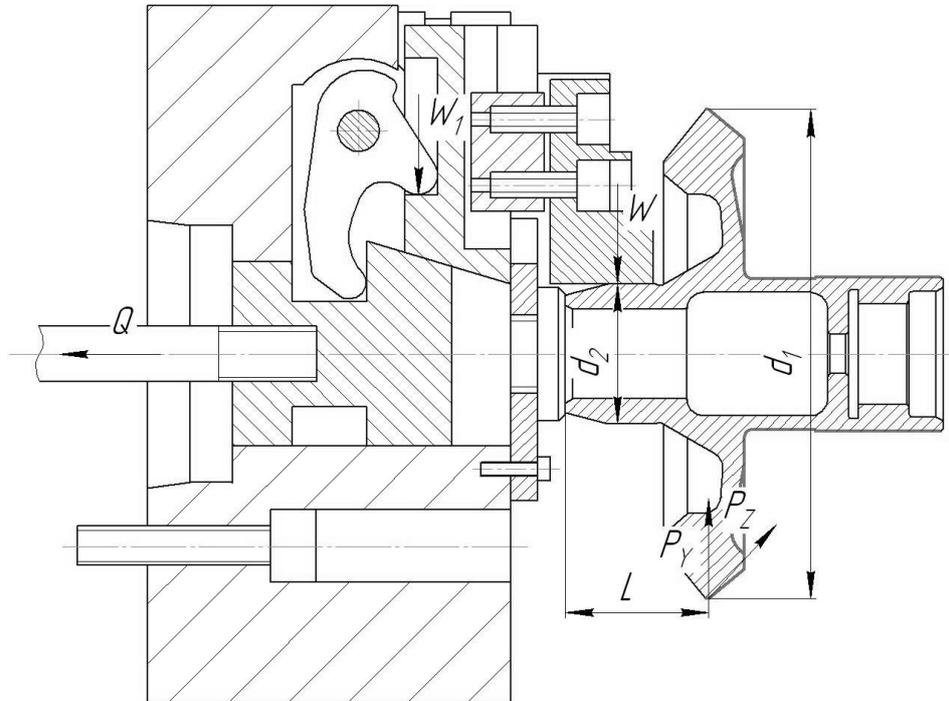


Рисунок 3 – Схема закрепления

«Составляющие силы резания рассчитываются по формуле:

$$P_{Y,Z} = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p, \quad (23)$$

где C_p , x , y , n – коэффициент и показатели степеней, зависящие от конкретных условий обработки;

t – глубина резания, мм;

S – подача, мм/об;

V – фактическая скорость резания, м/мин;

K_p – коэффициент, учитывающий характеристики обрабатываемого материала» [20].

« $P_Y = 10 \cdot 243 \cdot 2,0^{0,9} \cdot 0,3^{0,6} \cdot 110^{-0,3} \cdot 0,9 = 484 \text{ Н}$.

$P_Z = 10 \cdot 300 \cdot 2,0^{1,0} \cdot 0,3^{0,75} \cdot 110^{-0,15} \cdot 0,9 = 1080 \text{ Н}$ » [20].

«Момент силы резания P_Z :

$$M_{P_Z} = P_Z \cdot \frac{d_1}{2}, \quad (24)$$

где d_1 – обрабатываемый диаметр, мм» [20].

«Уравновешивающий его момент силы зажима равен:

$$M_{3_{P_Z}} = \frac{W \cdot f \cdot d_2}{2}, \quad (25)$$

где « W – сила зажима, Н;

f – коэффициент трения поверхностей заготовки и сменного кулачка;

d_2 – диаметр закрепления, мм» [20].

«Из условия равенства данных моментов определяем силу зажима:

$$W = \frac{P_Z \cdot d_1}{f \cdot d_2} \cdot K, \quad (26)$$

где K – коэффициент запаса» [20].

«Коэффициент запаса:

$$K = K_0 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5, \quad (27)$$

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;

K_4 – коэффициент стабильности усилия зажима;

K_5 – коэффициент эргономических показателей привода» [20].

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

«Определяем силу зажима.

$$W = \frac{1080 \cdot 176}{0,3 \cdot 50} \cdot 1,8 = 45619 \text{ Н} \text{ [20].}$$

«Момент силы резания P_Y :

$$M_{P_Y} = P_Y \cdot l, \quad (28)$$

где l – плечо приложения силы, мм» [20].

«Уравновешивающий его момент силы зажима равен:

$$M_{3P_Y} = \frac{2 \cdot W \cdot f \cdot d_2}{3}. \quad (29) \text{ [20]}$$

«Из условия равенства данных моментов определяем силу зажима:

$$W = \frac{3 \cdot P_Y \cdot l}{2 \cdot f \cdot d_2} \cdot K. \quad (30) \text{ [20]}$$

«По формуле (30) определяем силу зажима.

$$W = \frac{2 \cdot 484 \cdot 65,5}{3 \cdot 0,3 \cdot 50} \cdot 2,52 = 7989 \text{ Н} \text{ [20].}$$

«Усилие зажима на постоянных кулачках определяется по наибольшей силе зажима по формуле:

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

где l – вылет кулачка, мм;

H – длина направляющей постоянного кулачка, мм;

f_1 – коэффициент трения в направляющих» [20].

$$W_1 = \frac{45619}{1 - \frac{3 \cdot 62}{80} \cdot 0,1} = 59439 \text{ Н.}$$

«Усилие на силовом приводе определяется по уравнению:

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

где i_c – передаточное отношение зажимного механизма» [20].

«Передаточное отношение рычажного зажимного механизма рассчитывается по формуле:

$$i_c = \frac{A}{B}, \quad (33)$$

где A и B – длина плеч рычага, мм» [20].

$$Q = \frac{59439}{2,5} = 23776 \text{ Н.}$$

«Диаметр поршня гидроцилиндра рассчитывается по формуле:

$$D = \sqrt{\frac{1,27 \cdot Q}{P} + d^2}, \quad (34)$$

где d – диаметр штока поршня, мм;

P – давление в гидросистеме, МПа» [20].

$$D = \sqrt{\frac{1,27 \cdot 23776}{5,0} + 30^2} = 78,3 \text{ мм.}$$

«Точность приспособления определяется на основе схемы погрешностей приведенной на рисунке 4» [20].

«Из представленной схемы, погрешность установки в приспособлении:

$$\varepsilon_y = \frac{1}{2} \sqrt{\Delta_1^2 + \Delta_2^2 + \Delta_3^2 + \Delta_4^2 + \Delta_5^2}, \quad (35)$$

где Δ_1 – погрешность изготовления размера A_1 , мм;

Δ_2 – колебание зазора в сопряжении A_2 , мм;

Δ_3 – погрешность изготовления размера A_3 , мм;

Δ_4 – колебание зазора в сопряжении A_4 , мм;

Δ_5 – колебание зазора в сопряжении A_5 , мм» [20].

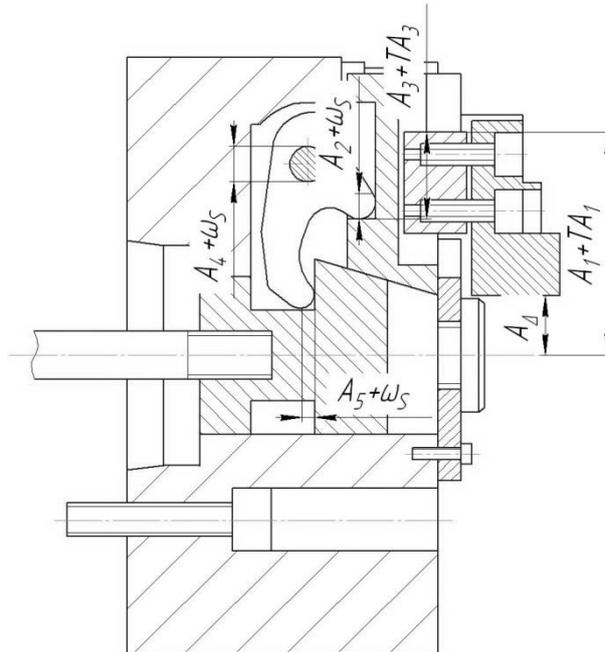


Рисунок 4 – Расчетная размерная схема приспособления

$$\varepsilon_y = \frac{1}{2} \sqrt{0,025^2 + 0,015^2 + 0,018^2 + 0,015^2 + 0,015^2} = 0,02 \text{ мм.}$$

Полученное значение удовлетворяет требуемой точности установки на данной операции.

