



## Аннотация

В данной работе рассматривается технологический процесс изготовления шпинделя вертикально-фрезерного станка с ЧПУ X-Mill 900 CNC. Цель выполнения работы заключается в разработке технологии изготовления шпинделя, обеспечивающей выпуск годовой программы качественных деталей с минимальной стоимостью изготовления.

Работа состоит из пояснительной записки и графической части. Графическая часть состоит из 8 листов формата А1. Пояснительная записка состоит из 62 страниц, в том числе приложений. В пояснительную записку входят пять основных разделов, каждый из которых посвящен решению задач, направленных на достижения цели работы. В первом разделе рассмотрены имеющиеся исходные данные, проведен их критический анализ, выявлены характеристики типа производства и поставлены задачи работы. Во втором разделе разработана технология изготовления детали. Для этого решены задачи выбора метода получения и проектирования заготовки. Проведено проектирование плана изготовления детали на основе типового технологического маршрута. Исходя из типа производства выбрано технологическое оборудование, технологическая оснастка, металлорежущие инструменты и средства контроля. Определены режимы резания и нормирование технологических операций, и проведено их проектирование. Разработана соответствующая технологическая документация. В третьем разделе проведено совершенствование технологического процесса путем устранения технических недостатков базовой технологии. Спроектирован цанговый патрон и резец для токарной операции. В четвертом разделе рассмотрены вопросы производственной безопасности при выполнении технологического процесса и его влияния на окружающую среду. Предложены мероприятия по устранению выявленных недостатков. В пятом разделе рассчитаны экономические показатели предлагаемой технологии изготовления с учетом мероприятий по ее совершенствованию.

## Содержание

Введение.....	4
1 Определение задач работы на базе анализа исходных данных.....	5
1.1 Анализ функционального назначения детали и условий эксплуатации ..	5
1.2 Анализ технологических показателей детали .....	6
1.3 Анализ типа производства.....	8
1.4 Задачи работы .....	10
2 Разработка технологии изготовления .....	11
2.1 Обоснование выбора и разработка заготовки .....	11
2.2 Разработка плана изготовления детали.....	20
2.3 Выбор оборудования и технологической оснастки.....	22
2.4 Проектирование операций технологического процесса .....	25
3 Разработка специальной технологической оснастки .....	28
3.1 Разработка цангового патрона .....	28
3.2 Разработка токарного резца.....	32
4 Безопасность и экологичность технического объекта .....	35
4.1 Конструктивно-технологическая и организационно-техническая характеристики рассматриваемого технического объекта .....	35
4.2 Идентификация профессиональных рисков.....	36
4.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков.....	38
4.4 Обеспечение экологической безопасности технического объекта .....	40
5 Экономическая эффективность работы .....	42
Заключение .....	46
Список используемых источников.....	47
Приложение А Технологическая документация.....	50
Приложение Б Спецификации к сборочным чертежам .....	60

## Введение

В современном металлообрабатывающем производстве широкое распространение получили станки оснащенные системами числового программного управления.

Данное оборудование отличается высокой гибкостью, то есть позволяет выполнять быструю переналадку на выпуск новой детали. Зачастую для этого достаточно заменить управляющую программу, которая разрабатывается с использованием специализированного программного обеспечения вне станочного оборудования. Часто станки данного типа сочетают в себе возможность проведения разнохарактерной обработки. Эти качества сочетаются с высокой производительностью данного оборудования. В связи с этим данный класс оборудования нашел широкое применение во всех типах производства от единичного до массового.

Конструкция данного оборудования имеет ряд специфических особенностей. Одна из них это применение шпинделей, которые могут обеспечить широкий диапазон рабочих скоростей. Такие шпиндели имеют сложную конструкцию и жесткие требования к точности размеров и качеству обработки поверхностей. Данные требования могут быть исполнены только в ходе изготовления шпинделя. Кроме технических характеристик в процессе изготовления необходимо обеспечить необходимую производительность и минимальную стоимость изготовления шпинделя.

В данной работе рассматривается один из таких шпинделей, предназначенный для использования в конструкции вертикально-фрезерного станка. Цель выполнения работы можно сформулировать следующим образом. Разработать технологию изготовления шпинделя вертикально-фрезерного станка с числовым программным управлением X-Mill 900 CNC, обеспечивающую выпуск годовой программы качественных деталей с минимальной стоимостью изготовления.

## **1 Определение задач работы на базе анализа исходных данных**

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

Основное назначение шпинделя заключается в создании главного движения резания, то есть передачи крутящего момента от привода на режущий инструмент через оправку. Момент воспринимается боковыми поверхностями одного из шпоночных пазов и передается на оправку посредством конической поверхности и боковых поверхностей торцевых пазов. В процессе эксплуатации шпиндель устанавливается в закрытый корпус на подшипниках. Один из концов шпинделя выходит из подшипникового узла и контактирует с внешней средой.

Воздействие внешней среды на шпиндель зависит от условий использования оборудования. Внутренний микроклимат производственного помещения достаточно жестко регламентируется, поэтому его влияние на состояние и условия эксплуатации шпинделя незначительное. Влияние других внешних факторов рабочей среды, таких как, смазочно-охлаждающая жидкость, стружка, металлическая пыль и ряд других, может быть существенным и сильно зависит от условий эксплуатации оборудования. Под условиями эксплуатации в данном случае понимаются вид обрабатываемого материала и его физико-механические характеристики, характеристики используемой смазочно-охлаждающей жидкости, характеристики используемого режущего инструмента и реализуемый метод обработки. В наихудшем случае данные условия могут быть очень агрессивными и приведут к повышенному износу выступающих поверхностей шпинделя и их повреждению. Температурный режим работы шпинделя зависит от наличия смазочно-охлаждающей жидкости в зоне резания, скоростей обработки и передаваемой мощности. Как правило, температурный режим не выходит за расчетные значения. Рабочие нагрузки, воздействующие на шпиндель в

процессе обработки, могут быть значительными по величине и зависят от используемых режимов резания. Направление приложения рабочих нагрузок характеризуется как знакопеременное. Возможно возникновение ударных нагрузок, что объясняется особенностями реализуемых методов обработки.

Из проведенного анализа можно сделать вывод, что деталь соответствует своему служебному назначению. Условия работы шпинделя можно охарактеризовать как сложные с активным внешним механическим и химическим воздействием.

## **1.2 Анализ технологических показателей детали**

Технологические показатели детали характеризуют степень ее пригодности к выполнению служебного назначения и пригодности к производству. Проведение анализа технологических показателей детали будем проводить по критериям [5].

Первый критерий это технологичность материала детали. Шпиндель изготавливается из стали 19ХГН ГОСТ 4543–71. Анализ химического состава и физико-механических свойств, приведенных в литературе [23] позволяют следующие выводы относительно характеристик данного материала. Механические характеристики выбранной для изготовления детали стали обеспечивают нормальную эксплуатацию во всех диапазонах рабочих скоростей и нагрузок. Характеристика обрабатываемости, оцениваемая по коэффициенту обрабатываемости материала, составляет 0,8 для твердосплавного инструмента и 0,72 для быстрорежущей стали. Материал обладает хорошими пластическими свойствами. Значит, для получения заготовки можно использовать методы пластического деформирования, которые являются достаточно производительными и при определенных условиях экономичными. Из приведенных соображений по первому критерию деталь следует признать технологичной.

Второй критерий это технологичность конструкции детали.

Конфигурация детали образована плоскостями и поверхностями вращения, при этом имеется центральное ступенчатое отверстие. В конструкции детали применены стандартизированные конструкторские элементы, такие как, фаски, шпоночные пазы и канавки. Размеры и их точность, а также характеристики поверхностей приняты в соответствии со стандартами. Еще одним важным показателем для определения технологичности конструкции детали является количество ответственных поверхностей, к которым предъявляются жесткие требования по характеристикам. Для выявления данных поверхностей необходимо классифицировать все поверхности детали по назначению. Сначала разработаем эскиз детали и пронумеруем на нем все ее поверхности (рисунок 1). По данным [11] классифицируем все поверхности по их назначению.

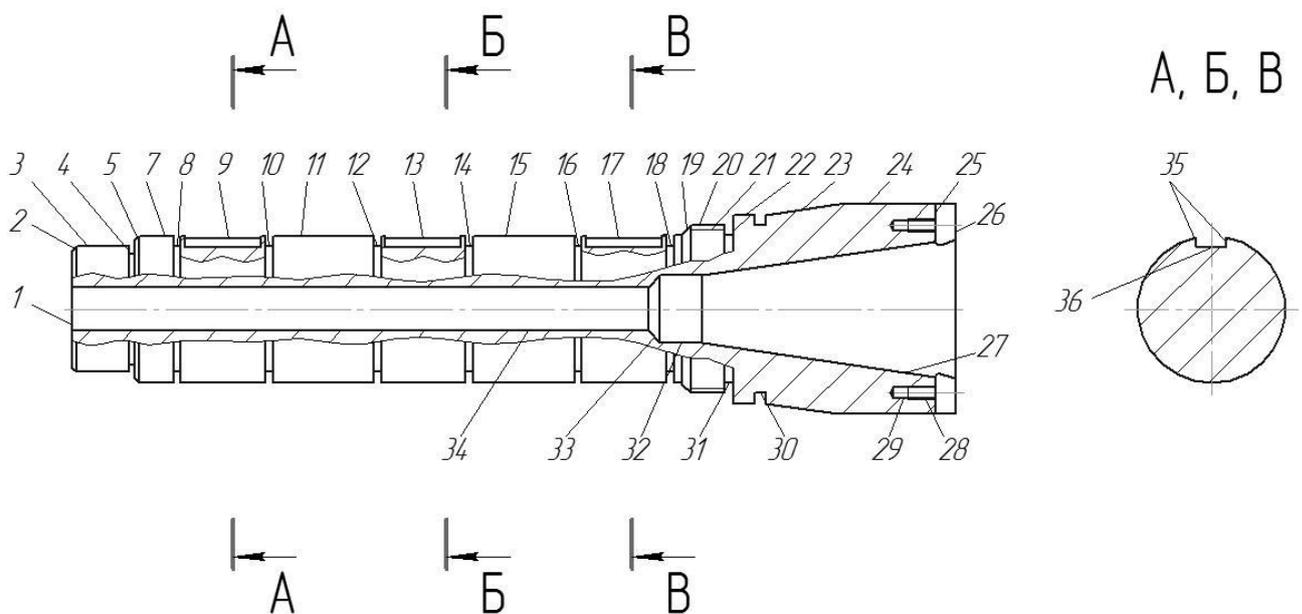


Рисунок 1 – Эскиз шпинделя

Основными конструкторскими базами шпинделя являются поверхности 3 и 23, вспомогательными конструкторскими базами шпинделя являются поверхности 9, 11, 13, 15, 17, 25, 27, 36, исполнительными поверхностями являются 28 и 35. Как видно из данной классификации,

количество ответственных поверхностей составляет значительную часть от общего количества поверхностей, что скажется на количестве точных операций, необходимых для их обработки. Для получения поверхностей детали, исходя из вышесказанного, достаточно применять типовые методы обработки. А для проведения контроля стандартные средства измерений и диагностики. Из приведенных соображений по второму критерию деталь следует признать технологичной.

Третий критерий это технологичность механической обработки детали. Обработка детали, исходя из ее особенностей, может производиться по типовому маршруту обработки. Базирование детали может быть реализовано на основе типовых схем при помощи центровых отверстий и наружных поверхностей. Это позволит использовать в качестве средств оснащения стандартные станочные приспособления и гарантированно соблюсти принципы базирования, что необходимо для снижения припусков на обработку. Механическая обработка всех поверхностей, не зависимо от их точности, может быть реализована стандартными методами обработки на серийном оборудовании с применением универсального и стандартизированного режущего инструмента. Из этого следует, что по третьему критерию деталь следует признать технологичной.

Анализ по всем трем группам критериям показал, что шпиндель имеет технологические показатели соответствующие всем основным требованиям и может считаться технологичной деталью.

### **1.3 Анализ типа производства**

Анализ тип производства позволит более подробно рассмотреть его особенности и определить дальнейшее направление в проектировании.

На первом этапе необходимо определить серийность производства исходя из имеющихся исходных данных. В данном случае для этого подходит методика [13] согласно которой при годовой программе выпуска

5000 штук в год детали массой 12,34 кг тип производства соответствует среднесерийному.

Следующим этапом выявляем особенности данного типа производства по данным [5].

Технологический процесс при среднесерийном типе производства имеет не поточную форму организации с последовательной стратегией проектирования и проектированием на основе типового техпроцесса. Методы обработки поверхностей и их последовательность назначаются из условия обеспечения минимума суммарного коэффициента удельных затрат. Маршрут обработки проектируется исходя из принципов экстенсивной или интенсивной концентрации операций, в зависимости от используемого оборудования и особенностей конструкции детали. Результат проектирования технологического процесса оформляется в виде маршрутной карты.

Технологические припуски назначаются в зависимости от требуемой точности обработки по переходам. Для точных и ответственных поверхностей используется расчетно-аналитический метод, а для остальных опытно-статистический. Точность исполнения размеров обеспечивается работой на настроенном оборудовании.

