



## Аннотация

Тема данной выпускной квалификационной работы «Технологический процесс изготовления шпинделя плоскошлифовального станка Progrind». Актуальность выбранной темы объясняется необходимостью разработки и совершенствования технологии изготовления шпинделя в условиях среднесерийного типа производства. Объектом исследования является технологический процесс изготовления шпинделя. Предметом исследования является шпиндель. Цель работы состоит в том, чтобы разработать технологию изготовления шпинделя способную обеспечивать выпуск годовой программы деталей требуемого качества с минимальными экономическими затратами в течение заданного срока. Основные задачи работы заключаются в проектировании технологического процесса изготовления, его дальнейшем совершенствовании, оценке его безопасности и экологичности, а также определении его экономических показателей.

Объем пояснительной записки работы составляет 68 страниц, графической части 7 листов формата А1.

Первый раздел работы содержит критический анализ основных исходных данных и цели работы. На его основании формулируются задачи работы. Второй раздел работы содержит решение задач направленных на проектирование максимально эффективной технологии изготовления в заданных условиях на базе известных технологических решений. Третий раздел работы содержит решение задач направленных на совершенствование спроектированной технологии изготовления. Для этого совершенствуется технологическая оснастка и режущий инструмент. Четвертый раздел работы содержит комплексное решение задач обеспечения производственной, пожарной и экологической безопасности. В пятом разделе решена задача определения экономической эффективности спроектированной технологии изготовления шпинделя с учетом предлагаемых в третьем разделе усовершенствований.

## Содержание

Введение.....	4
1 Анализ исходных данных и постановка задач работы.....	5
1.1 Функции и условия эксплуатации детали.....	5
1.2 Анализ детали на технологичность.....	6
1.3 Определение типа производства и его характеристик.....	8
1.4 Постановка задач.....	9
2 Проектирование технологического процесса.....	11
2.1 Выбор метода получения заготовки и ее проектирование.....	11
2.2 Проектирование маршрута и плана изготовления детали.....	20
2.3 Выбор средств оснащения технологического процесса.....	22
2.4 Проектирование технологических операций.....	25
3 Проектирование специальных средств оснащения.....	28
3.1 Проектирование трехкулачкового патрона.....	28
3.2 Проектирование токарного резца.....	34
4 Безопасность и экологичность технического объекта.....	37
4.1 Конструктивно-технологическая характеристика технического объекта.....	37
4.2 Идентификация профессиональных рисков.....	38
4.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков.....	40
4.4 Обеспечение пожарной безопасности технического объекта.....	44
4.5 Обеспечение экологической безопасности объекта.....	45
5 Экономическая эффективность работы.....	46
Заключение.....	51
Список используемых источников.....	52
Приложение А Технологическая документация.....	55
Приложение Б Спецификации к сборочным чертежам.....	66

## Введение

Современное технологическое оборудование обладает высокими показателями точности, производительности и надежности. Это достигается за счет применения в конструкции деталей высокой точности. А также своевременной заменой износившихся деталей. Производство таких деталей сложный технологический процесс, который обеспечивается не только применением соответствующих методов обработки и средств оснащения, но и определенными приемами организации производства. В современных условиях актуальность организации производства деталей для высокотехнологичных станков существенно возросла из-за введенных санкций и возникших сложностях с их поставкой в нашу страну. Особенности организации эффективного производства связаны, прежде всего, с обеспечением выпуска необходимого количества деталей. Технологии эффективные в условиях массового производства абсолютно неэффективны в условиях среднесерийного типа производства, поэтому копирование технологий применяемых на заводе-изготовителе исключено.

В работе рассматривается технология шпинделя, который является одной из ответственных деталей плоскошлифовального станка. Изготовление данной детали требует применения современного оборудования, средств технологического оснащения и режущего инструмента. Данные обстоятельства влияют на стоимость изготовления детали, что делает ее одной из самых дорогих и ответственных в конструкции станка.

Из этого следует, что цель данной выпускной квалификационной работы состоит в том, чтобы разработать технологию изготовления шпинделя плоскошлифовального станка Progrind способную обеспечивать выпуск годовой программы деталей требуемого качества с минимальными экономическими затратами в течение заданного срока в условиях среднесерийного типа производства.