«Конструкция приспособления состоит из привода, обеспечивающего создание усилия закрепления и корпуса, в который устанавливается рычажный зажимной механизм» [20].

«Подробно конструкция приспособления представлена в графической части работы и приложении Б «Спецификации к сборочным чертежам»» [9].

3.2 Разработка сверла

В качестве выводов по результатам определения режимов резания и нормирования операций технологического процесса отметим, что переход

сверления внутреннего отверстия требует значительного времени на выполнение. Детальный анализ данной операции показал, что снижение времени выполнения операции в данном случае возможно только ужесточением режимов резания. Простое увеличение режимов резания приведет к резкому снижению стойкости сверла по причине резкого увеличения температуры в зоне резания. Спроектируем сверло способное обеспечить увеличение режимов резания без потери стойкости в заданных условиях обработки [4].

«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» [4].

$$D = 29,15 + \frac{0,25}{2} = 29,275 \text{ мм.}$$

Допуск на расчетный диаметр сверла назначается из условия обеспечения требуемой точности обработки, которая в данном случае соответствует двенадцатому качеству. В соответствии с принятыми нормами проектирования допуск должен соответствовать десятому качеству, что составляет 0,1 мм.

Проблему увеличения стойкости сверла решим путем изменения его конструкции. В конструкции сверла применим режущую часть из твердосплавных пластин Т15К6, вставленных в корпус сверла [4]. В качестве еще одной меры увеличения стойкости выполним в корпусе сверла для подвода смазочно-охлаждающей жидкости, что позволит снизить температуру в зоне резания.

«Принимаем следующие геометрические характеристики: угол заострения равен 120° , задний угол равен 6° , передний угол равен 12° » [4].

«Выполним проверку на максимальный передаваемый крутящий

момент хвостовика сверла по формуле:

$$M = \mu \cdot P_3 \cdot D, \quad (37)$$

где μ – коэффициент трения в зоне контакта поверхностей хвостовика и патрона;

P_3 – сила закрепления, Н;

D – диаметр хвостовика, мм» [4].

$$M = 0,1 \cdot 80 \cdot 28 = 224 \text{ Н}\cdot\text{мм}.$$

Хвостовик считается отвечающим требованиям если расчетный максимально допустимый момент больше, чем момент, возникающий в процессе обработки, который составляет 86,52 Н·мм. Из приведенного расчета видно, что хвостовик отвечает заданным требованиям.

Предлагаемая конструкция сверла позволит увеличить его стойкость и применить более производительные режимы резания. «Подробнее конструктивные особенности сверла представлены на чертеже графической части и приложении Б «Спецификации к сборочным чертежам»» [4].

«В данном разделе решены задачи по совершенствованию технологии. Для их решения производится проектирование трехкулачкового токарного самоцентрирующего патрона и специального сверла» [9].

4 Безопасность и экологичность технического объекта

4.1 Конструктивно-технологическая характеристика технического объекта

Приведем описание конструктивно-технологических характеристик спроектированной технологии.

Изготовление детали предусматривает выполнение следующих технологических операций и средств технологического оснащения для их выполнения. На токарных операциях используются станки 16К20Ф3, резцы ГОСТ 18879-73, патроны трехкулачковые ГОСТ 24351-80, центра вращающиеся ГОСТ 8742-75, люнеты. На фрезерных операциях используются станки МР-71М, 6Р10, фреза торцовая насадная ГОСТ 9473-80, сверло центровочное специальное, зенковка, фреза шпоночная ГОСТ 9308-69, тиски самоцентрирующие. На зуборезных операциях используются станки д7А412, 5С268, долбяк ГОСТ 9323-79, резцы зубострогальные ГОСТ 5392-80, патроны цанговые. На шлифовальных операциях используются станки 3921, 3М151, 3К227В, головка алмазная АГК ГОСТ 2447-82, шлифовальные круги ГОСТ 52781-2007. В ходе осуществления технологического процесса применяется синтетическая смазочно-охлаждающая жидкость. Перемещение грузов по технологическому участку осуществляется с использованием электрических погрузчиков.

4.2 Идентификация профессиональных рисков

В ходе выполнения технологического процесса неизбежно возникают профессиональные риски. Наименование возникающих опасных и/или вредных производственно-технологических факторов определяются согласно ГОСТ 12.0.003-2015 ССБТ «Опасные и вредные производственные факторы. Классификация». Идентификация профессиональных рисков производится

по Приказу Минтруда России от 28.12.2021 N 926 «Об утверждении Рекомендаций по выбору методов оценки уровней профессиональных рисков и по снижению уровней таких рисков».

Результаты приведены в таблице 6.

Таблица 6 – Идентификация профессиональных рисков

Перечень источников опасностей	Опасные и вредные производственные факторы	Риски
металлорежущее оборудование, режущий инструмент, средства технологического оснащения, средства транспортировки	«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)» [2]	«удары, порезы, проколы, уколы, затягивания, наматывания, абразивные воздействия подвижными частями оборудования, наезд транспорта на человека» [2]
	«производственные факторы, обладающие свойствами химического воздействия на организм работающего человека» [2]	«заболевания кожи (дерматиты)» [2]
	«опасные и вредные производственные факторы, связанные с чрезмерно высокой или низкой температурой материальных объектов производственной среды, могущих вызвать ожоги (обморожения) тканей организма человека» [2]	«ожог при контакте незащищенных частей тела с поверхностью предметов, имеющих высокую температуру» [2]
	«опасные и вредные производственные факторы, связанные с механическими колебаниями твердых тел и их поверхностей, характеризуемые повышенным уровнем общей вибрации» [2]	«воздействие общей вибрации на тело работника» [2]

Продолжение таблицы 6

Перечень источников опасностей	Опасные и вредные производственные факторы	Риски
—	«опасные и вредные производственные факторы, связанные с акустическими колебаниями в производственной среде и характеризующиеся повышенным уровнем и другими неблагоприятными характеристиками шума» [2]	«снижение остроты слуха, тугоухость, глухота, повреждение мембранной перепонки уха, связанные с воздействием повышенного уровня шума и других неблагоприятных характеристик шума» [2]
	«монотонность труда, тяжесть трудового процесса» [2]	«психоэмоциональные перегрузки» [2]
	«опасные и вредные производственные факторы, связанные с электрическим током, под действие которого попадает работающий» [2]	«контакт с частями электрооборудования, находящимися под напряжением, отсутствие заземления или неисправность электрооборудования, нарушение правил эксплуатации и ремонта электрооборудования, неприменение средств индивидуальной защиты» [2]

Риски в таблице 6 приведены исходя из особенностей спроектированного технологического процесса и с учетом средств оснащения, применяемых для его модернизации.

4.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков

Исходя из того, что выявленные ранее риски, а также опасные и вредные производственные факторы являются типовыми для снижения и устранения их влияния предлагается применить стандартные методы и средства выбранные в соответствии с Приказом Минтруда России № 771н от 29 октября 2021 г. «Об утверждении Примерного перечня ежегодно реализуемых работодателем мероприятий по улучшению условий и охраны

труда, ликвидации или снижению уровней профессиональных рисков либо недопущению повышения их уровней», а также Приказом Минтруда России от 29.10.2021 N 776н «Об утверждении Примерного положения о системе управления охраной труда» [2]. Результаты приведены ниже.