Технологические операции строятся на основе максимальной концентрации переходов. Режимы резания на выполнение операций и их нормирование определяются по нормативам и эмпирическим формулам. Базирование заготовок осуществляется с учетом принципов постоянства баз и единства баз на основе типовых схем базирования, что позволяет сократить величину припусков на обработку и использовать для их реализации универсальную станочную оснастку. В случае обоснованной необходимости допускается использование специальной станочной оснастки. Оборудование на технологических операциях должно реализовывать схему операции, быть гибким, отвечать требованиям универсальности и желательно оснащенным числовым программным управлением. Металлорежущий инструмент

используется универсальный, стандартизированный. В случае обоснованной необходимости допускается использование специального металлорежущего инструмента. Контрольные средства должны быть универсальными, желательно с абсолютным отсчетом значений. Результат проектирования технологических операций оформляется в виде операционных карт и карт эскизов.

#### **1.4 Задачи работы**

Основываясь на проведенном анализе, сформулируем задачи, которые необходимо решить в ходе выполнения работы. Во-первых, необходимо решить задачи выбора метода получения и проектирования заготовки. Затем, исходя из полученной заготовки, провести проектирование плана изготовления детали на основе типового технологического маршрута. Далее в соответствии с типом производства выбрать технологическое оборудование, технологическую оснастку, металлорежущие инструменты и средства контроля. Определить режимы резания и выполнить нормирование технологических операций, и провести их проектирование. Разработать соответствующую технологическую документацию. После этого провести совершенствование технологического процесса путем устранения технических недостатков базовой технологии. Далее рассмотреть вопросы производственной безопасности при выполнении технологического процесса и его влияния на окружающую среду. Предложить мероприятия по устранению выявленных недостатков. В заключении необходимо рассчитать экономические показатели предлагаемой технологии изготовления с учетом мероприятий по ее совершенствованию.

При выполнении данного раздела рассмотрены имеющиеся исходные данные, проведен их критический анализ, выявлены характеристики типа производства и поставлены задачи работы.

## 2 Разработка технологии изготовления

### 2.1 Обоснование выбора и разработка заготовки

Выбор заготовки многовариантная задача. При ее решении следует учитывать свойства материала детали, серийность производства, технологические возможности производства и ряд других. В целях упрощения решения задачи при выборе метода получения заготовки воспользуемся рекомендациями [12]. В результате приходим к выводу, что для данной детали наиболее эффективными являются методы штамповки на кривошипном горячештамповочном прессе и на горизонтально-ковочной машине. Данные методы имеют практически одинаковые технические показатели в условиях среднесерийного производства, поэтому выбор конкретного метода производится при помощи сравнения их экономических показателей. Для этого необходимо определить общие затраты на получение детали из заготовки полученной соответствующим методом при помощи методики [5]. Данные затраты рассчитываются по формуле:

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

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

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

$i$  – индекс варианта получения заготовки» [5].

Индекс вариант получения заготовки принимаем 1 для штамповки на горизонтально-ковочной машине, 2 для штамповки на кривошипном горячештамповочном прессе.

«Стоимость получения заготовки рассчитывается по формуле:

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

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

$M_{zi}$  – масса заготовки, кг;

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

$K_T$  – коэффициент, определяемый необходимой точностью заготовки;

$K_{сл}$  – коэффициент, определяемый сложностью получения заготовки» [5].

«Расчет массы заготовки выполняется по формуле:

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

где  $M_d$  – масса детали, кг;

$K_p$  – коэффициент формы заготовки и способа ее получения» [5].

Определение массы детали проведем при помощи моделирования в программе «Компас». Полученная модель шпинделя представлена на рисунке 2. Масса детали составляет 12,34 кг.



Рисунок 2 – Модель шпинделя

Тогда масса заготовки для каждого из методов составит.

$$M_{z1} = 12,34 \cdot 1,2 = 13,92 \text{ кг.}$$

$$M_{z2} = 12,34 \cdot 1,3 = 16,04 \text{ кг.}$$

Производим расчеты по формуле (2).

$$C_{з1} = \frac{30000 \cdot 13,92}{1000} \cdot 1,2 \cdot 0,9 \cdot 1,0 = 451,08 \text{ р.}$$

$$C_{з2} = \frac{30000 \cdot 16,04}{1000} \cdot 1,3 \cdot 0,9 \cdot 1,0 = 563,01 \text{ р.}$$

«Стоимость механической обработки рассчитывается по формуле:

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

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

$K_{имi}$  – коэффициент использования материала;

$K_{о}$  – коэффициент обрабатываемости материала» [5].

«Коэффициент использования материала рассчитывается по формуле:

$$K_{имi} = \frac{M_{д}}{M_{з}}. \quad (5) \gg [5].$$

$$K_{им1} = \frac{12,34}{13,92} = 0,87.$$

$$K_{им2} = \frac{12,34}{16,04} = 0,77.$$

Производим расчеты по формуле (4).

$$C_{обр1} = \frac{40 \cdot \left(\frac{1}{0,87} - 1\right) \cdot 12,34}{0,85} = 86,77 \text{ р.}$$

$$C_{обр2} = \frac{40 \cdot \left(\frac{1}{0,77} - 1\right) \cdot 12,34}{0,85} = 173,46 \text{ р.}$$

Общие затраты по формуле (1) составят.

$$C_1 = 451,08 + 86,77 = 537,85 \text{ р.}$$

$$C_2 = 563,01 + 173,46 = 736,47 \text{ р.}$$

Метод получения заготовки на горизонтально-ковочной машине имеет лучшие экономические показатели, поэтому выбираем его для дальнейшего проектирования.

Далее необходимо спроектировать заготовку. Первым этапом

проектирования заготовки является определение припусков на обработку поверхностей по переходам. Для этого сначала необходимо определить маршруты обработки поверхностей исходя из требуемой точности их размеров и требуемого качества обработки поверхностного слоя. В ходе анализа типа производства было установлено, что методы обработки поверхностей и их последовательность назначаются из условия обеспечения минимума суммарного коэффициента удельных затрат по методике [19]. Полученные последовательности методов обработки поверхностей приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Последовательности методов обработки поверхностей

Номер поверхности	Форма поверхности	Требуемая шероховатость $Ra$ , мкм	Требуемый качество точности	Последовательность обработки
1	плоская	12,5	12	ф, то
2	коническая	12,5	12	тч, то
3	цилиндрическая	0,63	6	т, тч, то, ш, шч
4	цилиндрическая	12,5	12	тч, то
5	коническая	12,5	12	тч, то
6	плоская	12,5	12	т, то
7	цилиндрическая	1,25	8	т, тч, то, ш
8	цилиндрическая	12,5	12	тч, то
9	цилиндрическая	0,8	8	т, тч, то, ш
10	цилиндрическая	12,5	12	тч, то
11	цилиндрическая	1,25	8	т, тч, то, ш
12	цилиндрическая	12,5	12	тч, то
13	цилиндрическая	0,8	8	т, тч, то, ш
14	цилиндрическая	12,5	12	тч, то
15	цилиндрическая	1,25	8	т, тч, то, ш
16	цилиндрическая	12,5	12	тч, то
17	цилиндрическая	0,8	8	т, тч, то, ш
18	цилиндрическая	12,5	12	тч, то
19	коническая	12,5	12	тч, то
20	цилиндрическая	12,5	12	т, то
21	винтовая	12,5	10	рн, то
22	цилиндрическая	12,5	12	т, то
23	коническая	0,25	6	т, тч, то, ш, шч, по
24	цилиндрическая	1,25	6	т, тч, то, ш, шч
25	плоская	12,5	12	ф, то
26	плоская	12,5	12	ф, то
27	коническая	1,25	6	т, тч, то, ш, шч

Продолжение таблицы 1

Номер поверхности	Форма поверхности	Требуемая шероховатость $Ra$ , мкм	Требуемый квалитет точности	Последовательность обработки
28	винтовая	12,5	10	рн-то
29	цилиндрическая	12,5	12	с, то
30	цилиндрическая	12,5	12	тч, то
31	цилиндрическая	12,5	12	тч, то
32	цилиндрическая	12,5	12	с, то
33	коническая	12,5	12	с, то
34	цилиндрическая	12,5	12	с, то

Обозначения принятые в таблице 1: т – метод обработки черновое точение; тч – метод обработки чистовое точение; то – закалка и отпуск; ш – метод обработки черновое шлифование; шч – метод обработки чистовое шлифование; с – метод обработки сверление; рн – метод обработки резьбонарезание; ф – метод обработки фрезерование; по – метод обработки полирование.

Имея последовательности обработки поверхностей, определяем припуски на их обработку. В ходе анализа типа производства было установлено, что для точных и ответственных поверхностей используется расчетно-аналитический метод [21]. Выполняем расчет для поверхности  $60k6^{(+0,021}_{+0,002})$ .

«Минимальные значения припусков определяются по формуле:

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

где  $a$  – глубина суммарного дефектного слоя, мм;

$\Delta$  – суммарные пространственные отклонения, мм;

$\varepsilon$  – погрешности установки заготовки на операции, мм;

$i$  – индекс текущего перехода;

$i - 1$  – индекс предыдущего перехода» [21].

$$z_{1min} = a_0 + \sqrt{\Delta_0^2 + \varepsilon_1^2} = 0,300 + \sqrt{0,300^2 + 0,025^2} = 0,601 \text{ мм.}$$

$$z_{2min} = a_1 + \sqrt{\Delta_1^2 + \varepsilon_2^2} = 0,200 + \sqrt{0,075^2 + 0,025^2} = 0,438 \text{ мм.}$$

$$z_{3min} = a_{T0} + \sqrt{\Delta_{T0}^2 + \varepsilon_3^2} = 0,025 + \sqrt{0,030^2 + 0,012^2} = 0,282 \text{ мм.}$$

$$z_{4min} = a_3 + \sqrt{\Delta_3^2 + \varepsilon_4^2} = 0,150 + \sqrt{0,012^2 + 0,012^2} = 0,167 \text{ мм.}$$

«Максимальные значения припусков определяются по формуле:

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

где  $Td_i$  – допуски на выполнение размера на текущем переходе, мм;

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

$$\begin{aligned} \ll z_{1 \max} &= z_{1 \min} + 0,5 \cdot (Td_0 + Td_1) = 0,601 + 0,5 \cdot (1,2 + 0,30) = \\ &= 1,351 \text{ мм.} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} z_{2 \max} &= z_{2 \min} + 0,5 \cdot (Td_1 + Td_2) = 0,438 + 0,5 \cdot (0,30 + 0,12) = \\ &= 0,648 \text{ мм.} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} z_{3 \max} &= z_{3 \min} + 0,5 \cdot (Td_{T0} + Td_3) = 0,282 + 0,5 \cdot (0,160 + 0,046) = \\ &= 0,385 \text{ мм.} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} z_{4 \max} &= z_{4 \min} + 0,5 \cdot (Td_3 + Td_4) = 0,167 + 0,5 \cdot (0,046 + 0,019) = \\ &= 0,200 \text{ мм} \gg [21]. \end{aligned}$$

«Средние значения припусков определяются по формуле:

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

$$z_{cp1} = 0,5 \cdot (z_{1 \max} + z_{1 \min}) = 0,5 \cdot (1,351 + 0,601) = 0,976 \text{ мм.}$$

$$z_{cp2} = 0,5 \cdot (z_{2 \max} + z_{2 \min}) = 0,5 \cdot (0,648 + 0,438) = 0,543 \text{ мм.}$$

$$z_{cp3} = 0,5 \cdot (z_{3 \max} + z_{3 \min}) = 0,5 \cdot (0,385 + 0,282) = 0,334 \text{ мм.}$$

$$z_{cp4} = 0,5 \cdot (z_{4 \max} + z_{4 \min}) = 0,5 \cdot (0,200 + 0,167) = 0,184 \text{ мм.}$$

Размеры на проведение операций рассчитываются следующим образом.