## **1 Анализ исходных данных и постановка задач работы**

### **1.1 Функции и условия эксплуатации детали**

Функциональное назначение шпинделя заключается в передаче крутящего момента, необходимого для процесса резания от коробки скоростей станка на шлифовальный круг. Для этого в конструкции детали предусмотрены шпоночные пазы. В конструкции шпинделя предусмотрены шейки, при помощи которого он базируется в узле на подшипниках.

Условия эксплуатации детали в значительной мере зависят от метода шлифования, свойств обрабатываемого материала, величины снимаемых припусков, режимов резания и внешних факторов. Величины нагрузок могут сильно колебаться и достигать значительных величин, что объясняется различными физическими свойствами обрабатываемых материалов и применяемыми режимами резания. При этом нагрузки могут быть знакопеременными, а при обработке прерывистых поверхностей возможно возникновение ударных нагрузок.

В процессе шлифования выделяется большое количества тепла, что объясняется особенностями теплофизики процесса. Это может привести к нагреву шпинделя и его деформации. В результате будет потеряна точность обработки, а также возможен повышенный износ поверхностей детали.

Значительное влияние на условия эксплуатации могут оказывать факторы внешней среды. Ряд поверхностей шпинделя, такие как шейки под подшипники, находится в закрытом корпусе и не входят в непосредственный контакт с окружающей средой. Другие поверхности находятся в непосредственном контакте с внешней средой и на них возможно попадание агрессивных технологических жидкостей, стружки и абразивной пыли. Все вышеперечисленные факторы могут привести к значительному износу поверхностей детали и их преждевременному выходу их строя.

## 1.2 Анализ детали на технологичность

Выполнение анализа детали на технологичность подразумевает комплексный анализ ее материала, конструкции и механической обработки.

Технологичность материала детали определяется его химическим составом и физико-механическими свойствами. В данном случае применяется сталь 40Х ГОСТ 4543-71. «Химический состав данной стали: от 0,36% до 0,44% углерод, от 0,8% до 1,1% хром, до 0,3% никель, до 0,035% сера, 0,035% фосфор, до 0,3% медь» [23]. «Механические свойства данной стали в состоянии поставки: предел текучести 315 МПа, предел прочности 570 МПа, твердость от 167 до 207 НВ» [23]. Анализируя полученные данные, приходим к следующим выводам. Свойства стали полностью отвечают функциональному назначению и всем требованиям, предъявляемым к детали. Сталь обладает хорошими пластическими свойствами, что позволит использовать для получения заготовок высокоэффективные методы штамповки.

Технологичность конструкции детали оценивается исходя из общей конфигурации детали, наличия и количества сложно профильных и точных поверхностей. Шпиндель имеет сложную общую конфигурацию, что потребует для его изготовления применения большого количества разнообразных методов обработки. В конструкции имеется ряд точных поверхностей. Изготовление данных конструктивных элементов является сложной задачей, требующей применения дорогостоящего оборудования. Для оценки точности поверхностей детали и обоснованности ее назначения проводим классификацию поверхностей по их назначению [4]. Для этого выполняем эскиз детали и проставляем на нем номер для каждой поверхности. Эскиз приведен на рисунке 1.

В соответствии с принятой классификацией поверхностей получаем следующие результаты. Основные конструкторские базы поверхности с номерами 10, 12, 17; вспомогательные конструкторские базы поверхности с

номера 6, 14, 21, 30, 32, 34, 41; исполнительные поверхности с номерами 31, 44; свободные поверхности все оставшиеся.