Мероприятия по улучшению условий и охраны труда (Приказ Минтруда России № 771н): «устройство ограждений элементов производственного оборудования, защищающих от воздействия движущихся частей, а также разлетающихся предметов, включая наличие фиксаторов, блокировок, герметизирующих и других элементов» [2]; «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» [2]; «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» [2]; «проведение специальной оценки условий труда, выявления и оценки опасностей, оценки уровней профессиональных рисков, реализация мер, разработанных по результатам их проведения» [2]; «проведение обязательных предварительных и периодических медицинских осмотров (обследований)» [2]; «внедрение и (или) модернизация технических устройств и приспособлений, обеспечивающих защиту работников от поражения электрическим током» [2]; «устройство новых и (или) модернизация имеющихся средств коллективной защиты работников от воздействия опасных и вредных производственных факторов» [2].

Методы и средства снижения профессиональных рисков (Приказ Минтруда России от 29.10.2021 N 776н): «использование блокировочных устройств, применение средств индивидуальной защиты – специальных рабочих костюмов, халатов или роб, исключающих попадание свисающих частей одежды на быстродвижущиеся элементы производственного оборудования» [2]; «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» [2]; «использование станков и инструментов для механической обработки материалов и изделий, сопровождающихся выделением газов, паров и аэрозолей, совместно с системами удаления указанных веществ» [2]; «проведение специальной оценки условий труда с разработкой и реализацией мероприятий по снижению напряженности трудового процесса» [2]; «применение вибропоглощения и виброизоляции» [2]; «изоляция токоведущих частей электрооборудования, применение средств индивидуальной защиты, соблюдение требований охраны труда, применение ограждений, сигнальных цветов, табличек, указателей и знаков безопасности, вывод неисправного электрооборудования из эксплуатации, своевременный ремонт и техническое обслуживание электрооборудования» [2]; «применение звукоизолирующих ограждений-кожухов, кабин управления технологическим процессом, устройство звукопоглощающих облицовок и объемных поглотителей шума, использование средств индивидуальной защиты» [2].

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

4.4 Обеспечение пожарной безопасности технического объекта

Выбор технических средств и мероприятий по обеспечению пожарной безопасности производится исходя из опасных факторов пожара, которые определяются исходя из класса пожара. «Класс пожара В, пожары, связанные с воспламенением и горением жидкостей или плавящихся твердых веществ и материалов» [2]. «Основными опасными факторами данного класса пожаров: пламя и искры, тепловой поток, повышенная температура окружающей среды, повышенная концентрация токсичных продуктов горения и термического разложения, пониженная концентрация кислорода, снижение видимости в дыму (в задымленных пространственных зонах). Сопутствующими проявлениями опасных факторов пожара являются: образующиеся в процессе пожара осколочные фрагменты, крупногабаритные части разрушившихся строительных зданий, инженерных сооружений, транспортных средств, энергетического оборудования, технологических установок, производственного и инженерно-технического оборудования, произведенной и/или хранящейся продукции и материалов и иного имущества; вынос (замыкание) высокого электрического напряжения на токопроводящие части технологических установок, оборудования, агрегатов, изделий и иного имущества; негативные термохимические воздействия, используемых при пожаре огнетушащих веществ, на предметы и людей» [2].

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

«В качестве мероприятий по обеспечению пожарной безопасности предлагается разработать инструкции по действиям персонала в случае аварийной и чрезвычайной ситуации и проводить инструктажи по пожарной безопасности» [2].

4.5 Обеспечение экологической безопасности объекта

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

Определим основные мероприятия для снижения влияния отходов и выбросов на экологию. Для этого будем руководствоваться положениями ГОСТ 31952-2012 «Устройства водоочистные. Общие требования к эффективности и методы ее определения» разрабатываем мероприятия по обеспечению экологической безопасности» и ГОСТ Р 53692-2009 «Национальный стандарт Российской Федерации. Ресурсосбережение. Обращение с отходами. Этапы» [2].

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

В данном разделе произведена проверка на соответствие требованиям пожарной безопасности, безопасности и экологичности выполнения спроектированного технологического процесса. В результате можно сделать вывод, что технология отвечает всем требованиям по безопасности и экологичности ее выполнения, а также пожарной безопасности.

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 5).

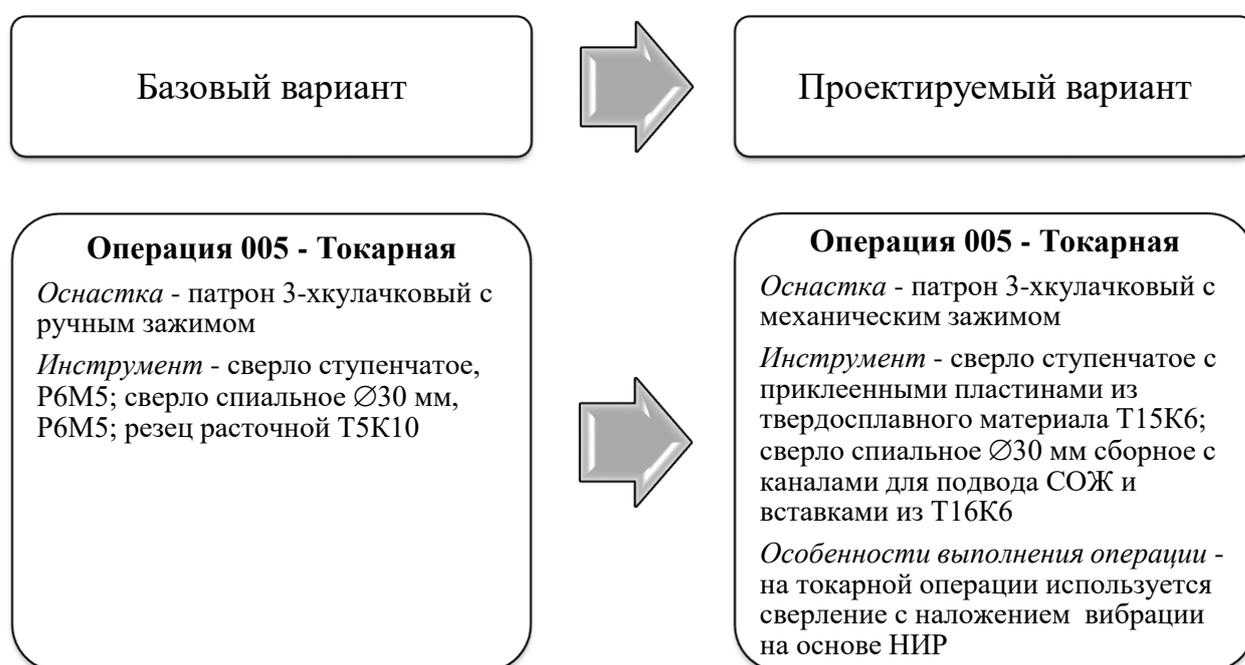


Рисунок 5 – Краткое описание, внесенных в технологический процесс, изменений

Как видно из рисунка 5, благодаря внесенным изменениям удалось достичь уменьшения трудоемкости выполнения данных операций. Эти изменения позволили сократить общую трудоемкость изготовления детали на 1,18 минуты.

Основываясь на описанных изменениях, будет осуществлен расчет значимых показателей, для подтверждения их экономической эффективности. Значимые показатели приведены на рисунке 6.