«Минимальный операционный размер рассчитывается по формуле:

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

«Максимальный операционный размер рассчитывается по формуле:

$$d_{(i-1)max} = d_{(i-1)min} + T d_{i-1}. \quad (10) \gg [21]$$

«Средний операционный размер рассчитывается по формуле:

$$d_{i cp} = 0,5 \cdot (d_{i max} + d_{i min}). \quad (11) \gg [21]$$

«Маршрут обработки рассматриваемой поверхности содержит переход термической обработки, поэтому для перехода ему предшествующему минимальный размер рассчитывается по формуле:

$$d_{(то-1)min} = d_{(i-1) min} \cdot 0,999. \quad (12) \gg [21]$$

Выполнение расчета операционных размеров начинаем с последнего перехода, то есть с окончательного размера.

$$d_{4min} = 60,002 \text{ мм.}$$

$$d_{4max} = 60,021 \text{ мм.}$$

$$d_{4cp} = 0,5 \cdot (d_{4max} + d_{4min}) = 0,5 \cdot (60,021 + 60,002) = 60,012 \text{ мм.}$$

$$d_{3min} = d_{4min} + 2 \cdot z_{4min} = 60,002 + 2 \cdot 0,167 = 60,336 \text{ мм.}$$

$$d_{3max} = d_{3min} + T d_3 = 60,336 + 0,046 = 60,382 \text{ мм.}$$

$$d_{3cp} = 0,5 \cdot (d_{3max} + d_{3min}) = 0,5 \cdot (60,382 + 60,336) = 60,359 \text{ мм.}$$

$$d_{то min} = d_{3min} + 2 \cdot z_{3min} = 60,336 + 2 \cdot 0,282 = 60,900 \text{ мм.}$$

$$d_{то max} = d_{то min} + T d_{то} = 60,900 + 0,160 = 61,060 \text{ мм.}$$

$$d_{то cp} = 0,5 \cdot (d_{то max} + d_{то min}) = 0,5 \cdot (61,060 + 60,900) = \\ = 60,980 \text{ мм.}$$

$$d_{2min} = d_{то min} \cdot 0,999 = 61,060 \cdot 0,999 = 61,004 \text{ мм.}$$

$$d_{2max} = d_{2min} + Td_2 = 61,004 + 0,120 = 61,124 \text{ мм.}$$

$$d_{2cp} = 0,5 \cdot (d_{2max} + d_{2min}) = 0,5 \cdot (61,124 + 61,004) = 61,064 \text{ мм}$$

$$d_{1min} = d_{2min} + 2 \cdot z_{2min} = 61,004 + 2 \cdot 0,438 = 61,880 \text{ мм.}$$

$$d_{1max} = d_{1min} + Td_1 = 61,880 + 0,300 = 62,180 \text{ мм.}$$

$$d_{1cp} = 0,5 \cdot (d_{1max} + d_{1min}) = 0,5 \cdot (62,180 + 61,880) = 62,030 \text{ мм.}$$

$$d_{0min} = d_{1min} + 2 \cdot z_{1min} = 61,880 + 2 \cdot 0,601 = 63,082 \text{ мм.}$$

$$d_{0max} = d_{0min} + Td_0 = 63,082 + 1,200 = 64,282 \text{ мм.}$$

$$d_{0cp} = 0,5 \cdot (d_{0max} + d_{0min}) = 0,5 \cdot (64,282 + 63,082) = 63,682 \text{ мм.}$$

«Общий минимальный припуск рассчитывается по формуле:

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

$$2z_{min} = 63,082 - 60,021 = 3,061 \text{ мм.}$$

«Общий максимальный припуск рассчитывается по формуле:

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

$$2z_{max} = 3,061 + 1,200 + 0,019 = 4,280 \text{ мм.}$$

«Общий средний припуск рассчитывается по формуле:

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

$$2z_{cp} = 0,5 \cdot (3,061 + 4,280) = 3,671 \text{ мм.}$$

Припуски на остальные поверхности определяются опытно-статистическим методом [20]. Согласно данному методу минимальные припуски на обработку определяются при помощи таблиц, а максимальные рассчитываются аналогично расчетно-аналитическому методу по формуле (7). Применение данного метода дает меньшую точность расчетов, но сокращает время проектирования. Снижение точности не приводит к

существенному увеличению стоимости, так как годовая программа выпуска деталей не значительная. Результаты по определению припусков приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Результаты по определению припусков

Номер поверхности	Переход	Минимальный припуск, мм	Максимальный припуск, мм
1	фрезерование	2,5	5,315
4	точение черновое	2,5	4,235
7	точение черновое	1,7	3,45
	точение чистовое	0,35	0,56
	шлифование	0,75	0,833
	шлифование чистовое	0,06	0,106
9	точение черновое	1,7	3,45
	точение чистовое	0,35	0,56
	шлифование	0,75	0,833
	шлифование чистовое	0,06	0,106
11	точение черновое	1,7	3,45
	точение чистовое	0,35	0,56
	шлифование	0,75	0,833
	шлифование чистовое	0,06	0,106
13	точение черновое	1,7	3,45
	точение чистовое	0,35	0,56
	шлифование	0,75	0,833
	шлифование чистовое	0,06	0,106
15	точение черновое	1,7	3,45
	точение чистовое	0,35	0,56
	шлифование	0,75	0,833
	шлифование чистовое	0,06	0,106
17	точение черновое	1,7	3,45
	точение чистовое	0,35	0,56
	шлифование	0,75	0,833
	шлифование чистовое	0,06	0,106
19	точение черновое	2,5	4,5
20	точение черновое	1,7	3,45
22	точение черновое	2,15	3,9
23	точение черновое	2,15	3,925
	точение чистовое	0,4	0,645
	шлифование	0,65	0,747
	шлифование чистовое	0,06	0,098
	полирование	0,005	0,027
24	точение черновое	2,15	3,925
	точение чистовое	0,4	0,645
	шлифование	0,65	0,747
	шлифование чистовое	0,06	0,098

## Продолжение таблицы 2

Номер поверхности	Переход	Минимальный припуск, мм	Максимальный припуск, мм
26	фрезерование	2,5	5,315
27	точение черновое	0,55	2,3
	точение чистовое	0,35	0,56
	шлифование	0,3	0,383
	шлифование чистовое	0,2	0,238

Вторым этапом проектирования заготовки является определение ее параметров, включая допуски на размеры и технологические напуски, присутствие которых на заготовке обусловлено особенностями технологии ее получения. Данный этап выполняется с использованием рекомендаций [7].

Заключительным этапом проектирования заготовки является разработка рабочего чертежа заготовки. На чертеже указываются контуры заготовки, размеры и допуски на их выполнение, а также технические требования в соответствии с требованиями [5]. Чертеж заготовки приведен в графической части работы.

### **2.2 Разработка плана изготовления детали**

План изготовления в среднесерийном типе производства проектируется с учетом того, что применяется не поточная форма его организации с последовательной стратегией проектирования на основе типовых маршрутов обработки. План изготовления включает в себя сведения о маршруте изготовления детали, операционные эскизы, схемы базирования, операционные размеры, а также технические требования на выполнение операций. Назначение технических требований производится в соответствии с методикой [19].

Маршрут обработки проектируется исходя из принципов экстенсивной или интенсивной концентрации переходов на операциях, в зависимости от используемого оборудования и особенностей конструкции детали. Для

формирования маршрута обработки в качестве типовых маршрутов обработки будем использовать данные представленные в литературе [1, 11]. Проведя анализ данных технологических маршрутов путем исключения из них лишних операций и добавления недостающих. Результаты представим в виде таблицы 3.

Таблица 3 – Маршрут изготовления

Операция	Содержание операции	Номера обрабатываемых поверхностей
005 Фрезерно-центровальная	фрезерование, сверление	1, 26, 37, 38
010 Токарная	точение	3, 5, 7, 19, 20
015 Токарная	точение	22, 23, 24, 27, 32
020 Токарная	точение	2, 3, 4, 5, 7, 9, 11, 13, 15, 17, 19, 20
025 Токарная	точение	23, 24, 27
030 Фрезерная	фрезерование	35, 36
035 Сверлильная	сверление	34
040 Фрезерная	фрезерование, сверление, резбонарезание	25, 28, 29
045 Термическая	то	все
050 Правильная	правка	
055 Круглошлифовальная	шлифование	23, 24
060 Внутришлифовальная	шлифование	27
065 Круглошлифовальная	шлифование	3, 7, 9, 11, 13, 15, 17
070 Круглошлифовальная	шлифование	23, 24
075 Внутришлифовальная	шлифование	27
080 Круглошлифовальная	шлифование	3, 7, 9, 11, 13, 15, 17
085 Полировальная	полирование	23
090 Моечная	мойка	все
095 Контрольная	контроль	все

Основываясь на представленных в таблице 3 сведениях, проектируется план изготовления детали, который представляет собой графический документ, отражающий основные положения проектируемой технологии изготовления. Рекомендации по проектированию плана изготовления детали содержатся в литературе [19]. Спроектированный план изготовления приведен в графической части работы.

### **2.3 Выбор оборудования и технологической оснастки**

В ходе анализа технологичности детали и типа производства было установлено, что для оснащения технологического процесса в условиях среднесерийного типа производства, а также особенностей конструкции детали к оборудованию и технологической оснастке предъявляется ряд требований.

Станочное оборудование должно обладать универсальностью и возможностью быстрой перенастройки на выпуск новых деталей. Отвечать требованиям по заданной точности обработки.

Режущие инструменты должны отвечать требованиям по обеспечению стойкости и режимов резания. Предпочтительно использование универсальных инструментов со сменными режущими пластинами. В обоснованных случаях допускается использование специальных режущих инструментов.

Средства контроля должны обладать широким диапазоном контролируемых размеров, быть универсальными, выдавать результаты контроля в абсолютных величинах.

Станочные приспособления должны обладать универсальностью, достаточным быстродействием, возможностью переналадки, обеспечивать механизацию закрепления. Предпочтительно использование универсальных, сборно–разборных и переналаживаемых станочных приспособлений. В обоснованных случаях допускается использование специальных станочных приспособлений.

Более подробно принципы выбора оборудования и технологической оснастки приведены в литературе [5]. Выбор моделей и типоразмеров оборудования и технологической оснастки выполняем с использованием данных [4, 8, 9, 10, 15, 17, 22]. Результаты представлены в таблице 4.

Таблица 4 – Результаты выбора оборудования и технологической оснастки

Операция	Оборудование	Инструменты	Средства контроля	Станочные приспособления
005 Фрезерно-центровальная	фрезерно-центровальный полуавтомат МР-71	фреза торцовая Ø120 ГОСТ 9473-80, зенковка Ø80 МН 727-80, сверло центровочное Тип А ГОСТ 14952-75	штангенциркуль ШЦ-III ГОСТ 166-89, калибр	тиски станочные винтовые самоцентрирующие ГОСТ 21167-75
010 Токарная	«токарный НААС GT10» [8]	резец проходной специальный ВОК-60	штангенциркуль ШЦ-III ГОСТ 166-89	патрон трехлапчатый ГОСТ 2675-80
015 Токарная	«токарный НААС GT10» [8]	резец проходной специальный ВОК-60, «сверло сборное 880-D3200L40-04 GC4014 «Sandvik»» [9], резец токарный расточной специальный ВОК-60	штангенциркуль ШЦ-III ГОСТ 166-89, нутромер НМ ГОСТ 160-80	патрон цанговый специальный
020 Токарная	«токарный НААС GT10» [8]	резец проходной специальный ВОК-60, резец канавочный ВОК-60	штангенциркуль ШЦ-III ГОСТ 166-89	патрон трехлапчатый ГОСТ 2675-80
025 Токарная	«токарный НААС GT10» [8]	резец проходной специальный ВОК-60, резец токарный расточной специальный ВОК-60	штангенциркуль ШЦ-III ГОСТ 166-89, нутромер НМ ГОСТ 160-80	патрон цанговый специальный
030 Фрезерная	«вертикальный обрабатывающий центр НААС VF 1» [8]	«фреза концевая R216.34-10050-CC16P GC1640 «Sandvik»» [9]	штангенциркуль ШЦ-III ГОСТ 166-89	тиски станочные
035 Сверлильная	«сверлильный НААС OM 1» [8]	«сверло специальное Ø21 GC 1020 «Sandvik»» [9]	штангенциркуль ШЦ-III ГОСТ 166-89, калибры	тиски станочные
040 Фрезерная	«вертикальный обрабатывающий центр НААС VF 1» [8]	«фреза концевая RA216.34-4850-CK19P GC1640 «Sandvik», сверло R840-0500-30-A0A GC1220 «Sandvik», фреза резьбовая 327R09-18 150MM-TH GC1025 «Sandvik»» [8]	штангенциркуль ШЦ-III ГОСТ 166-89, калибры	тиски станочные

Продолжение таблицы 4

Операция	Оборудование	Инструменты	Средства контроля	Станочные приспособления
045 Термическая	–	–	–	–
050 Правильная	пресс правильный «Galdabini»	–	–	–
055 Кругло-шлифовальная	круглошлифовальный RSM 500	круг шлифовальный 1 – 500x40x127 23A46K7V	скоба рычажная СР ГОСТ11098-75	патрон цанговый специальный
060 Внутри-шлифовальная	внутришлифовальный 3K225B	круг шлифовальный 1 – 20x32x6 23A46K7V	нутромер НМ ГОСТ160-80	патрон цанговый специальный
065 Кругло-шлифовальная	круглошлифовальный RSM 500	круг шлифовальный 1 – 500x40x127 23A46K7V	скоба рычажная СР ГОСТ 11098-75	патрон поводковый
070 Кругло-шлифовальная	круглошлифовальный RSM 500	круг шлифовальный 1 – 500x40x127 24A60K6V	скоба рычажная СР ГОСТ 11098-75	патрон цанговый специальный
075 Внутри-шлифовальная	внутришлифовальный 3K225B	круг шлифовальный 1 – 20x32x6 24A60K6V	нутромер НМ ГОСТ 160-80	патрон цанговый специальный
080 Кругло-шлифовальная	кругло-шлифовальный RSM 500	круг шлифовальный 1 – 500x40x127 24A60K6V	скоба рычажная СР ГОСТ 11098-75	патрон поводковый
085 Полировальная	Полировально - шлифовальный 3A352	круг полировальный 1 – 500x40x127 фибровый	–	патрон цанговый специальный
090 Моечная	–	–	–	–
095 Контрольная	–	–	–	–

Данные по выбранному оборудованию и средствам технологического оснащения заносятся в технологическую документацию представленную в приложении А настоящей пояснительной записки. Также эти данные используются при проектировании плана изготовления детали и технологических наладок графической части работы.

## 2.4 Проектирование операций технологического процесса

Анализ типа производства показал, что при проектировании операций режимы резания следует определять по нормативам и эмпирическим формулам [16]. Данный метод позволяет быстро произвести необходимые расчеты, а при необходимости внести соответствующие коррективы. Но в данном случае следует учесть, что на ряде операций используется высокоэффективный режущий инструмент, определение режимов резания для которого по предлагаемым методикам может дать заниженные результаты, поэтому для данных операций предлагается использовать рекомендации производителя инструмента [9].

Проведение нормирования операций выполняется в следующей последовательности [5, 16]:

- определяется основное время на выполнение операции,
- определяется вспомогательное время на выполнение операции,
- определяется время на обслуживание и личные потребности,
- определяется штучное время на выполнение операции.