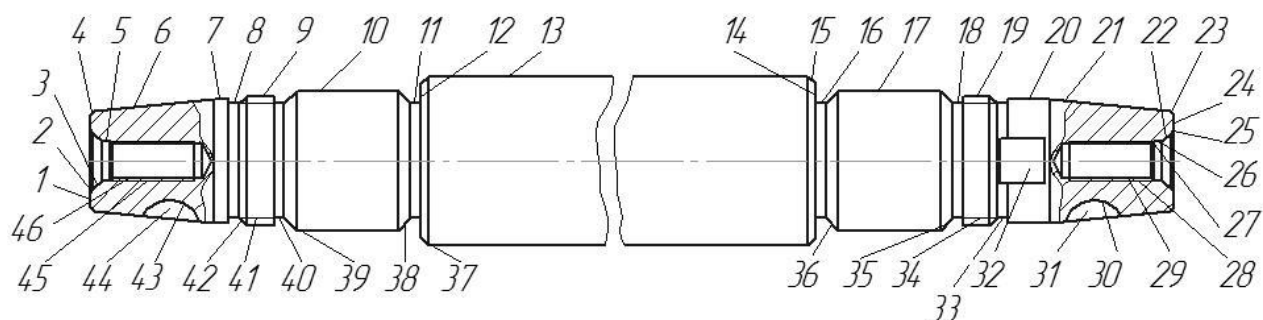


Рисунок 1 – Эскиз шпинделя

Из приведенной классификации следует, что точность размеров детали не является излишней и определена их функциональным назначением. Для достижения требуемой точности достаточно применения стандартных методов обработки, реализуемых на стандартном оборудовании универсальными средствами технологического оснащения. Анализируя полученные данные, приходим к выводу, что конструкцию детали следует признать технологичной.

Технологичность механической обработки оценивается исходя из анализа методов обработки, схем базирования, оборудования и средств технологического оснащения требуемых для изготовления детали. Исходя из требуемой точности обработки и формы поверхностей детали, приходим к следующим выводам. Достигнуть требуемых параметров можно применяя общепринятые методы обработки, такие как точение, фрезерование, шлифование и другие. При проектировании технологических операций можно применять стандартные схемы базирования, что позволит применить универсальную технологическую оснастку для их реализации. Обработка может быть выполнена с применением универсального оборудования, стандартного режущего инструмента. Исходя из формы поверхностей и требуемой точности обработки, для контроля можно использовать

универсальные и стандартизированные средства контроля. Следовательно, с точки зрения механической обработки деталь является технологичной.

Анализ детали показал, что по всем рассматриваемым согласно принятой методике критериям деталь является технологичной.

### **1.3 Определение типа производства и его характеристик**

Задача определения типа производства традиционно решается на основе определения коэффициента закрепления операций, однако, в данном случае это не представляется возможным, так как неизвестна вся номенклатура производства. В связи с этим применим упрощенную методику определения типа производства [8] по массе детали и годовой программе выпуска. «Применяя данную методику, исходя из годовой программы выпуска 4000 штук и массы 15,75 кг, тип производства среднесерийный» [8].

Среднесерийный тип производства согласно данным [8] имеет следующие характеристики.

Технологический маршрут изготовления детали проектируется на основе типовых маршрутов обработки с учетом конструктивных особенностей детали.

Для получения заготовок желательно использовать методы, позволяющие получить форму заготовки близкую к детали, то есть методы штамповки и отливки. Припуски на обработку рассчитываются в зависимости от требуемой точности обработки табличным или расчетно-аналитическим методом. Технология изготовления оформляется в виде маршрутной карты и операционных карт.

Технологические операции проектируются на основе типовых схем базирования с применением расчетных и статистических методов определения режимов резания и нормирования.

Оборудование назначается по методу обработки. Желательно использование универсального оборудования и оснащенного системами



числового программного управления. Допускается применение специализированного оборудования.

Режущий инструмент назначается исходя из метода обработки, требуемой точности обработки и формы обрабатываемых поверхностей. Желательно применение универсального, стандартизированного режущего инструмента. В экономически обоснованных случаях допускается применение специального режущего инструмента.

Технологическая оснастка назначается исходя из требуемой к реализации схемы базирования. Желательно использование универсальной, универсально-сборной оснастки с применением средств механизации процессов закрепления и раскрепления заготовок.

Средства контроля выбираются исходя из требуемой точности контроля, формы контролируемых поверхностей и допустимых методов контроля. Предпочтение следует отдавать стандартным и универсальным средствам контроля.

Форма организации производственного процесса непоточная, то есть детали запускаются в производство периодически повторяющимися партиями, размер которых определяется технологом. Производственные участки формируются по групповому принципу.