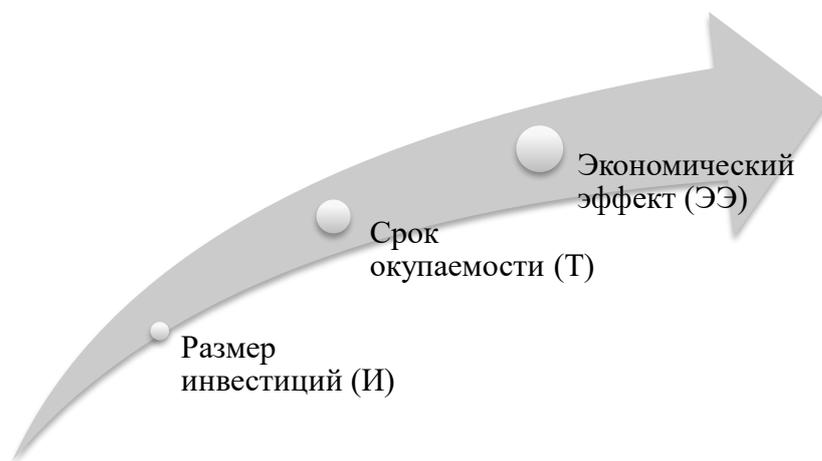


Рисунок 6 – Значимые показатели для подтверждения экономической эффективности изменений

Как видно из рисунка 6, 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 [11], которая позволяет учитывать все необходимые затраты в этот проект. Итоговый размер инвестиций и его детализация, представлен на рисунке 7.

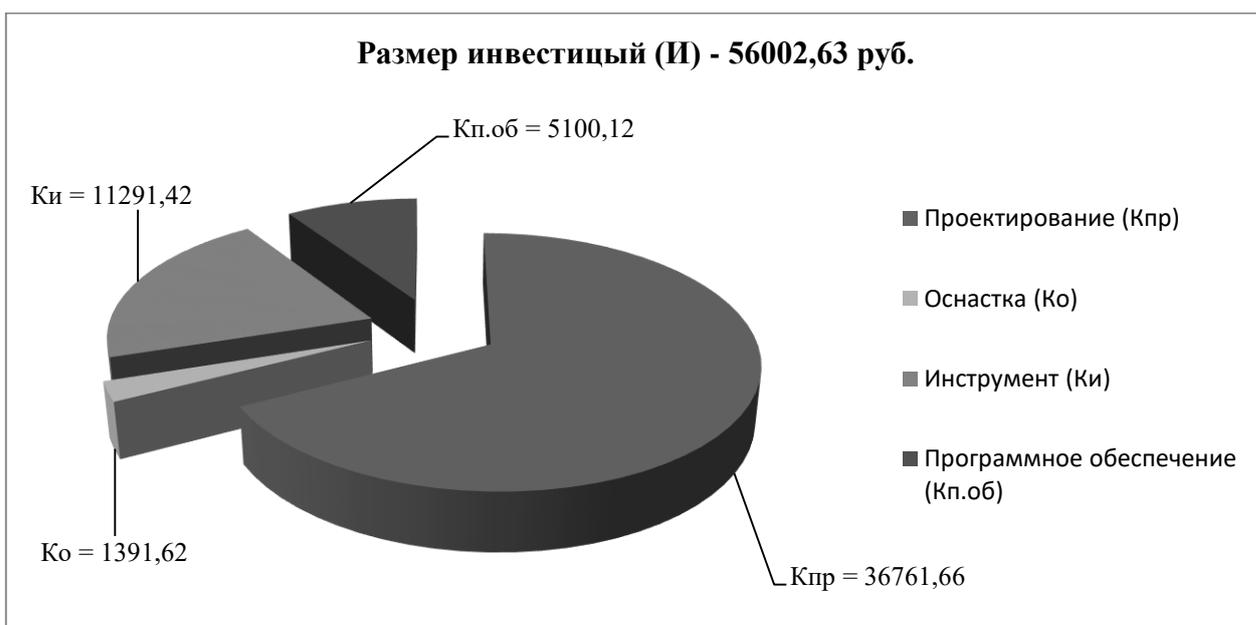


Рисунок 7 – Итоговый размер инвестиций и его детализация, руб.

Как видно из рисунка 7, самую весомую долю в инвестициях занимает такая статья затрат, как «затраты на проектирование ($K_{ДР}$)». Ее доля в общем размере инвестиций составит 65,64 %, это обосновывается сложностью выполняемых при проектировании работ и их трудоемкостью. Далее по величине, следуют затраты на инструмент ($K_{И}$), которые составляют 20,16 % от размера всех инвестиций. Это связано с тем, что предложенный инструмент имеет высокую цену закупки. Оставшиеся статьи затрат находятся в интервале 2,48 – 9,11 % и существенной весомости в размере инвестиций не имеют, но тем не менее их увеличивают.

Значение срока окупаемости можно рассчитать по формуле (38):

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

где « $П_{ЧИСТ}$ – чистая ожидаемая прибыль, руб.» [11].

Этот показатель зависит от разности себестоимости изготовления детали до и после совершенствования технологического процесса ее изготовления ($C_1 = 128,51$ руб. и $C_2 = 88,1$ руб., соответственно). Также при его определении учитывается программа выпуска ($П_{Г} = 3000$ 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 [11] с применением программного обеспечения, такого как Microsoft Excel. Если учесть все вышеперечисленные показатели, то формулу (38) можно представить в развернутом формате в формуле (39):

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

где « $K_{НАЛ}$ – коэффициент налогообложения, который, для юридических лиц, составляет 20 % или в абсолютной величине – 0,2» [11].

$$T = \frac{56002,63}{(128,51-88,1) \cdot 3000 \cdot (1-0,2)} + 1 = \frac{56002,63}{96984} + 1 = 1,577 = 2 \text{ года.}$$

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

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

где « E – процентная ставка на капитал;

t – годы получения прибыли для принятого горизонта расчета» [11].

$$\text{ЭЭ} = \left(96984 \cdot \left(\frac{1}{(1+0,2)^1} + \frac{1}{(1+0,2)^2} \right) \right) - 56002,63 = 7812,84 \text{ р.}$$

Согласно проведенным расчетам, экономический эффект получен, его величина составляет 7812,84 рублей. Поэтому предложенные совершенствования в технологический процесс можно считать целесообразными и обоснованными.

Полученные в ходе выполнения данного раздела результаты свидетельствуют об эффективности принятых решений по внесению изменений в технологический процесс.

Заключение

«Результатом выполнения выпускной квалификационной работы стало достижение ее цели, которая заключалась в разработке такой технологии изготовления конического вала-шестерни привода автоматической линии, которая обеспечит минимальную стоимость в заданных производственных условиях и требуемое качество изготовления» [9].

«Для ее достижения были выполнены следующие мероприятия» [9]:

- «анализируются имеющиеся данные характеризующие конструктивные особенности детали и особенности типа производства, результатом анализа являются задачи работы» [9];
- «проектируется технология изготовления детали, для этого производится выбор и проектирование заготовки, разработка плана изготовления, определение требуемых технических средств оснащения, определение режимов выполнения операций и их нормирование» [9];
- «решаются задачи по совершенствованию технологии, для этого производится проектирование токарного патрона» [9] и специального сверла;
- принятые проектные решения проверяются на соответствие требованиям по безопасности и экологичности их выполнения;
- оцениваются экономические показатели технологии и результатов ее совершенствования;
- разрабатывается конструкторско-технологическая документация, необходимая в соответствии с требованиями проектирования единой системы технологической подготовки производства.

Спроектированный технологический процесс изготовления конического вала-шестерни привода автоматической линии отличается высокой степенью соответствия критериям современного гибкого производства.

Список используемой литературы и используемых источников

1. 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: 29.03.2024).
2. Горина Л.Н. Раздел выпускной квалификационной работы «Безопасность и экологичность технического объекта»: учеб. –метод. пособие / Л.Н. Горина, М.И. Фесина. – Тольятти.: Изд –во ТГУ, 2024. – 22 с.
3. ГОСТ 7505–89. Поковки стальные штампованные. Допуски, припуски и кузнечные напуски. – Введ. 1990 –01 –07. – М.: Изд –во стандартов, 1990. – 83 с.
4. Григорьев С. Н. Методы повышения стойкости режущего инструмента : учебник / С. Н. Григорьев. – 2-е изд. – Москва : Машиностроение, 2023. – 368 с. [Электронный ресурс]. – URL: <https://e.lanbook.com/book/307286> (дата обращения: 30.03.2024).
5. Зубарев Ю. М. Методы получения заготовок в машиностроении и расчет припусков на их обработку : учебное пособие для вузов / Ю. М. Зубарев. – 3-е изд., стер. – Санкт-Петербург : Лань, 2022. – 256 с. [Электронный ресурс]. – URL: <https://e.lanbook.com/book/215714> (дата обращения: 21.03.2024).
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: 02.04.2024).
7. Иванов И. С. Технология машиностроения: учебное пособие / И.С. Иванов. – 2 –е изд., перераб. и доп. – Москва: ИНФРА –М, 2022. – 240 с. [Электронный ресурс]. – URL: <https://znanium.com/catalog/product/1836626> (дата обращения: 11.04.2024).