«Определение основного времени выполняется по формуле:

$$t_o = \sum t_{oi}, \quad (16)$$

где  $t_{oi}$  – основное время выполнения перехода обработки поверхности, мин» [5].

«Основное время выполнения перехода обработки поверхности определяется по формуле:

$$t_o = \frac{(L+l) \cdot i}{S \cdot n}, \quad (17)$$

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

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

$i$  – количество рабочих ходов» [5].

«Определение вспомогательного времени выполняется по формуле:

$$t_B = t_{c,y} + t_{m,B}, \quad (18)$$

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

$t_{m,B}$  – машинно-вспомогательное время, мин» [5].

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

$$t_{обс} + t_{п} = 0,1 \cdot t_{оп}, \quad (19)$$

где  $t_{оп}$  – оперативное время, мин» [5].

«Оперативное время определяется по формуле:

$$t_{оп} = t_o + t_B. \quad (20)» [5]$$

«Определение штучного времени выполняется по формуле:

$$T_{шт} = t_o + t_B + t_{обс} + t_{п}. \quad (21)» [5]$$

Определение режимов резания и нормирование выполняется для всех операций механической обработки технологического процесса и заносится в таблицу 5.

Таблица 5 – Режимы резания и нормирование

Операция	Переход	Подача на оборот шпинделя, мм/об	Скорость резания, м/мин	Частота вращения шпинделя, об/мин	Основное время, мин	Штучное время, мин
005	1	0,15	79	250	0,32	0,52
	2	1,1	6	36	0,08	

Продолжение таблицы 5

Операция	Переход	Подача на оборот шпинделя, мм/об	Скорость резания, м/мин	Частота вращения шпинделя, об/мин	Основное время, мин	Штучное время, мин
010	1	0,45	410	1900	0,39	0,51
015	1	0,45	410	1300	0,19	1,08
	2	0,1	200	2000	0,35	
	3	0,3	350	1400	0,29	
020	1	0,15	600	2100	1,05	1,95
	2	0,07	210	1200	0,45	
025	1	0,15	600	1900	0,37	1,26
	2	0,15	450	1800	0,48	
	3	0,07	210	840	0,12	
030	1	0,035	100	2300	0,38	0,5
035	1	0,3	51	760	2,15	2,8
040	1	0,065	100	1700	0,28	0,77
	2	0,1	60	3000	0,21	
	3	1,5	63	3300	0,1	
055	1	0,0021	35	120	0,86	1,12
060	1	0,0015	30	320	1,34	1,74
065	1	0,0022	35	120	1,64	2,13
070	1	0,0015	35	120	1,12	1,46
075	1	0,001	30	320	1,57	2,04
080	1	0,0015	35	120	1,97	2,56
085	1	-	50	320	0,89	1,16

Результаты по определению режимов резания и нормированию технологических операций заносятся в технологическую документацию представленную в приложении А настоящей пояснительной записки. Также эти данные используются при проектировании плана изготовления детали и технологических наладок графической части работы.

Выполнение данного раздела позволило разработать технологию изготовления детали. Для этого выбран метод получения и спроектирована заготовка. Проведено проектирование плана изготовления детали. Выбрано технологическое оборудование, технологическая оснастка, металлорежущие инструменты и средства контроля. Определены режимы резания и нормирование технологических операций.

### 3 Разработка специальной технологической оснастки

#### 3.1 Разработка цангового патрона

Анализ технологического процесса, спроектированного на основе типового технологического процесса, показал, что существенным его недостатком является отсутствие механизированного приспособления на токарной черновой операции, представленной на рисунке 3. Это существенно увеличивает вспомогательное время выполнения операции. Основной проблемой при конструировании приспособления в данном случае является не сама механизация приспособления, а реализация принятой схемы базирования. Невыполнение принятой схемы влечет увеличение припусков на обработку и снижение ее точности. Устранение данных недостатков проведем путем проектирования приспособления по методике [3].

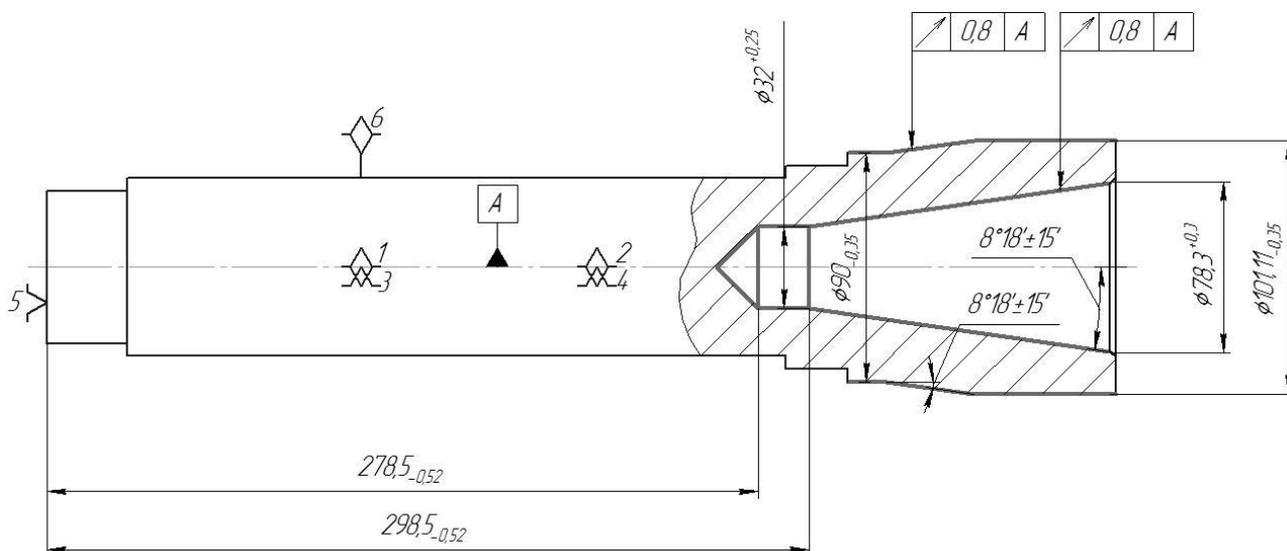


Рисунок 3 – Эскиз выполнения токарной операции

Определение усилия закрепления производится из уравнения равновесия системы моментов от силы закрепления и резания, действующих на заготовку в процессе обработки. Для составления данного уравнения

составляется расчетная схема закрепления заготовки, представленная на рисунке 4.

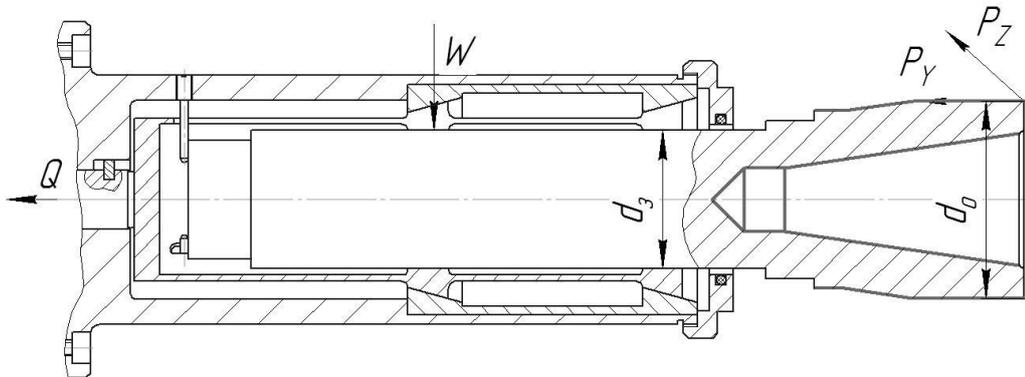


Рисунок 4 – Расчетная схема закрепления заготовки

Из представленной схемы следует, что момент от составляющей силы резания  $P_Z$  определяется по формуле:

$$\langle M_{P_{PZ}} = P_Z \cdot \frac{d_0}{2}, \quad (22)$$

где  $d_0$  – диаметр обрабатываемой поверхности, мм» [3].

В соответствии со схемой закрепления момент от силы закрепления определяется по формуле:

$$\langle M_{3PZ} = \frac{3 \cdot W \cdot f \cdot d_3}{2}, \quad (23)$$

где  $W$  – расчетное усилие зажима, Н;

$f$  – коэффициент;

$d_3$  – диаметр, за который происходит закрепление, мм» [3].

Выводим уравнение для определения силы закрепления:

$$\langle W = \frac{P_Z \cdot d_0}{3 \cdot f \cdot d_3} \cdot K, \quad (24)$$

где  $K$  – коэффициент запаса, учитывающий условия выполнения операции» [3].

$$W = \frac{265 \cdot 100}{3 \cdot 0,2 \cdot 70} \cdot 2,5 = 1577 \text{ Н.}$$

Для развития данного усилия в конструкции приспособления применен цанговый зажимной механизм. В данном случае такой выбор обусловлен не только необходимостью обеспечения точности закрепления, но и с целью реализации необходимой схемы базирования. Для цангового зажимного механизма усилие, которое должен создать силовой привод рассчитывается по формуле:

$$\ll Q = W \cdot \operatorname{tg}(\alpha + \varphi), \quad (25)$$

где  $\alpha$  – угол наклона рабочей поверхности цанги;

$\varphi$  – угол трения рабочей поверхности цанги» [3].

$$Q = 1577 \cdot \operatorname{tg}(15^\circ + 6,5^\circ) = 1346 \text{ Н.}$$

Для создания полученного исходного усилия определим необходимые параметры привода, главным из которых является диаметр поршня.

«Создание расчетного усилия зажима обеспечивается поршнем, диаметр которого определяется по формуле:

$$D = \sqrt{\frac{1,27 \cdot Q}{P} + d^2}, \quad (26)$$

где  $d$  – диаметр штока, мм;

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

$$D = \sqrt{\frac{1,27 \cdot 1346}{2,5} + 30^2} = 86 \text{ мм.}$$

Расчетный диаметр необходимо округлить до ближайшего стандартного большего, это позволит использовать в конструкции привода

стандартные элементы, что существенно удешевит ее. Округляем диаметр поршня до 90 мм.

Определение погрешности установки в приспособлении производится из расчетной схемы определения погрешностей, представленной на рисунке 5.

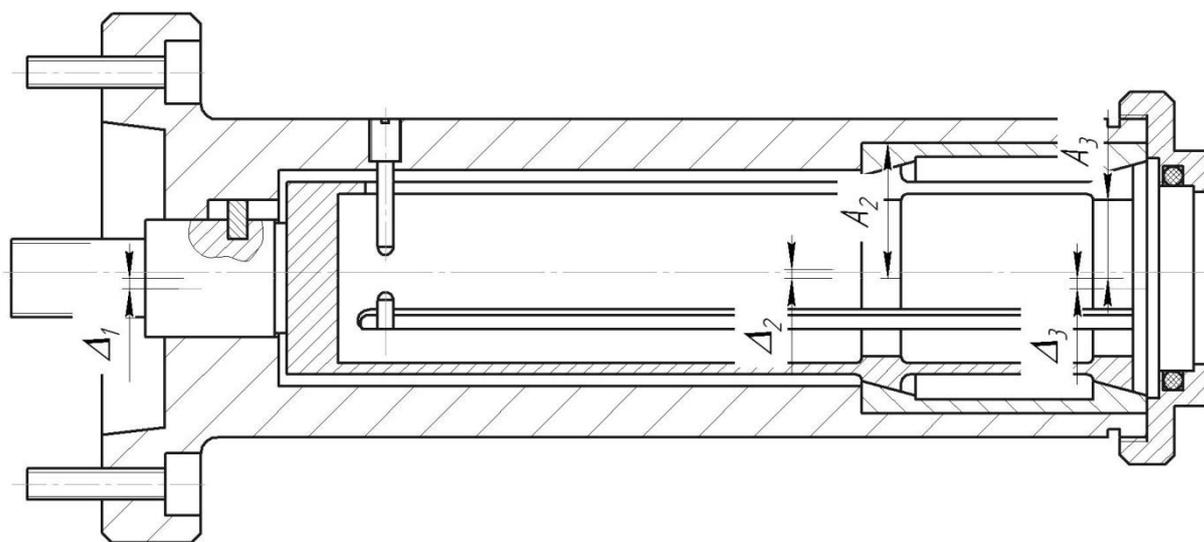


Рисунок 5 – Расчетная схема определения погрешностей

«Из схемы составим уравнение расчета погрешности установки в спроектированном цанговом патроне:

$$\varepsilon_y = \frac{\omega \cdot A_{\Delta}}{2} = \frac{1}{2} \sqrt{\Delta_1^2 + \Delta_2^2 + \Delta_3^2}, \quad (27)$$

где  $\Delta_1$  – погрешность вызванная неперпендикулярностью выходного конца привода, мм;

$\Delta_2$  – погрешность колебания зазоров в сопряжении, мм;

$\Delta_3$  – погрешность изготовления рабочих поверхностей, мм» [3].

$$\varepsilon_y = \frac{1}{2} \sqrt{0,002^2 + 0,014^2 + 0,025^2} = 0,024 \text{ мм.}$$

Полученная расчетная погрешность должна составлять не более 30% от допуска на выполняемый на операции размер. В данном случае это значение

составляет 0,09 мм, то есть условие выполняется, и цанговый патрон можно считать соответствующим необходимой точности установки.