#### **1.4 Постановка задач**

Исходя из анализа детали на технологичность и характеристик среднесерийного типа производства, поставленная цель работы может быть достигнута путем решения следующих основных задач.

Необходимо спроектировать технологический процесс изготовления детали с учетом типовых технологических процессов, а также особенностей среднесерийного типа производства. Для этого необходимо выбрать метод получения заготовки и провести ее проектирование, определить припуски на обработку поверхностей, определить маршрут обработки поверхностей,

выбрать схемы базирования, определить режимы резания, определить операционные технические требования, назначить оборудование и средства технологического оснащения, провести нормирование технологических операций. Затем необходимо провести дальнейшее совершенствование спроектированного технологического процесса изготовления, путем проектирования специальной технологической оснастки и режущего инструмента для операций имеющих недостатки. На следующем этапе необходимо оценить безопасность и экологичность выполнения спроектированного технологического процесса. На заключительном этапе необходимо определить экономические показатели спроектированного технологического процесса и предложенных изменений.

В ходе выполнения первого раздела был произведен анализ имеющихся данных и на основании этого, а также исходя из цели работы, сформулированы основные задачи данной выпускной квалификационной работы.

## 2 Проектирование технологического процесса

### 2.1 Выбор метода получения заготовки и ее проектирование

Задача выбора метода получения заготовки решается путем проведения экономического сравнения допустимых методов. Как отмечалось ранее при определении характеристик типа производства для получения заготовки желательно использовать методы, позволяющие получить форму заготовки близкую к детали, то есть методы штамповки и отливки. В данном случае ограничения на применение методов получения оказывает материал детали. При анализе его технологичности было выяснено, что рассматриваемая сталь обладает хорошими пластическими свойствами. Это делает предпочтительным использование для получения заготовки методы штамповки. Проведя анализ литературы [3, 22] приходим к выводу о том, что наиболее эффективны в данном случае для получения заготовки метод штамповки на горизонтально-ковочной машине и метод штамповки в открытых штампах.

Для окончательного выбора необходимо провести их экономическое сравнение. При проведении расчетов следует учесть, что дешевая заготовка может привести к высокой стоимости механической обработки, а дорогая заготовка привести к низкой стоимости механической обработки. Поэтому для проведения расчетов применим методику [3], которая учитывает стоимость получения заготовки и стоимость ее механической обработки. В этом случае необходимо определить общую технологическую себестоимость по формуле:

$$C_T = C_{ЗАГ} \cdot Q + C_{МЕХ} \cdot (Q - q) - C_{ОТХ} \cdot (Q - q), \quad (1)$$

где  $C_{ЗАГ}$  – стоимость получения одного кг заготовок, руб.;

$Q$  – масса заготовки, кг;

$C_{МЕХ}$  – стоимость механической обработкой, руб.;

$q$  – масса детали, кг;

$C_{\text{ОТХ}}$  – стоимость одного кг стружки, руб» [3].

«Стоимость получения одного кг заготовок рассчитывается по формуле:

$$C_{\text{ЗАГ } i} = C_{\text{ОТ}} \cdot h_{\text{T}} \cdot h_{\text{С}} \cdot h_{\text{В}} \cdot h_{\text{М}} \cdot h_{\text{П}}, \quad (2)$$

где  $i$  – индекс варианта получения отливки;

$C_{\text{ОТ}}$  – базовая стоимость получения в зависимости от метода штамповки, руб.;

$h_{\text{T}}$  – коэффициент точности заготовки;

$h_{\text{С}}$  – коэффициент группы сложности заготовки;

$h_{\text{В}}$  – коэффициент массы заготовки;

$h_{\text{М}}$  – коэффициент марки материала заготовки;

$h_{\text{П}}$  – коэффициент программы выпуска» [3].

«Для удобства проведения расчетов здесь и далее примем, что индекс вариант получения заготовки соответствует 1 для штамповки в открытых штампах, 2 для штамповки на горизонтально-ковочной машине» [3].