8. Клепиков В. В. Технологическая оснастка. Станочные приспособления: учебное пособие / В. В. Клепиков. – Москва: ИНФРА –М, 2022. – 345 с. [Электронный ресурс]. – URL: <https://znanium.com/catalog/product/1836736> (дата обращения: 14.04.2024).

9. Клепиков В. В. Технология машиностроения: курсовое проектирование: учебное пособие / В.В. Клепиков, В.Ф. Солдатов. – Москва: ИНФРА –М, 2020. – 229 с. [Электронный ресурс]. – URL: <https://znanium.com/catalog/product/1081966> (дата обращения: 21.03.2024).

10. Копылов Ю. Р. Технология машиностроения : учебное пособие для вузов / Ю. Р. Копылов. – 2-е изд., стер. – Санкт-Петербург : Лань, 2024. – 252 с. [Электронный ресурс]. – URL: <https://e.lanbook.com/book/387341> (дата обращения: 06.04.2024).

11. 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: 25.04.2024).

12. Леонов О. А. Метрология, стандартизация и сертификация / О. А. Леонов, Н. Ж. Шкаруба, В. В. Карпузов. – 2-е изд., стер. – Санкт-Петербург : Лань, 2023. – 198 с. [Электронный ресурс]. – URL: <https://e.lanbook.com/book/316970> (дата обращения: 14.04.2024).

13. 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: 23.03.2024).

14. 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: 18.03.2024).

15. 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: 04.04.2024).

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: 11.04.2024).

17.Расчёт режимов резания. Курсовое и дипломное проектирование по технологии машиностроения : учебное пособие / В. В. Марков, А. В. Сметанников, П. И. Кискеев [и др.]. – Вологда : Инфра-Инженерия, 2023. – 136 с. [Электронный ресурс]. – URL: <https://e.lanbook.com/book/346967> (дата обращения: 16.04.2024).

18.Справочник технолога-машиностроителя в 2-х тт : справочник / В. И. Аверченков, А. В. Аверченков, Б. М. Базров [и др.] ; под редакцией А. С. Васильева, А. А. Кутина. – 7-е изд. испр. – Москва : Машиностроение, 2023. – 1574 с. [Электронный ресурс]. – URL: <https://e.lanbook.com/book/307325> (дата обращения: 01.04.2024).

19.Сысоев С. К. Технология машиностроения. Проектирование технологических процессов : учебное пособие для вузов / С. К. Сысоев, А. С. Сысоев, В. А. Левко. – 4-е изд., стер. – Санкт-Петербург : Лань, 2024. – 352 с. [Электронный ресурс]. – URL: <https://e.lanbook.com/book/383858> (дата обращения: 12.04.2024).

20.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: 25.03.2024).

21. Трофимов А. В. Основы технологии машиностроения. Типовые технологические процессы в машиностроении : учебное пособие для студентов / А. В. Трофимов, И. А. Зверев ; под редакцией А. В. Трофимова. – Санкт-Петербург : СПбГЛТУ, 2022. – 64 с. [Электронный ресурс]. – URL: <https://e.lanbook.com/book/257828> (дата обращения: 07.04.2024).

22. Харламов Г.А. Припуски на механическую обработку: справочник. / Г.А. Харламов, А.С. Тарапанов. – Электрон. дан. – М. : Машиностроение, 2013. – 256 с.

23. 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: 15.04.2024).

24. Химический состав и физико–механические свойства стали 20ХГНР [Электронный ресурс]. – URL: http://metallicheckiy-portal.ru/marki_metallov/stk/20XGHR (дата обращения: 16.03.2024).

Приложение А
Технологическая документация

Таблица А.1 – Технологическая документация

Длина																					
Взам																					
Подп																					
Разработал Кругликов												ТГУ, кафедра ОТМП									
Проверил Козлов																					
Утвердил												Вал-шестерня									
Н. контр																					
МД1												Сталь 20ХГНР ГОСТ 4543-71									
МД2		Код	ЕВ	МД	ЕН	Н. раск.	КММ	Код заготовки	Профиль и размеры		КД	МЗ									
		12	166	14,46к2	1		0,56	24	φ155х134		1	26,03к2									
А		Цех	Уч	РМ	Опер	Код, наименование операции			Обозначение документа												
Б		Код, наименование операции					СМ	проф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Кшт	Тпоз	Тшт				
А03		XX XX XX		000		Заготовительная															
Б04		Горизонтально ковочная машина																			
О5																					
А06		XX XX XX		005		4269 Фрезерно-центральная															
Б07		381631 Фрезерно-центральный МР-71М3 17845 312 1Р 1 1 1 800 1 193																			
О 08		Фрезеровать торцы 1, 31 в размер 134 ^{+0,20} , сверлить отверстия 2, 29 в размер φ35 ^{+0,10} , φ48 ^{+0,10} .																			
О 09		396131 Тиски самоцентрирующие специальные; 391801 Фреза торцовая ГОСТ 1695-80 Т5К10;																			
Т 10		391267 Сверло специальное Р6М5; 391630 Зенковка Р6М5; 393311 Штангенциркуль ШЦ-1 ГОСТ 160-80.																			
11																					
А 12		XX XX XX		010		4110 Токарная															
Б 13		381101 Токарный 16К20Ф3 3 18217 312 1Р 1 1 1 800 1 177																			
О 14		Точить последовательно поверхности и торцы 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23 в размер φ176 ^{+0,1} ;																			
О 15		φ154 ^{+0,4} ; φ78 ^{+0,3} ; φ54 ^{+0,3} ; φ55,76 ^{+0,3} ; 65,5 ^{+0,3} ; 88 ^{+0,3} .																			
Т 16		396171 Патрон 3-х кулачковый специальный; 392101 Резец контурный ГОСТ 18879-73 Т5К10;																			
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
Т 19	393311 Штангенциркуль ШЦ-2 ГОСТ 160-80.														
20															
А 21	XX XX XX 015 4110 Токарная														
Б 22	381101 Токарный 16К20Ф3 3 18217 312 1Р 1 1 1 800 1 1,82														
О 23	Точить последовательно поверхности и торцы 3, 4, 6, 7, 8, 9, 10, 13, 14, 49, 50 в размер $\phi 42_{-0,25}^{+0,25}$;														
О 24	$\phi 51,824_{-0,25}^{+0,25}$; $\phi 114_{-0,35}^{+0,35}$; $\phi 138_{-0,4}^{+0,4}$; $\phi 175_{-0,4}^{+0,4}$; 83 $_{-0,35}^{+0,35}$; 85 $_{-0,35}^{+0,35}$; 90 $_{-0,35}^{+0,35}$; 99 $_{-0,35}^{+0,35}$; 119 $_{-0,35}^{+0,35}$.														
Т 25	396171 Патрон 3-х кулачковый специальный; 392101 Резец контурный ГОСТ18879-73 Т5К10;														
Т 26	393311 Штангенциркуль ШЦ-2 ГОСТ 160-80.														
27															
А 28	XX XX XX 020 4110 Токарная														
Б 29	381101 Токарный 16К20Ф3 3 18217 312 1Р 1 1 1 800 1 2,63														
О 30	Точить последовательно поверхности и торцы Установ А 30, 32, 34, 38, 40, Установ Б 43, 44, 45, 46														
О 31	в размер $\phi 15_{-0,10}^{+0,10}$; $\phi 34,5_{-0,25}^{+0,25}$; $\phi 45_{-0,25}^{+0,25}$; 90 $_{-0,35}^{+0,35}$; 101 $_{-0,35}^{+0,35}$; 122 $_{-0,4}^{+0,4}$; $\phi 30,5_{-0,25}^{+0,25}$; $\phi 44_{-0,25}^{+0,25}$; 41 $_{-0,35}^{+0,35}$; 50 $_{-0,25}^{+0,25}$; 122 $_{-0,35}^{+0,35}$.														
Т 32	396171 Патрон 3-х кулачковый специальный; 392104 Резец расточной ГОСТ18879-73 Т5К10; 391272 Сверло														
Т 33	ступенчатое Т15К6; 393410 Микрометр МК-50 ГОСТ 6507-78.														
34															
А 35	XX XX XX 025 4110 Токарная														
Б 36	381101 Токарный 16К20Ф3 3 18217 312 1Р 1 1 1 800 1 1,12														
О 37	Точить последовательно поверхности и торцы Установ А 19, 23, 25, 28, Установ Б 4, 13 в размер														
О 38	$\phi 51,188_{-0,10}^{+0,10}$; $\phi 55,46_{-0,12}^{+0,12}$; $\phi 138_{-0,16}^{+0,16}$; $\phi 175_{-0,16}^{+0,16}$; М55; 118 $_{-0,14}^{+0,14}$; 64,5 $_{-0,12}^{+0,12}$.														
Т 39	396171 Патрон 3-х кулачковый специальный; 392101 Резец контурный ГОСТ18879-73 Т30К4; 392101 Резец														
Т 40	канавочный ГОСТ18879-73 Т30К4; 392101 Резец резьбовой ГОСТ18879-73 Т5К10;														
Т 41	393410 Микрометр МК-50 ГОСТ 6507-78; 393131 Калибр.														
МК															