В конструкцию приспособления входит корпус, с коническими направляющими, в которые устанавливается цанга. В корпусе также устанавливается упор для базирования заготовки в осевом направлении. Цанга соединена с тягой, которая через шток связана с гидроцилиндром.

Принцип работы приспособления следующий. Заготовка вставляется в цангу до упора. Масло через отверстие в корпусе гидроцилиндра по гидросистеме подается в полость гидроцилиндра, в которую входит шток. Поршень движется в сторону обратную данной полости, перемещает шток и соединенную с ним тягу, которая тянет за собой цангу, которая скользит по коническим направляющим и сжимается, обеспечивая тем самым центрирование и закрепление заготовки. Для раскрепления заготовки масло подается по гидросистеме в противоположную полость гидроцилиндра, перемещая систему в исходное положение. После чего заготовка может быть снята с приспособления.

Подробно конструкция данного приспособления представлена на листе графической части работы в приложении Б пояснительной записки.

### **3.2 Разработка токарного резца**

Анализ технологического процесса, спроектированного на основе типового технологического процесса, показал, что существенным его недостатком является применение на токарных операциях дорогостоящего импортного инструмента. Еще одной проблемой выполнения токарной операции является возникновение при обработке сливной стружки, наличие которой увеличивает вспомогательное время на выполнение операций, так как требует удаления из зоны резания и может привести к повреждению обработанных поверхностей. Решение данных проблем будем производить путем проектирования токарного резца по методике [18].

Исходя из характеристик материала заготовки, требуемых режимов резания на операции, стойкости режущего инструмента, точности и качества обрабатываемых поверхностей выбираем в качестве режущей части резца пластину из минералокерамики ВОК – 60.

«Конструктивные параметры резца определяются исходя из площади сечения срезаемого слоя по формуле:

$$F = t \cdot S, \quad (28)$$

где  $t$  – глубина резания, мм;

$S$  – подача, мм/об» [18].

$$F = 2,15 \cdot 0,45 = 0,97 \text{ мм}^2.$$

Исходя из полученного значения площади сечения стружки при площади до  $1,0 \text{ мм}^2$  державка резца квадратного сечения должна иметь размеры 20 мм.

Наиболее эффективными в применении на практике себя показали конструкции резцов с креплением трехгранных пластин к державке при помощи прихвата. При такой конструкции прихват производит зажим при помощи винта для обеспечения работоспособности которого необходимо, чтобы он имел минимальный диаметр, определяемый по формуле:

$$\langle D = \sqrt{\frac{4 \cdot Q_1}{\pi \cdot \sigma_d}}, \quad (29)$$

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

$\sigma_d$  – допускаемое материалом винта напряжение, МПа» [18].

«Допускаемое материалом винта напряжение определяется по формуле:

$$Q_1 = \frac{P_{Zmax}}{0,7}, \quad (30)$$

где  $P_{Zmax}$  – максимальное значение составляющей силы резания, в процессе обработки, Н» [18].

$$Q_1 = \frac{720}{0,7} = 1030 \text{ Н.}$$

Тогда минимально допустимый диаметр винта равен.

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot 1030}{\pi \cdot 650}} = 1,6 \text{ мм.}$$

Реальный диаметр винта определяется конструктивными соображениями и удобством использования. Основное требование к винту заключается в том, чтобы его диаметр был больше минимально допустимого.

С целью устранения недостатков стандартного режущего инструмента предлагается режущую пластину подвергнуть дополнительному азотированию, что по данным [3] увеличит ее стойкость. С целью устранения сливной стружки в конструкции предлагается применить накладной стружколом, который размещается непосредственно на режущей пластине и крепится к ней прихватом. Параметры стружколома приняты по данным [3]. Конструкция резца более подробно представлена на листе графической части и в спецификации приложения Б.

В ходе выполнения данного раздела проведено совершенствование технологического процесса путем устранения выявленных технических недостатков базовой технологии. Для этого спроектирован цанговый патрон для токарной операции с механизированным зажимом, который реализует схему базирования и резец, который позволил заменить дорогостоящий импортный аналог и решить проблему образования сливной стружки на токарной операции.

## 4 Безопасность и экологичность технического объекта

Задачу оценки безопасности и экологичности выполнения технологического процесса изготовления шпинделя вертикально-фрезерного станка с ЧПУ X-Mill 900 CNC будем решать при помощи методики [6].

### 4.1 Конструктивно-технологическая и организационно-техническая характеристики рассматриваемого технического объекта

Характеристики спроектированного технологического процесса представим в виде технологического паспорта (таблица 6). В данном паспорте указываем подробные сведения о технологических операциях, то есть, какие оборудование и средства технологического оснащения используются, какие материалы и вещества необходимы, работники каких профессий необходимы для осуществления технологического процесса.

Таблица 6 – «Технологический паспорт технического объекта

Технологический процесс	Технологическая операция, вид выполняемых работ	Наименование должности работника, выполняющего технологический процесс, операцию	Оборудование, техническое устройство, приспособление	Материалы, вещества» [6]
технологический процесс изготовления шпинделя вертикально-фрезерного станка с ЧПУ X-Mill 900 CNC	«токарная операция	оператор станков с числовым управлением	токарный HAAS GT10, патрон цанговый специальный, резец проходной	сталь 19ХГН, ветошь, смазочно-охлаждающая жидкость» [6]
	«шлифовальная операция	шлифовщик	внутришлифовальный 3К225В, патрон цанговый, круг шлифовальный 1 – 20х32х6 24А60К6V	сталь 19ХГН, ветошь, смазочно-охлаждающая жидкость» [6]

Сведения, представленные в данной таблице, используем для выявления профессиональных рисков, возникающих в ходе выполнения технологического процесса, разработки мероприятий по обеспечению пожарной безопасности на производстве и анализа влияния используемых для выполнения технологического процесса материалов, технических веществ и механизмов на экологию.

#### 4.2 Идентификация профессиональных рисков

При выполнении любого технологического процесса для осуществляющих его работников возникают профессиональные риски, характеризующиеся опасными и вредными производственными факторами, а также источниками их возникновения. В данном случае наибольшую вероятность возникновения имеют риски приведенные в таблице 6.

Таблица 6 – «Идентификация профессиональных рисков»

Производственно-технологическая и/или эксплуатационно-технологическая операция, вид выполняемых работ	Опасный и/или вредный производственный фактор	Источник опасного и/или вредного производственного фактора
токарная операция, шлифовальная операция	неподвижные режущие, колющие, обдирающие, разрывающие части твердых объектов, воздействующие на работающего при соприкосновении с ним	оборудование, техоснастка, инструмент, погрузчики
	опасные и вредные производственные факторы, связанные с чрезмерно высокой или низкой температурой материальных объектов производственной среды, могущих вызвать ожоги (обморожения) тканей организма человека	заготовка в процессе обработки, инструмент
	опасные и вредные производственные факторы, связанные с механическими колебаниями твердых тел	оборудование, техоснастка, инструмент, погрузчики» [6]

Продолжение таблицы 6

«Производственно-технологическая и/или эксплуатационно-технологическая операция, вид выполняемых работ	Опасный и/или вредный производственный фактор	Источник опасного и/или вредного производственного фактора
	опасные и вредные производственные факторы, связанные с акустическими колебаниями в производственной среде и характеризующиеся повышенным уровнем и другими неблагоприятными характеристиками шума	оборудование, техоснастка, инструмент, погрузчики
	опасные и вредные производственные факторы, связанные с электрическим током, вызываемым разницей электрических потенциалов, под действие которого попадает работающий, включая действие молнии и высоковольтного разряда в виде дуги, а также электрического разряда живых организмов	оборудование
	отсутствие или недостаток необходимого естественного освещения вещества, обладающие острой токсичностью по воздействию на организм (ядовитые вещества/химикаты/химическая продукция)	оборудование, техоснастка, инструмент, погрузчики, смазочно-охлаждающая жидкость на синтетической основе
	физическая динамическая нагрузка	оборудование, техоснастка» [6]

Из данной таблицы следует, что в рассматриваемом технологическом процессе выявлено семь основных опасных и вредных производственных факторов. Источниками их возникновения являются в основном оборудование и средства технологического оснащения. При этом некоторые из них являются источником сразу нескольких опасных и вредных производственных факторов. Устранение или замена выявленных источников невозможно, так как они обеспечивают выполнение технологического процесса.

### 4.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков

Влияние опасных и вредных производственных факторов на работников, осуществляющих технологический процесс, необходимо снизить до допустимых значений или устранить. Решение данной задачи достигается путем разработки организационно-технических методов и применения средств индивидуальной защиты. Оптимальные для данного технологического решения представлены в таблице 7.

Таблица 7 – «Организационно-технические методы и технические средства устранения или снижения негативного воздействия опасных и вредных производственных факторов»

Опасный и/или вредный производственный фактор	Организационно-технические методы и технические средства защиты, частичного снижения, полного устранения опасного и/или вредного производственного фактора	Средства индивидуальной защиты работника» [6]
«неподвижные режущие, колющие, обдирающие, разрывающие части твердых объектов, воздействующие на работающего при соприкосновении с ним	инструктажи по охране труда в соответствии с требованиями нормативной документации, снятие с заготовок заусенцев, ограждающие устройства	фартук для защиты от общих производственных загрязнений и механических воздействий, перчатки с полимерным покрытием, перчатки трикотажные с точечным полимерным покрытием, очки защитные
опасные и вредные производственные факторы, связанные с чрезмерно высокой или низкой температурой материальных объектов производственной среды, могущих вызвать ожоги (обморожения) тканей организма человека	инструктажи по охране труда в соответствии с требованиями нормативной документации, ограждающие и вредного производственного фактора ограничивающие устройства	костюм для защиты от производственных загрязнений и механических воздействий или халат для защиты от общих производственных загрязнений и механических воздействий, нарукавники, перчатки с полимерным покрытием, перчатки трикотажные» [6]

Продолжение таблицы 7

«Опасный и/или вредный производственный фактор	Организационно-технические методы и технические средства защиты, частичного снижения, полного устранения опасного и/или	Средства индивидуальной защиты работника
опасные и вредные производственные факторы, связанные с механическими колебаниями твердых тел и их поверхностей и характеризующиеся повышенным уровнем общей вибрации	инструктажи по охране труда в соответствии с требованиями нормативной документации, массивные фундаменты оборудования, виброгасящие коврики, виброгасящие опоры	ботинки кожаные с защитным подноском
опасные и вредные производственные факторы, связанные с акустическими колебаниями в производственной среде и характеризующиеся повышенным уровнем и другими неблагоприятными характеристиками шума	инструктажи по охране труда в соответствии с требованиями нормативной документации, защитные экраны, изоляция источников шума,» [2] «дистанционное управление оборудованием	наушники противозумные или вкладыши противозумные
опасные и вредные производственные факторы, связанные с электрическим током, вызываемым разницей электрических потенциалов, под действие которого попадает работающий, включая действие молнии и высоковольтного разряда в виде дуги, а также электрического разряда живых организмов	инструктажи по охране труда в соответствии с требованиями нормативной документации, ограждающие устройства, устройства заземления оборудования, изоляции токоведущих частей, аварийного отключения оборудования, диэлектрические коврики	спецодежда
отсутствие или недостаток необходимого естественного освещения	инструктажи по охране труда в соответствии с требованиями нормативной документации, применение местного освещения	-
вещества, обладающие острой токсичностью по воздействию на организм (ядовитые вещества/химикаты/химическая продукция)	инструктажи по охране труда в соответствии с требованиями нормативной документации, ограждающие устройства	костюм для защиты от общих производственных загрязнений и механических воздействий, нарукавники, фартук для защиты от механических воздействий с нагрудником» [6]

## Продолжение таблицы 7

«Опасный и/или вредный производственный фактор	Организационно-технические методы и технические средства защиты, частичного снижения, полного устранения опасного и/или вредного производственного фактора	Средства индивидуальной защиты работника
физическая динамическая нагрузка	инструктажи по охране труда в соответствии с требованиями нормативной документации, применение перерывов в работе» [6]	-

Из приведенной таблицы следует, что для устранения и снижения влияния на работников выполняющих рассматриваемый технологический процесс опасных и вредных факторов необходимо применить комплекс мер. Однако, данные меры являются типовыми для механической обработки деталей и не являются затратными.

### **4.4 Обеспечение экологической безопасности технического объекта**

Экологическая безопасность спроектированного технологического процесса обеспечивается на основе определения негативных факторов, возникающих при его выполнении. Негативные факторы и их воздействие определяются с учетом особенностей выполнения технологического процесса. Результаты приведены в таблице 8.

Приведенные в таблице 8 данные используем для разработки организационно-технических мероприятий, которые позволят устранить или уменьшить их влияние. Результаты приведены в таблице 9.

Представленные в таблице 9 организационно-технические мероприятия позволят снизить влияние на экологию выявленных негативных факторов, возникающих в ходе выполнения технологического процесса.