Рассчитываем по формуле (2) стоимость получения одного кг заготовок.

$$C_{\text{ЗАГ } 1,2} = 29,96 \cdot 1,05 \cdot 0,87 \cdot 1,29 \cdot 1,18 \cdot 1,0 = 41,66 \text{ р.}$$

Для определения массы детали выполним ее моделирование в программе «Компас». В результате получаем массу детали равную 15,75 кг.

«Масса заготовки с достаточной для стадии проектирования точностью может быть определена по формуле:

$$Q_i = q \cdot K_p, \quad (3)$$

где  $K_p$  – коэффициент, учитывающий особенности метода получения заготовки и ее формы» [3].

$$Q_1 = 15,75 \cdot 1,5 = 23,63 \text{ кг.}$$

$$Q_2 = 15,75 \cdot 1,3 = 20,28 \text{ кг.}$$

«Стоимость механической обработки рассчитывается по формуле:

$$C_{\text{МЕХ } i} = C_C + E_H \cdot C_K, \quad (4)$$

где  $C_C$  – приведенные затраты на снятие 1 кг стружки, руб.;

$C_K$  – приведенные капитальные вложения на 1 кг стружки, руб.;

$E_H$  – коэффициент эффективности капитальных вложений» [3].

$$C_{\text{МЕХ } 1,2} = 4,95 + 0,1 \cdot 10,85 = 6,04 \text{ р.}$$

Имея все необходимые данные, определяем по формуле (1) общую технологическую себестоимость для каждого из рассматриваемых вариантов получения заготовок.

$$\begin{aligned} C_{T_1} &= 41,66 \cdot 23,63 + 6,04 \cdot (23,63 - 15,75) - 1,4 \cdot (23,63 - 15,75) = \\ &= 1020,99 \text{ р.} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} C_{T_2} &= 41,66 \cdot 20,28 + 6,04 \cdot (20,28 - 15,75) - 1,4 \cdot (20,28 - 15,75) = \\ &= 865,88 \text{ р.} \end{aligned}$$

Из расчетов следует, что метод получения заготовки штамповкой на горизонтально-ковочной машине в данном случае является предпочтительным.

Проектирование заготовки подразумевает определение технологических припусков на обработку, определение напусков, определение допусков на размеры, определение технических характеристик заготовки и формирование контура заготовки.

Расчет припусков на обработку в независимости от методики их определения подразумевает определение маршрута обработки для каждой поверхности.

Будем использовать для этого методику [13] согласно которой оптимальным является маршрут, обеспечивающий требуемые показатели качества обработки при условии обеспечения минимума суммарных

удельных затрат. При определении маршрутов следует также учесть форму поверхностей, особенности обрабатываемого материала и серийность производства. Результаты для дальнейшего удобства их использования приведены в виде таблицы 1.

Таблица 1 – Последовательности методов обработки поверхностей

Номер поверхности	Форма поверхности	Квалитет точности	Шероховатость $Ra$ , мкм	Маршрут обработки
1	плоская	12	12,5	ф, то
2	коническая	12	12,5	с, то
3	коническая	12	12,5	с, то, ш
4	коническая	12	12,5	тч, то
5	плоская	12	12,5	с, то
6	коническая	12	12,5	т, тч, то, ш, шч
7	цилиндрическая	8	0,63	т, тч, то
9	цилиндрическая	10	12,5	т, тч, то
10	цилиндрическая	6	0,63	т, тч, то, ш, шч
11	цилиндрическая	12	12,5	тч, то
12	плоская	12	1,25	т, тч, то, ш, шч
13	цилиндрическая	12	12,5	т, то
14	плоская	12	1,25	т, тч, то, ш, шч
15	коническая	12	12,5	тч, то
16	цилиндрическая	12	12,5	тч, то
17	цилиндрическая	6	0,63	т, тч, то, ш, шч
18	цилиндрическая	12	12,5	тч, то
19	цилиндрическая	10	12,5	т, тч, то
20	коническая	12	12,5	т, тч, то
21	цилиндрическая	12	12,5	т, тч, то, ш, шч
22	коническая	12	12,5	с, то, ш
23	коническая	12	12,5	тч, то
24	плоская	12	12,5	ф, то
25	коническая	12	12,5	с, то
26	коническая	12	12,5	с, то
27	коническая	12	12,5	с, то
28	винтовая	12	12,5	рн, то
29	цилиндрическая	12	12,5	с, то
30	цилиндрическая	12	12,5	ф, то
31	плоская	9	3,2	ф, то
32	плоская	12	6,3	ф, то
33	цилиндрическая	12	12,5	тч, то
34	винтовая	12	12,5	рн, то
35	коническая	12	12,5	тч, то
36	коническая	12	12,5	тч, то
37	коническая	12	12,5	тч, то
38	коническая	12	12,5	тч, то