Продолжение Приложения А

Продолжение таблицы А.1

А	Цех	Уч	РМ	Опер	Код, наименование операции	Обозначение документа										
						СМ	проф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Кшт	Тпоз	Тшт
Б	Код, наименование оборудования					СМ	проф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Кшт	Тпоз	Тшт
А 69	XX	XX	XX	030	4110 Токарная											
Б 70	381101 Токарный 16К20ФЗ					3	18217	312	1Р	1	1	1	800	1		1,38
О 71	Точить последовательно поверхности и торцы Установ А 33, 34, Установ Б 37, 38, 39, 40, 41, 42															
О 72	в размер М16; $\phi 35,5^{+0,1}$; $\phi 46^{+0,1}$; $93^{+0,14}$; $99^{+0,14}$; $3,5^{+0,1}$; $\phi 31,5^{+0,1}$.															
Т 73	396171 Патрон 3-х кулачковый специальный; 392101 Резец контурный ГОСТ 18879-73 Т30К4; 392101 Резец															
Т 74	канавочный ГОСТ 18879-73 Т30К4; 392101 Резец резьбовой ГОСТ 18879-73 Т5К10; 393410 Микрометр															
Т 75	МК-50 ГОСТ 6507-78; 393131 Калибр.															
76																
А 77	XX	XX	XX	035	4262 Фрезерная											
Б 78	381631 Фрезерный 6Р10					3	18632	312	1Р	1	1	1	800	1		1,04
О 79	Фрезеровать поверхности 24, 26, 27 в размер $8^{+0,050}$; $52^{+0,004}$; $16^{+0,07}$.															
Т 80	396131 Тиски самоцентрирующие специальные; 391820 Фреза шпоночная ГОСТ 9308-69 Р6М5;															
Т 81	393311 Штангенциркуль ШЦ-1 ГОСТ 160-80; 393400 Калибр.															
82																
А 83	XX	XX	XX	040	4175 Долбежная											
Б 84	381718 Долбежный 7А412					3	12287	312	1Р	1	1	1	800	1		1,95
О 85	Долбить поверхности 47, 48 в размер $\phi 36_{0,062}$; $6^{+0,05}$.															
Т 86	396190 Патрон цанговый; 392421 Долбяк шлицевой $\phi 20$ ГОСТ 9323-79 Р18; 393400 Калибр.															
87																
А 88	XX	XX	XX	045	4175 Долбежная											
Б 89	381718 Долбежный 7А412					3	12287	312	1Р	1	1	1	800	1		1,65
О 90	Долбить поверхности 35, 36 в размер $\phi 40_{0,062}$; $7^{+0,05}$.															
Т 91	396190 Патрон цанговый; 392421 Долбяк шлицевой $\phi 20$ ГОСТ 9323-79 Р18; 393400 Калибр.															
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	Тпоз	Тшт
A 94	XX XX XX	050	4162	Зубонарезная													
Б 95	381572	Зубонарезной	5С268	312287	312	1Р	1	1	1	800	1						7,8
О 96	Обрабатывать поверхности 11, 12 в размер 9-й степени точности.																
Т 97	396190 Патрон цанговый; 392123 Резцы строгальные Р6М5 ГОСТ5392-80; 393400 Калибры.																
98																	
A 99	XX XX XX	055	4162	Зубонарезная													
Б 100	381572	Зубонарезной	5С268	312287	312	1Р	1	1	1	800	1						9,55
О 101	Обрабатывать поверхность 12 в размер 7-й степени точности.																
Т 102	396190 Патрон цанговый; 392123 Резцы строгальные Р6М5 ГОСТ5392-80; 393400 Калибры.																
103																	
A 104	XX XX XX	060		Термическая													
105																	
A 106	XX XX XX	065	4142	Центрошлифовальная													
Б 107	381317	Центрошлифовальный	3921	3	18873	312	1Р	1	1	1	800	1					1,15
О 108	Шлифовать поверхности 2, 29 в размер $\phi 35^{+0,039}$; $\phi 48^{+0,039}$																
Т 109	396131 Тиски самоцентрирующие специальные; 397120 Круг шлифовальный АГК ГОСТ2447-82;																
Т 110	393120 Калибры.																
111																	
A 112	XX XX XX	070	4131	Круглошлифовальная													
Б 113	381311	Круглошлифовальный	3М151	3	18873	312	1Р	1	1	1	800	1					1,94
О 114	Шлифовать поверхность 23 в размер $\phi 55,06^{+0,040}$.																
Т 115	396110 Патрон поводковый специальный; 39810 Круг шлифовальный; 394300 Скоба рычажная																
116																	
МК																	