Таблица 8 – «Идентификация негативных экологических факторов технического объекта»

Наименование технического объекта, производственно-технологического техпроцесса	Структурные составляющие объекта производственно-технологического процесса	Негативное экологическое воздействие технического объекта на атмосферу	Негативное экологическое воздействие технического объекта на гидросферу	Негативное экологическое воздействие технического объекта на литосферу
технологический процесс изготовления шпинделя вертикально-фрезерного станка с ЧПУ X-Mill 900 CNC	токарный HAAS GT10, патрон цанговый специальный, резец проходной, внутришлифовальный 3K225B, патрон цанговый, круг шлифовальный 1 – 20x32x6 24A60K6V	мелкодисперсные частицы смазочно-охлаждающей жидкости и других технических жидкостей, пыль	смазочно-охлаждающая жидкость, другие технические жидкости и их растворы, частицы стружки, растворенная пыль	металлическая стружка, ветошь, смазочно-охлаждающая жидкость, другие технические жидкости и их растворы» [6]

Таблица 9 – «Разработанные организационно-технические мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия заданного технического объекта на окружающую среду»

Наименование технического объекта	технологический процесс изготовления шпинделя вертикально-фрезерного станка с ЧПУ X-Mill 900 CNC
Мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия на атмосферу	использование рукавных фильтров, адсорберов, пылеуловителей, туманоуловителей
Мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия на гидросферу	использование механической очистки при помощи решеток, песколовков и отстойников, химической очистки при помощи адсорберов, замкнутого цикла водоснабжения
Мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия на литосферу	использование систем сортировки отходов, повторное использование металлического лома, утилизация не перерабатываемых отходов на полигонах» [6]

Выполнение данного раздела позволило выявить опасные и вредные производственные факторы и разработать технические и организационные мероприятия по их устранению. Выявлены негативные экологические факторы, предложены мероприятия по устранению и снижению их влияния. Спроектированный технологический процесс отвечает всем необходимым требованиям и нормам по безопасности и экологичности его выполнения.

## 5 Экономическая эффективность работы

В ходе проектирования технической части работы было предложено изменить на операциях 015 токарная и 035 сверлильная оборудование, приспособление и инструмент. Эти изменения привели к сокращению трудоемкости выполнения операции, что с технологической точки зрения доказывает эффективность данного изменения. Все необходимые технические параметры, такие как: основное и штучное время, модель оборудования, наименование инструмента и оснастки, применяемые на операциях 015 и 035, были взяты из предыдущих разделов бакалаврской работы. Для сбора информации по остальным параметрам, необходимым для расчета использовались:

- паспорт станка;
- данные предприятия по тарифам на энергоносители;
- сайты с ценами на оборудование, оснастку и инструмент, и другие источники.

Кроме перечисленных источников для расчета применялось программное обеспечение Microsoft Excel, с помощью которого были произведены такие расчеты как:

- «капитальные вложения по сравниваемым вариантам;
- технологическая себестоимость изменяющихся по вариантам операций;
- калькуляция себестоимости обработки детали по вариантам технологического процесса;
- приведенные затраты и выбор оптимального варианта;
- показатели экономической эффективности проектируемого варианта техники (технологии)» [14, с. 15–23].

Далее представлены основные результаты проведенных расчетов. На рисунке 6, показаны величины, из которых складываются капитальные вложения, которые составят 682120,69 рубля.

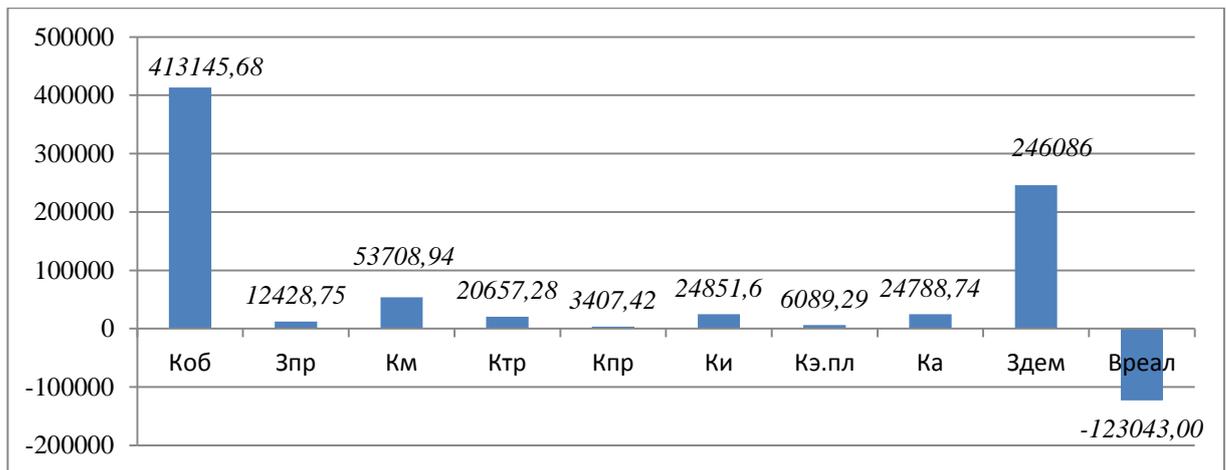


Рисунок 6 – Величина затрат, входящих в капитальные вложения, предложенного проекта, руб.

Анализируя, представленные на рисунке 6, данных, можно сделать вывод о том, что самыми капиталоемкими затратами являются две величины:

- затраты на основное технологическое оборудование (КОБ), их величина составляет 60,57 % от всей величины капитальных вложений;
- затраты на демонтаж заменяемого оборудования (ЗДЕМ), величина которых соответствует 36,08 % от всей величины капитальных вложений.

Величина всех остальных значений не превышают даже 8 %, и находятся в интервале от 0,5 % до 7,87 %. Но не смотря на их относительно не большую величину, пренебрегать этими значениями нельзя, так они отображают значения затрат изменяющихся технических условий выполнения операций. Речь идет о таких показателях как: приобретение приспособления ( $K_{ПР}$ ), затраты на проектирование ( $З_{ПР}$ ), затраты на доставку и монтаж нового оборудования ( $K_M$ ), затраты на транспортные средства ( $K_{ТР}$ ), затраты на инструмент ( $K_{И}$ ), затраты на производственную площадь ( $K_{Э.ПЛ}$ ), затраты на управляющую программу ( $K_A$ ) и выручку от реализации заменяемого оборудования ( $B_{РЕАЛ}$ ).

На рисунке 7 представлены параметры, из которых складывается

технологическая себестоимость детали «Шпиндель вертикально-фрезерного станка», по двум сравниваемым вариантам технологического процесса.

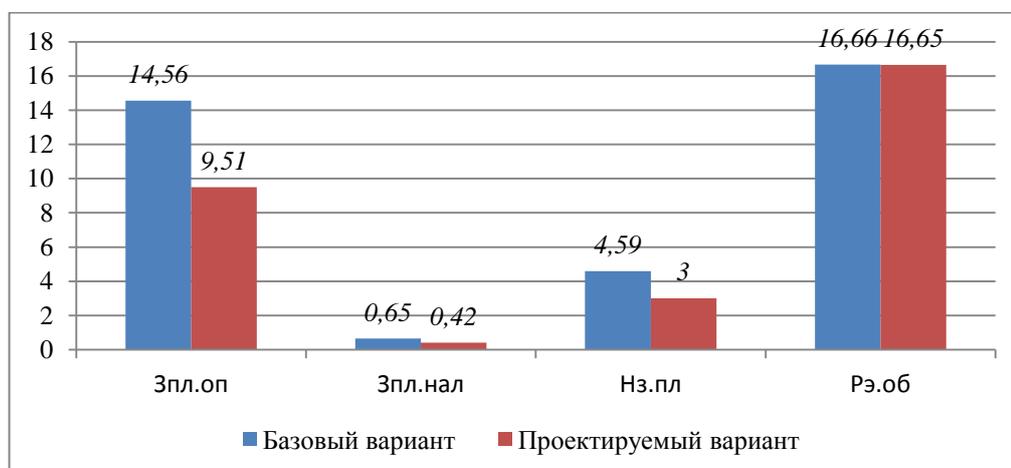


Рисунок 7 – Слагаемые технологической себестоимости изготовления детали «Шпиндель вертикально-фрезерного станка», по вариантам, руб.

Как видно из рисунка 7, значение величины основных материалов за вычетом отходов не использовалось для определения вышеуказанного параметра, так как в процессе совершенствования технологического процесса, способ получения заготовки не менялся, поэтому эта величина остается без изменения и определение разницы в себестоимости между вариантами не окажет.

Анализируя диаграмму на рисунке 7, видно, что две величины имеют максимальные доли в общей величине технологической себестоимости, это:

- расходы на содержание и эксплуатацию оборудования, с объемом величины 45,69 % для базового варианта и 56,28 % для проектируемого варианта, от всего значения технологической себестоимости;
- заработная плата оператора (ЗПЛ.ОП), необходимая на оплату труда рабочего, занятого на работе токарного и сверлильного станков, доля которой составляет 39,94 % для базового варианта и 32,15 % для проектируемого варианта, в размере технологической

себестоимости.

Данные параметры позволили сформировать значение полной себестоимости. Результаты калькуляции себестоимости обработки детали «Шпиндель вертикально-фрезерного станка» по операциям 015 и 035 технологического процесса, представлены на рисунке 8.

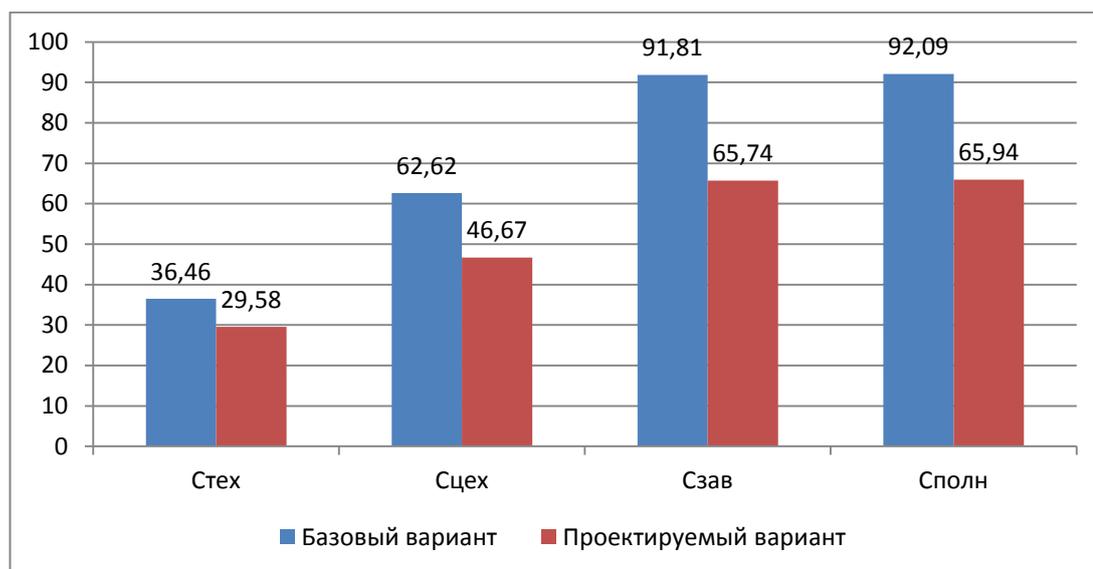


Рисунок 8 – Калькуляция себестоимости, по вариантам технологического процесса, руб.

Согласно рисунку 8, значение полной себестоимости ( $C_{\text{полн}}$ ) для базового варианта составило 92,09 рубля, а для проектируемого варианта – 65,94 рублей.

Дальнейшие расчеты показали, что капитальные вложения, в размере 682120,69 рублей, окупятся в течение четырех лет. Такой срок является максимально допустимым для совершенствования технологического процесса. Однако прежде чем говорить об его эффективности, проанализируем такой экономический параметр как интегральный экономический эффект или чистый дисконтируемый доход. Величина данного показателя составляет 130402,95 рубля со знаком «плюс», что доказывает эффективность предложенных мероприятий. А это значит, что на каждый вложенный рубль будет получен доход 1,19 рублей.

## Заключение

При выполнении работы были достигнуты следующие результаты. Рассмотрены имеющиеся исходные данные, проведен их критический анализ, выявлены характеристики типа производства. Это позволило выявить основные направления проектирования технологического процесса и поставить задачи работы.

Разработана технология изготовления детали. Для этого решены задачи выбора метода получения и проектирования заготовки. Проведено проектирование плана изготовления детали на основе типового технологического маршрута. Исходя из типа производства выбрано технологическое оборудование, технологическая оснастка, металлорежущие инструменты и средства контроля. Определены режимы резания и нормирование технологических операций, и проведено их проектирование. Разработана соответствующая технологическая документация.

Проведен анализ спроектированного технологического процесса и выявлены его недостатки. Для их устранения проведено совершенствование базового технологического процесса путем проектирования цангового патрона и резца для токарной операции.

Рассмотрены вопросы производственной безопасности при выполнении технологического процесса и его влияния на окружающую среду.

Предложены мероприятия по устранению выявленных недостатков. Рассчитаны экономические показатели предлагаемой технологии изготовления с учетом мероприятий по ее совершенствованию.

Достижение данных результатов позволило получить технологический процесс изготовления шпинделя вертикально-фрезерного станка с ЧПУ X-Mill 900 CNC, обеспечивающий выпуск годовой программы качественных деталей с минимальной стоимостью изготовления, то есть цель работы можно считать достигнутой.

## Список используемых источников

1. Антимонов А.М. Основы технологии машиностроения : учебник / А.М. Антимонов. – 2-е изд., стер. – Москва : ФЛИНТА, 2020. – 176 с. [Электронный ресурс]. – URL: <https://e.lanbook.com/book/143717> (дата обращения: 10.08.2021).
2. 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: 15.09.2021).
3. Блюменштейн В.Ю. Проектирование технологической оснастки : учебное пособие для вузов / В.Ю. Блюменштейн, А.А. Клепцов. – 4-е изд., стер. – Санкт-Петербург : Лань, 2021. – 220 с. [Электронный ресурс]. – URL: <https://e.lanbook.com/book/166346> (дата обращения: 19.09.2021).
4. Боровский Г.В. Справочник инструментальщика / Г.В. Боровский, С.Н. Григорьев, А.Р. Маслов ; под общ. ред. А.Р. Маслова. – 2-е изд., испр. – Москва : Машиностроение, 2007. – 463 с.
5. Горбацевич А.Ф. Курсовое проектирование по технологии машиностроения: учебное пособие для вузов / А.Ф. Горбацевич, В.А. Шкред. М. : ООО ИД «Альянс», 2007. – 256 с.
6. Горина Л.Н. Раздел выпускной квалификационной работы «Безопасность и экологичность технического объекта» : электрон. учеб.-метод. пособие / Л.Н. Горина, М.И. Фесина. – Тольятти. : Изд-во ТГУ, 2018. – 41 с. [Электронный ресурс]. – URL: <http://hdl.handle.net/123456789/8767> (дата обращения: 11.10.2021).
7. ГОСТ 7505-89. Поковки стальные штампованные. Допуски, припуски и кузнечные напуски. – Введ. 1990-01-07. – М. : Изд-во стандартов, 1990. – 83 с.

8. Каталог продукции «haascnc». [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.int.haascnc.com> (дата обращения: 24.08.2021).
9. Каталог продукции «Sandvik coromant». [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.sandvik.coromant.com> (дата обращения: 24.08.2021).
10. Клепиков В.В. Технологическая оснастка: станочные приспособления: учеб. пособие / В.В. Клепиков. – Москва. : ИНФРА–М, 2017. – 345 с. [Электронный ресурс]. – URL: <http://znanium.com/catalog/product/765631> (дата обращения: 18.08.2020).
11. Ковшов А.Н. Технология машиностроения: учебник / А.Н. Ковшов. - Изд. 3-е, стер. - Санкт-Петербург. : Лань, 2016. – 320 с. [Электронный ресурс] – URL: <https://e.lanbook.com/book/86015> (дата обращения: 25.08.2021).
12. Константинов И.Л. Технологияковки и горячей объемной штамповки: учеб. пособие для студентов вузов, обуч. по направлению 22.03.02 "Металлургия" / И.Л. Константинов. – Гриф УМО. – Москва. : ИНФРА-М, 2016. – 549 с.
13. Копылов Ю.Р. Технология машиностроения : учебное пособие / Ю.Р. Копылов. – Санкт-Петербург : Лань, 2020. – 252 с. [Электронный ресурс]. – URL: <https://e.lanbook.com/book/142335> (дата обращения: 18.08.2021).
14. 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: 18.10.2021).
15. Макаров В.Ф. Выбор абразивных инструментов и режимов резания для высокоэффективного шлифования заготовок : учебное пособие / В.Ф. Макаров. – Пермь : ПНИПУ, 2011. – 231 с. [Электронный ресурс]. – URL: <https://e.lanbook.com/book/160502> (дата обращения: 19.09.2021).
16. Назначение рациональных режимов резания при механической обработке: учебное пособие / В.М. Кишуров, М.В. Кишуров, П.П. Черников, Н. В. Юрасова. – 3-е изд., стер. – Санкт-Петербург : Лань, 2019. –216 с.

[Электронный ресурс]. – URL: <https://e.lanbook.com/book/121986> (дата обращения: 19.09.2021).

17. Пелевин В.Ф. Метрология и средства измерений: учеб. пособие / В.Ф. Пелевин. – Москва. : ИНФРА-М, 2017. – 273 с. [Электронный ресурс]. – URL: <http://znanium.com/catalog/product/774201> (дата обращения: 08.08.2021).

18. Проектирование металлообрабатывающих инструментов : учебное пособие / А.Г. Схиртладзе, В.А. Гречишников, С.Н. Григорьев, И.А. Коротков. – 2-е изд., стер. – Санкт-Петербург : Лань, 2015. – 256 с. [Электронный ресурс]. – URL: <https://e.lanbook.com/book/64341> (дата обращения: 21.09.2021).

19. 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.

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

21. Справочник технолога-машиностроителя. В 2 т. Т. 1 / А.М. Дальский [и др.] ; под ред. А. М. Дальского [и др.]. – 5-е изд., испр. – Москва. : Машиностроение–1, 2003. – 910 с.

22. Справочник технолога-машиностроителя. В 2 т. Т. 2 / А.М. Дальский [и др.] ; под ред. А. М. Дальского [и др.]. – 5-е изд., испр. – Москва. : Машиностроение–1, 2003. – 941 с.

23. Химический состав и физико-механические свойства стали 19ХГН [Электронный ресурс]. – URL: [https://metallicheckiy-portal.ru/marki\\_metallov/stk/19XGN](https://metallicheckiy-portal.ru/marki_metallov/stk/19XGN) (дата обращения: 05.08.2021).

## Приложение А

### Технологическая документация

Таблица А.1 – Технологическая документация

Дцбл																	
Взам																	
Подп.																	
Разработал		Самохвалов				<b>ТГУ Кафедра ОТМП</b>											
Проверил		Левашкин															
Утвердил						Шиндель											
Н. контр.																	
М01	Сталь 19ХГН ГОСТ 4543-71																
М02	Каб	ЕВ	МД	ЕН	Н. раск.	КИМ	Код заготовки	Профиль и размеры		КД	МЗ						
		166	12,34	1		0,89		φ105,4x423,5		1	13,92						
А	Цев	Уч	РМ	Опер	Код наименования операции			Обозначение документа									
Б	Код наименования оборудования						СМ	проф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Кшт	Тпоэ	Тшт
А03	XX XX XX		000		Заготовительная												
Б04	Кривошипный горячештамповочный пресс																
О5																	
А06	XX XX XX		005		4269 Фрезерно-центральная												
Б07	381631		Фрезерно-центральный МР-713		17845 312 1Р		1	1	1	800	1	0,52					
О 08	Фрезеровать торцы 1, 26 в размер 418,5 <sub>0,63</sub> , сверлить отверстия в размер φ22 <sup>+0,052</sup> , φ82 <sup>+0,074</sup> .																
Т 09	396131 Тиски самоцентрирующие; 391801 Фреза торцовая φ120 ГОСТ 9473-80 Т5К10.																
Т 10	391267 Сверла центробачное тип А ГОСТ 149252-75 Р6М5; 391631 Зенковка φ80; 393400 Калибр;																
Т 11	393311 Штангенциркуль ШЦ ГОСТ160-80.																
12																	
А 13	XX XX XX		010		4110 Токарная												
Б 14	381101		Токарный НААС GL-10		3 18217 312 1Р		1	1	1	800	1	0,51					
О 15	Точить последовательно поверхности 3, 5, 7, 19, 20 в размер φ62,18 <sub>0,30</sub> , φ72,998 <sub>0,30</sub> , φ80 <sub>0,30</sub> , 105 <sub>0,35</sub>																
О 16	130 <sub>0,40</sub>		418,5 <sub>0,35</sub>														
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
Т 19	396190 Патрон 3-х кулачковый ГОСТ2675-80; 392841 Центра ГОСТ8742-75; 392101 Резец контурный															
Т 20	специальный ВОК-60; 393311 Штангенциркуль ШЦ ГОСТ 166-89; 393400 Калибр.															
21																
А 22	XX XX XX 015 4110 Токарная															
Б 23	381101 Токарный HAAS GL-10					3	18217	312	1P	1	1	1	800	1		1,08
О 24	Точить последовательно поверхности 22, 23, 24, 27, 32 в размер $\phi 62,18_{0,30}$ , $\phi 72,998_{0,30}$ , $\phi 80_{0,30}$ ,															
О 25	$105_{0,35}$ , $130_{0,40}$ , $418,5_{0,35}$ .															
Т 26	396190 Патрон цанговый специальный; 392181 Резец контурный специальный ВОК-60; 391272 Сверло															
Т 27	сборное 880-D3200L40-04 GC4014 «Sandvik»; 392181 Резец токарный расточной специальный ВОК-60;															
Т 28	393311 Штангенциркуль ШЦ ГОСТ 166-89.															
29																
А 30	XX XX XX 020 4110 Токарная															
Б 31	381101 Токарный HAAS GL-10					3	18217	312	1P	1	1	1	800	1		1,95
О 32	Точить последовательно поверхности 2, 3, 4, 5, 7, 9, 11, 13, 15, 17, 19, 20 в размер $\phi 61,124_{0,12}$ ,															
Б 33	$\phi 71,62_{0,12}$ , $\phi 70_{0,30}$ , M80 $_{0,12}$ , 5 $_{0,12}$ , 414,5 $_{0,23}$ , 387 $_{0,23}$ , 365 $_{0,23}$ , 314 $_{0,23}$ , 270 $_{0,23}$ , 226 $_{0,23}$ , 177 $_{0,185}$ ,															
О 34	$130_{0,16}$ , $105_{0,16}$ .															
Т 35	396190 Патрон 3-х кулачковый ГОСТ2675-80; 392841 Центра ГОСТ8742-75; 392181 Резец контурный															
Т 36	специальный ВОК-60; 392181 Резец канавочный специальный ВОК-60; 393311 Штангенциркуль ШЦ															
Т 37	ГОСТ 166-89; 393400 Калибр.															
38																
А 39	XX XX XX 025 4110 Токарная															
Б 40	381101 Токарный HAAS GL-10					3	18217	312	1P	1	1	1	800	1		1,26
О 41	Точить последовательно поверхности 23, 24, 27 в размер $\phi 101,43_{0,14}$ , $\phi 80_{0,30}$ , $\phi 79_{0,12}$ , $5^{+0,048}$ ,															
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			
0 69						326,5 <sub>0,22</sub> , 360,5 <sub>0,22</sub>														
Т 70						396190 Патрон цанговый специальный; 392841 Центр ГОСТ8742-75; 392181 Резец контурный														
Т 71						специальный ВОК-60; 392181 Резец расточной специальный ВОК-60; 393311 Штангенциркуль ШЦ														
Т 72						ГОСТ 166-89; 394253 Нутромер НМ ГОСТ160-80.														
73																				
А 74						XX XX XX 030 4260 Фрезерная														
Б 75						3812100обрабатывающий центр HAAS VF-13 17335 422 1P 1 1 1 800 1 0,5														
0 76						Фрезеровать поверхности 35, 36 в размер 14 <sup>+0,043</sup> , 64,5 <sub>0,12</sub> , 53,5 <sub>0,2</sub> , 148,5 <sub>0,4</sub> , 243,5 <sub>0,16</sub> , 36 <sup>+1,0</sup> .														
Т 77						396131 Тиски самоцентрирующие; 391822 Фреза концевая R216.34-10050-CC16P GC1640 «Sandvik»;														
Т 78						393311 Штангенциркуль ШЦ ГОСТ 166-89.														
79																				
А 80						XX XX XX 035 4120 Сверлильная														
Б 81						381210 Сверлильный с ЧПУ HAAS OM-13 17335 422 1P 1 1 1 800 1 2,8														
0 82						Сверлить поверхность 34 в размер $\phi 21^{+0,21}$ .														
Т 83						396131 Тиски самоцентрирующие; 391213 Сверло специальное $\phi 21$ GC 1020 «Sandvik»; 393400 Калибр.														
84																				
А 85						XX XX XX 040 4260 Фрезерная														
Б 86						3812100обрабатывающий центр HAAS VF-13 17335 422 1P 1 1 1 800 1 0,77														
0 87						Фрезеровать поверхность 25 в размер 409,5 <sub>0,63</sub> , 40 <sub>0,1</sub> , 19 <sup>+0,084</sup> , сверлить поверхность 28 в размер														
0 88						$\phi 5,5^{+0,1}$ , нарезать резьбу поверхность 29 М6.														
Т 89						396131 Тиски самоцентрирующие; 391822 Фреза концевая RA216.34-4850-CK19P GC1640 «Sandvik»;														
Т 90						391213 Сверло R840-0500-30-A0A GC1220 «Sandvik»; 391819 Фреза резьбовая 327R09-18 150MM-TH														
Т 91						GC1025 «Sandvik»; 393311 Штангенциркуль ШЦ ГОСТ 166-89; 393400 Калибр.														
МК																				