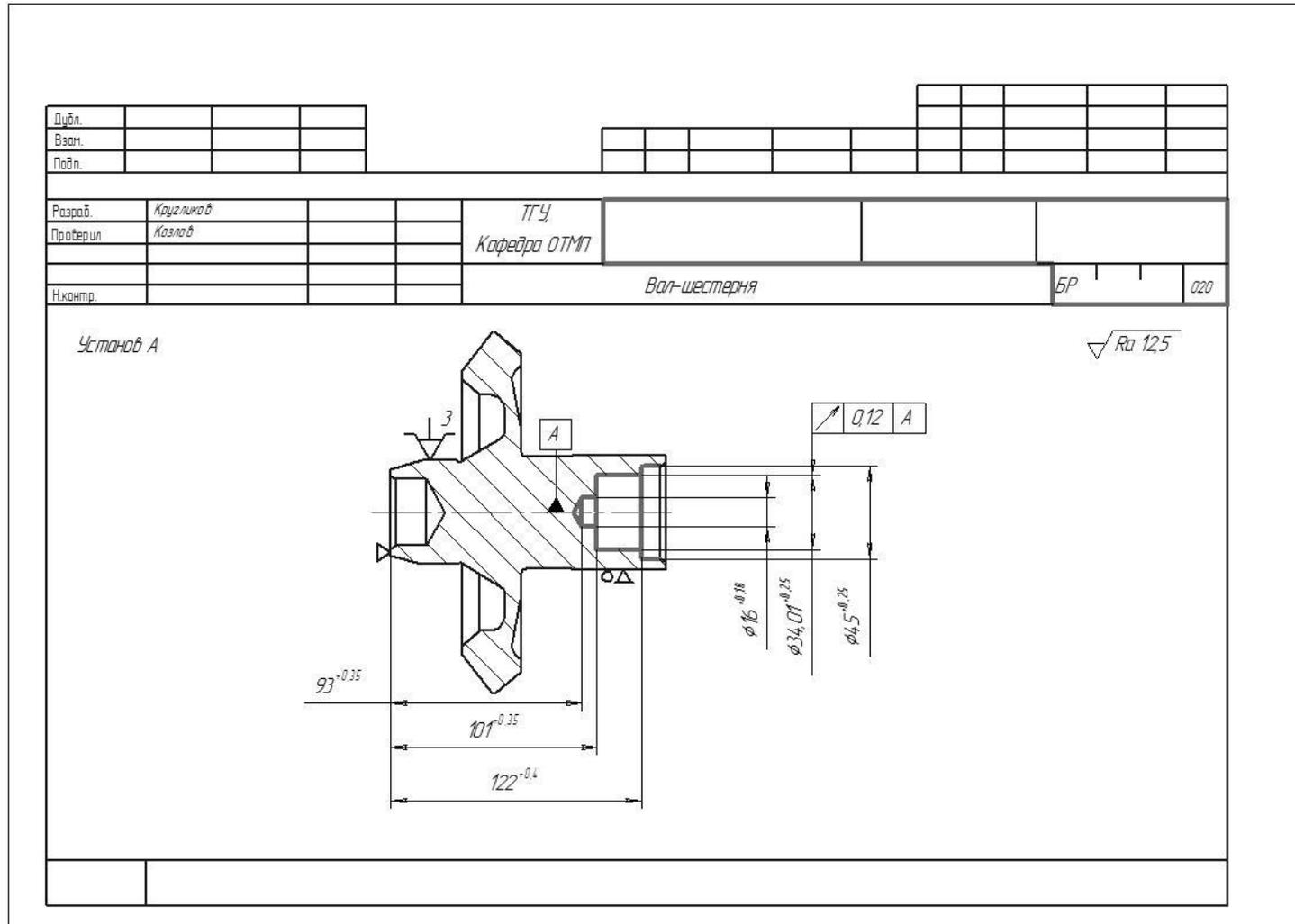
Продолжение Приложения А

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	Тшт			
А 117	XX	XX	XX	075	4131	Круглошлифовальная														
Б 118	381311	Круглошлифовальный	ЗМ151	3	18873	312	1Р	1	1	1	800	1								1,94
О 119	Шлифовать поверхность 4 в размер $\phi 50,15^{+0,039}$																			
Т 120	396110 Патрон поводковый специальный; 39810 Круг шлифовальный; 394300 Скоба рычажная																			
121																				
А 122	XX	XX	XX	080	4132	Внутришлифовальная														
Б 123	381312	Внутришлифовальный	ЗК227В	3	18873	312	1Р	1	1	1	800	1								3,62
О 124	Шлифовать поверхности: Установ А 19, 34, Установ Б 46 в размер $\phi 36^{+0,039}$; $\phi 32^{+0,39}$; $63^{+0,046}$																			
Т 125	396110 Патрон поводковый специальный; 39810 Круги шлифовальные; 394300 Скоба рычажная																			
126																				
А 127	XX	XX	XX	085	4131	Круглошлифовальная														
Б 128	381311	Круглошлифовальный	ЗМ151	3	18873	312	1Р	1	1	1	800	1								1,39
О 129	Шлифовать поверхность 23 в размер $\phi 55^{+0,021}_{0,002}$																			
Т 130	396110 Патрон поводковый специальный; 39810 Круг шлифовальный; 394300 Скоба рычажная																			
131																				
А 132	XX	XX	XX	090	4131	Круглошлифовальная														
Б 133	381311	Круглошлифовальный	ЗМ151	3	18873	312	1Р	1	1	1	800	1								1,26
О 134	Шлифовать поверхность 4 в размер $\phi 50^{+0,010}_{0,002}$																			
Т 135	396110 Патрон поводковый специальный; 39810 Круг шлифовальный; 394300 Скоба рычажная																			
136																				
А 137	XX	XX	XX	095	Моющая															
138																				
А 139	XX	XX	XX	100	Контрольная															
МК																				