Продолжение Приложения А

Продолжение таблицы А.1

A	Цех	Уч	РМ	Опер	Код, наименование операции	Обозначение документа											
						СМ	проф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Кшт	Тпоэ	Тшт	
Б	Код, наименование оборудования					СМ	проф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Кшт	Тпоэ	Тшт	
A 94	XX XX XX			045	5130 Термическая												
95																	
A 96	XX XX XX			050	0111 Правильная												
Б 97	382777	Пресс правильный ф."Galdabini" 3					17335		312	1Р	1	1	1	800	1		0,95
О 98	Править деталь.																
Т 99	396190 Приспособление специальное; 394233 Микрометры МК ГОСТ160-80.																
100																	
A 101	XX XX XX			055	4131 Круглошлифовальная												
Б 102	381311	Круглошлифовальный RSM500"Knuth" 3					18873		312	1Р	1	1	1	800	1		1,12
О 103	Шлифовать поверхности 23, 24 в размер $\phi 100,12^{+0,05}$ , $326,5^{+0,25}$ , $360,5^{+0,25}$ .																
Т 104	396190 Патрон цанговый специальный; 392841 Центр ГОСТ8742-75; 39810 Круг шлифовальный;																
Т 105	394300 Скоба рычажная СР ГОСТ11098-75.																
106																	
A 107	XX XX XX			060	4132 Внутришлифовальная												
Б 108	381312	Внутришлифовальный ЗК225В 3					18873		312	1Р	1	1	1	800	1		1,74
О 109	Шлифовать поверхность 27 в размер $\phi 79,6^{+0,04}$ .																
Т 110	396190 Патрон цанговый специальный; 392841 Центр ГОСТ8742-75; 39810 Круг шлифовальный;																
Т 111	394300 Скоба рычажная СР ГОСТ11098-75.																
112																	
A 113	XX XX XX			065	4131 Круглошлифовальная												
Б 114	381311	Круглошлифовальный RSM500"Knuth" 3					18873		312	1Р	1	1	1	800	1		2,13
О 115	Шлифовать поверхности 3, 7, 9, 11, 13, 15, 17 в размер $\phi 60,382^{+0,016}$ , $\phi 70,212^{+0,016}$ .																
Т 116	396190 Патрон поводковый; 392841 Центр ГОСТ8742-75; 39810 Круг шлифовальный; 394300 Скоба																
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
Т 117	рычажная СР ГОСТ11098-75.															
118																
А 119	XX XX XX 070 4131 Круглошлифовальная															
Б 120	381311 Круглошлифовальный RSM500"Knuth" 3					18873	312	1P	1	1	1	800	1	1,46		
О 121	Шлифовать поверхности 23, 24 в размер $\phi 100_{0,022}$ , $326,5^{+0,23}$ , $360,5^{+0,23}$ .															
Т 122	396190 Патрон цанговый специальный; 392841 Центр ГОСТ8742-75; 39810 Круг шлифовальный;															
Т 123	394300 Скоба рычажная СР ГОСТ11098-75.															
123																
А 124	XX XX XX 075 4132 Внутришлифовальная															
Б 125	381312 Внутришлифовальный ЗК225В 3					18873	312	1P	1	1	1	800	1	2,04		
О 126	Шлифовать поверхность 27 в размер $\phi 80^{+0,03}$ .															
Т 127	396190 Патрон цанговый специальный; 392841 Центр ГОСТ8742-75; 39810 Круг шлифовальный;															
Т 128	394300 Скоба рычажная СР ГОСТ11098-75.															
129																
А 130	XX XX XX 080 4131 Круглошлифовальная															
Б 131	381311 Круглошлифовальный RSM500"Knuth" 3					18873	312	1P	1	1	1	800	1	2,56		
О 132	Шлифовать поверхности 3, 7, 9, 11, 13, 15, 17 в размер $\phi 60,021_{0,019}$ , $\phi 70_{0,016}$ .															
Т 133	396190 Патрон цанговый специальный; 392841 Центр ГОСТ8742-75; 39810 Круг шлифовальный;															
Т 135	394300 Скоба рычажная СР ГОСТ11098-75.															
136																
А 137	XX XX XX 085 4191 Полировальная															
Б 138	381337 Полировально-шлифовальный ЗА352 3					18873	312	1P	1	1	1	800	1	1,16		
О 139	Шлифовать поверхности 23 в размер $\phi 100_{0,022}$ , $326,5^{+0,23}$ , $360,5^{+0,23}$ .															
МК																

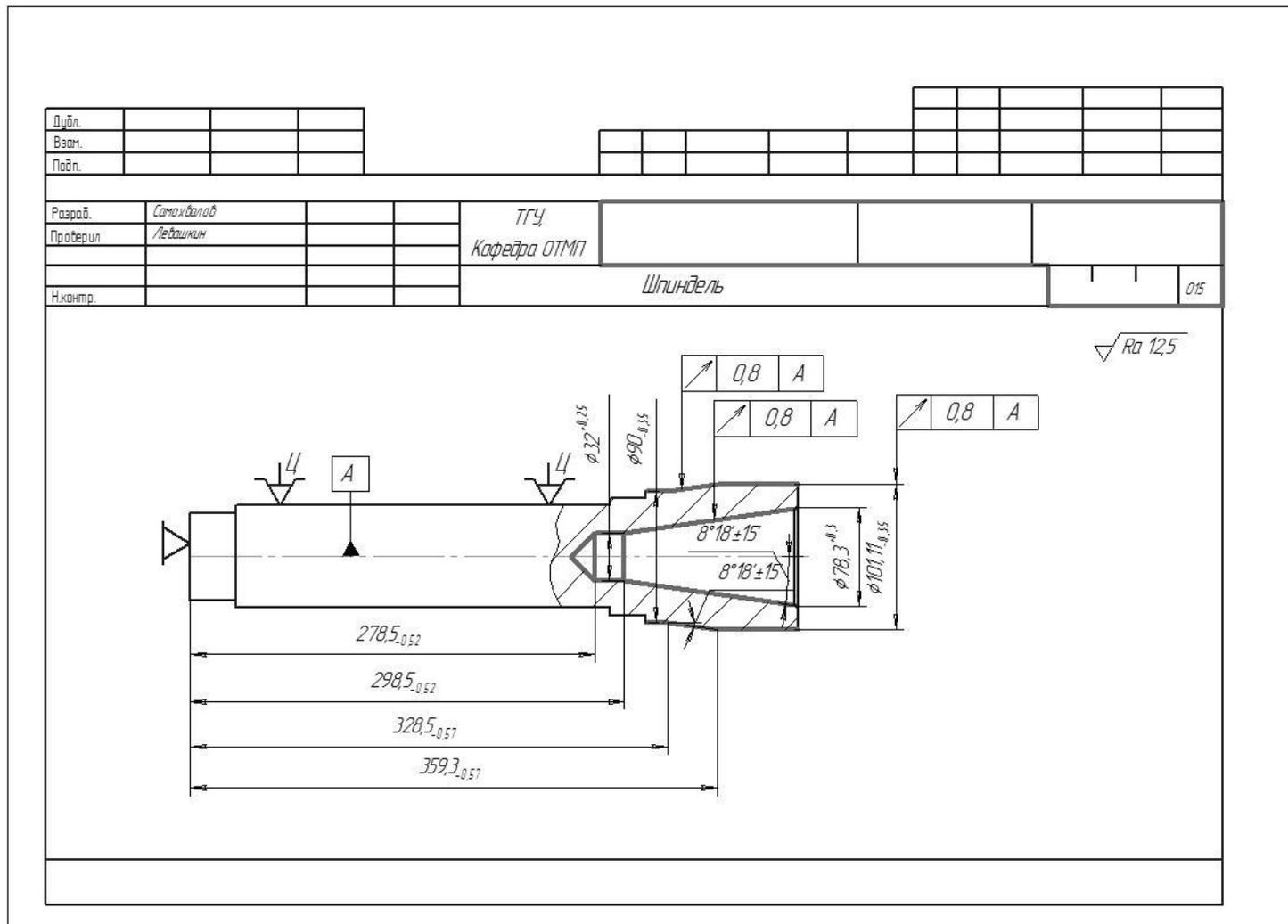
## Продолжение Приложения А

Продолжение таблицы А.1

А	Цех	Уч	РМ	Опер	Код, наименование операции	Обозначение документа									
Б	Код, наименование оборудования				СМ	проф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Кшт	Тпоз	Тшт
Т 140	<i>396190 Патрон цанговый специальный; 392841 Центр ГОСТ8742-75; 39810 Круг шлифовальный;</i>														
Т 141	<i>394300 Скоба рычажная СР ГОСТ11098-75.</i>														
142															
А 143	<i>XX XX XX 090 Мечная</i>														
144															
А 145	<i>XX XX XX 095 Контрольная</i>														
146															
147															
148															
149															
150															
151															
152															
153															
154															
155															
156															
157															
158															
159															
160															
161															
162															
МК															

## Продолжение Приложения А

### Продолжение таблицы А.1



Продолжение Приложения А

Продолжение таблицы А.1

ГОСТ 3.118-82										Форм 1		
Дубл.												
Взам.												
Подп.												
Разраб.	<i>Самойлов</i>			<i>ТГУ</i>								
Проверил	<i>Левашкин</i>			<i>Кафедра ОТМТ</i>								
Н.контр.				<i>Шпиндель</i>				Цех	Уч.	Р.М.	Опер.	
Наименование операции		Материал		Твердость	EB	MD	Профиль и размеры		МЗ	КОИД		
<i>Токарная</i>		<i>Сталь 19ХГН ГОСТ 4543-71</i>			<i>166</i>	<i>12,34</i>	<i>Ø105,4x423,5</i>		<i>13,92</i>	<i>1</i>		
Оборудование, устройство ЧПУ		Обозначение программы		Тв	Тб	Твс	Тшт	Сок				
<i>HAAS GL-10</i>				<i>0,83</i>			<i>1,08</i>	<i>Blasocut</i>				
			пи	о или в	L	f	i	s	п	v		
<i>01</i>	<i>1. Установить заготовку</i>											
<i>T 02</i>	<i>396190 Патрон цанговый специальный; 392181 Резец контурный специальный ВОК-60; 391272 Сверла</i>											
<i>T 03</i>	<i>сборное 880-D3200L40-04 GC4014 «Sandvik»; 392181 Резец токарный расточной специальный ВОК-60</i>											
<i>0 04</i>	<i>2. Точить поверхности выдерживая размеры согласно эскиза.</i>											
<i>P 05</i>		<i>1</i>				<i>2,15</i>		<i>0,45</i>	<i>1300</i>	<i>410</i>		
<i>P 06</i>		<i>2</i>				<i>16</i>		<i>0,1</i>	<i>2000</i>	<i>200</i>		
<i>P 07</i>		<i>3</i>				<i>11</i>		<i>0,3</i>	<i>1400</i>	<i>350</i>		
<i>08</i>	<i>3. Открепить, снять деталь с приспособления, положить на тележку.</i>											
<i>09</i>												
<i>10</i>												



Продолжение Приложения А

Продолжение таблицы А.1

ГОСТ 3.118-82										Форм 1		
Дубл.												
Взам.												
Подп.												
Разраб.	<i>Самойлов</i>			<i>ТГУ</i>								
Проверил	<i>Левашкин</i>			<i>Кафедра ОТМТ</i>								
Н.контр.				<i>Шпindelь</i>				Цех	Уч.	Р.М.	Опер.	
Наименование операции		Материал		Твердость	EB	MD	Профиль и размеры		MB	КОИД		
<i>Сверлильная</i>		<i>Сталь 19ХГН ГОСТ 4543-71</i>			<i>166</i>	<i>12,34</i>	<i>φ10,5x4,235</i>		<i>13,92</i>	<i>1</i>		
Оборудование, устройство ЧПУ		Обозначение программы		Тa	Тb	Тгв	Тшт	СОЖ				
<i>HAAS OMT</i>				<i>2,15</i>			<i>28</i>	<i>Blasocut</i>				
			пи	о или в	L	f	i	s	п	v		
<i>01</i>	<i>1. Установить заготовку</i>											
<i>Т.ин</i>	<i>396131 Тиски самоцентрирующие; 391213 Сверло специальное φ 21 GC 1020 «Sandvik»</i>											
<i>03</i>	<i>2. Сверлить отверстие выдерживая размеры согласно эскиза</i>											
<i>Р.ин</i>		<i>1</i>				<i>10,5</i>		<i>0,3</i>	<i>760</i>	<i>51</i>		
<i>05</i>	<i>3. Открепить, снять деталь с приспособления, положить на тележку.</i>											
<i>06</i>												
<i>07</i>												
<i>08</i>												
<i>09</i>												
<i>10</i>												

## Приложение Б

### Спецификации к сборочным чертежам

Таблица Б.1 – Спецификации к сборочным чертежам

Изм. №	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Изм. №	Взам. инв. №	Изм. №	Подп. и дата	Стр.	Листов	Формат	Зона	Лист	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
											A4	1	2				
<i>Документация</i>																	
<i>Детали</i>																	
21.БР.ОТМП.332.65.00.000СБ																	
<i>Сборочный чертеж</i>																	
21.БР.ОТМП.332.65.00.001																	
<i>Муфта</i>																	
21.БР.ОТМП.332.65.00.002																	
<i>Корпус патрона</i>																	
21.БР.ОТМП.332.65.00.003																	
<i>Корпус муфты</i>																	
21.БР.ОТМП.332.65.00.004																	
<i>Корпус привода</i>																	
21.БР.ОТМП.332.65.00.005																	
<i>Крышка</i>																	
21.БР.ОТМП.332.65.00.006																	
<i>Крышка задняя</i>																	
21.БР.ОТМП.332.65.00.007																	
<i>Крышка привода</i>																	
21.БР.ОТМП.332.65.00.008																	
<i>Поршень</i>																	
21.БР.ОТМП.332.65.00.009																	
<i>Стакан</i>																	
21.БР.ОТМП.332.65.00.010																	
<i>Упор</i>																	
21.БР.ОТМП.332.65.00.011																	
<i>Цанга</i>																	
21.БР.ОТМП.332.65.00.012																	
<i>Шток</i>																	
<i>Стандартные изделия</i>																	
13																	
<i>Винт М8х30</i>																	
<i>ГОСТ 11738-72</i>																	
14																	
<i>Винт М8х25</i>																	
<i>ГОСТ 11738-72</i>																	
15																	
<i>Винт М8х30</i>																	
<i>ГОСТ 14738-72</i>																	
21.БР.ОТМП.332.65.00.000																	
<b>Цанговый патрон</b>																	
Копировал																	
Формат А4																	