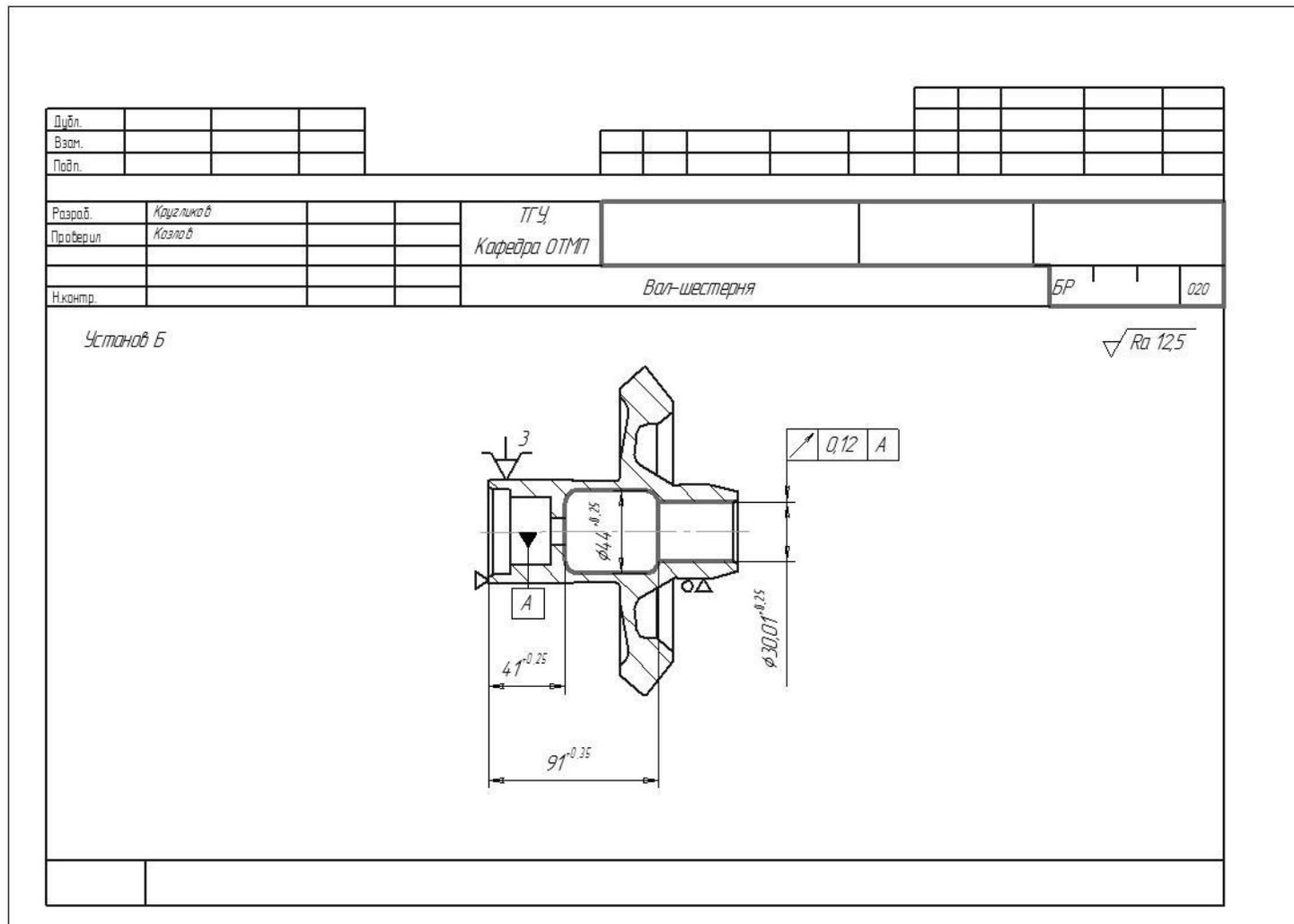
Продолжение Приложения А

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.	Кузнецов											
Проверил	Козлов											
Исполн.												
Наименование операции	Вал-шестерня								Цех	Уч.	Р.М.	Опер.
Материал	Твердость	EB	MD	Профиль и размеры			MB	КОИД				
Токарная	20ХГНР ГОСТ 4543-71	HВ 180	166	14,46	#153х134			26,03	1			
Оборудование, устройства ЧПУ	Обозначение программы		то	тв	тгв	тип	слож					
16К20Ф3			183			263	Украина-1					
		пи	о или в	L	r	i	s	p	v			
01	1. Установить заготовку											
Т.02	396171 Патрон 3-х кулачковый специальный; 392104 Резец расточной ГОСТ18879-73Т5К10;											
Т.03	391272 Сверло ступенчатое Т15К6.											
0.04	2. Точить поверхности и торцы выдерживая размеры согласно эскиза.											
Р.05		1			8		0,3	500	25			
06		2			0,925		0,3	800	113			
07	3. Переустановить заготовку											
08	4. Точить поверхности и торцы выдерживая размеры согласно эскиза.											
09		1			14,45		0,3	320	30			
10		2			2,0		0,3	800	110			

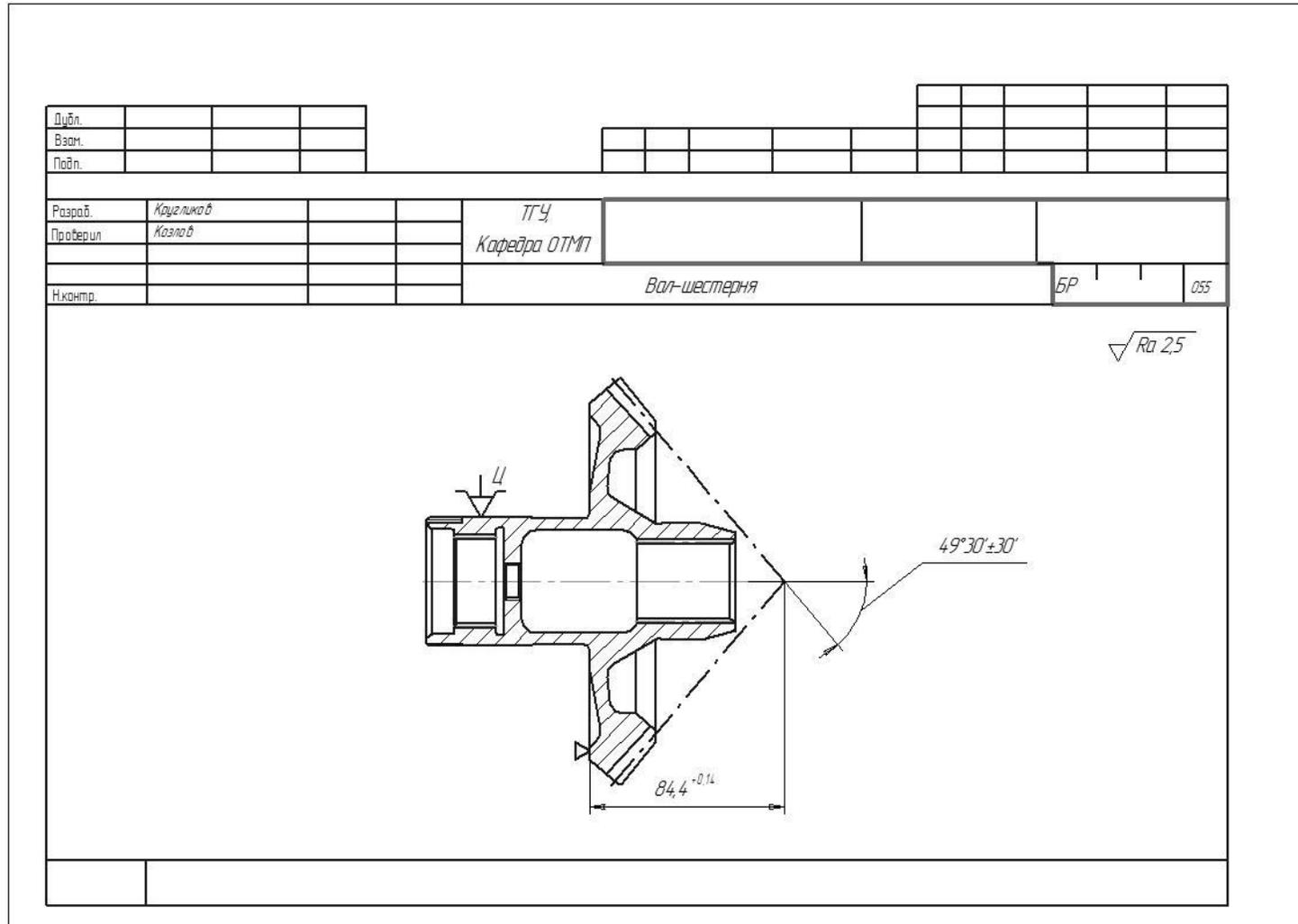
Продолжение Приложения А

Продолжение таблицы А.1

ГОСТ 2118-82										Форма 1			
Дубл.													
Взам.													
Подп.													
Разраб.	Козырева												
Проверил	Козлов												
Исполн.													
Вал-шестерня										Цех	Уч.	Р.М.	Опер.
													020
Наименование операции		Материал		Твердость	ЕВ	МД	Профиль и размеры			МВ	КОИД		
Токарная		20ХГНР ГОСТ 4543-71		НВ 180	166	14,46	#155x134			26,03	1		
Оборудование, устройства ЧПУ		Обозначение программы		то	тв	тгв	тип	созд					
16К20Ф3				183			263	Украина-1					
		пи	о или в	L	t	i	s	п	v				
01	5. Открепить, снять деталь с приспособления, уложить на тележку.												
T ₀₂													
T ₀₃													
O ₀₄													
P ₀₅													
06													
07													
08													
09													
10													

Продолжение Приложения А

Продолжение таблицы А.1



Продолжение Приложения А

Продолжение таблицы А.1

ГОСТ 2118-82										Форм 1			
Дубл.													
Взам.													
Подп.													
Разраб.	Козлова												
Проверил	Козлова												
И.контр.													
<i>Вал-шестерня</i>										Цех	Уч.	Р.М.	Опер.
													055
Наименование операции		Материал		Твердость	ЕВ	МД	Профиль и размеры			МВ	КОИД		
<i>Зубонарезная</i>		<i>20ХГНР ГОСТ 4543-71</i>		<i>НВ 180</i>	<i>166</i>	<i>14,46</i>	<i>#155x134</i>			<i>26,03</i>	<i>1</i>		
Оборудование, устройства ЧПУ		Обозначение программы		то	тЪ	тне	тип	созж					
<i>5С268</i>				<i>8,75</i>			<i>9,55</i>	<i>Украина-1</i>					
		пи	о или в	L	f	i	s	п	v				
01	<i>1. Установить заготовку</i>												
Т.02	<i>396190 Патрон цанговый; 392123 Резцы строгальные Р6МБ ГОСТ5392-80.</i>												
0.03	<i>2. Обрабатывать поверхность выдерживая размеры согласно эскиза.</i>												
Р.04		<i>1</i>				<i>0,35</i>		<i>25</i>	<i>90</i>	<i>54</i>			
05	<i>3. Открепить, снять деталь с приспособления, положить на тележку.</i>												
06													
07													
08													
09													
10													