Продолжение таблицы 1

Номер поверхности	Форма поверхности	Квалитет точности	Шероховатость $Ra$ , мкм	Маршрут обработки
39	коническая	12	12,5	тч, то
40	цилиндрическая	12	12,5	тч, то
41	коническая	12	12,5	тч, то
42	коническая	12	12,5	тч, то
43	цилиндрическая	12	12,5	ф, то
44	плоская	9	3,2	ф, то
45	винтовая	12	12,5	рн, то
46	цилиндрическая	12	12,5	с, то

«Обозначения, принятые по методам обработки в таблице 1: т – черновое точение; тч – чистовое точение; то – термическая обработка; ш – шлифование черновое; шч – шлифование чистовое; рн – резбонарезание; с – сверление; ф – фрезерование» [4].

Припуски для наиболее точной поверхности диаметром  $55k6^{(+0.021)}_{(+0.002)}$  следует определять с применением расчетно-аналитического метода [19]. Это позволит минимизировать величину припусков, рассчитать операционные размеры и обеспечить заданную точность обработки. В соответствии с принятой методикой припуск определяется в следующей последовательности. Сначала определяется минимальный припуск, затем максимальный и средний припуск. После этого выполняются расчеты минимального, максимального и среднего операционных размеров. Расчеты выполняются для каждого перехода. На основании полученных данных определяются общие максимальный, минимальный и средний припуски.

«Минимальный припуск для каждого перехода рассчитывается по формуле:

$$z_{imin} = a_{i-1} + \sqrt{\Delta_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2}, \quad (5)$$

где  $a$  – величина дефектного слоя, мм;

$\Delta$  – величина суммарных пространственных отклонений, мм;

$\varepsilon$  – величина погрешности установки заготовки, мм;

$i$  – индекс текущего перехода;

$i - 1$  – индекс предыдущего перехода» [19].

«Величина дефектного слоя рассчитывается по формуле:

$$a = Rz + h, \quad (6)$$

где  $Rz$  – среднеарифметическая величина микронеровностей профиля поверхностного слоя, мм;

$h$  – глубина дефектного слоя образовавшегося от предыдущей обработки, мм» [19].

«Величина суммарных пространственных отклонений определяется по формуле:

$$\Delta = 0,25 \cdot Td, \quad (7)$$

где  $Td$  – поле допуска выполняемого размера, мм» [19].

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

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

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

$$z_{4min} = a_3 + \sqrt{\Delta_3^2 + \varepsilon_4^2} = 0,150 + \sqrt{0,012^2 + 0,012^2} = 0,167 \text{ мм} \text{» [19].}$$

«Определение максимальных припусков производится по формуле:

$$z_{i max} = z_{i min} + 0,5 \cdot (Td_{i-1} + Td_i), \quad (8)$$

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

$Td_{i-1}$  – допуск на выполнение размера на предыдущем переходе, мм» [19].



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

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

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

$$\begin{aligned} z_{4 \max} &= z_{4 \min} + 0,5 \cdot (Td_3 + Td_4) = 0,167 + 0,5 \cdot (0,046 + 0,019) = \\ &= 0,200 \text{ мм} \gg [19]. \end{aligned}$$

«Определение средних припусков производится по формуле:

$$z_{cpi} = 0,5 \cdot (z_{i \max} + z_{i \min}). \quad (9) \gg [19]$$

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

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

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

$$z_{cp4} = 0,5 \cdot (z_{4 \max} + z_{4 \min}) = 0,5 \cdot (0,200 + 0,167) = 0,184 \text{ мм} \gg [19].$$

«Минимальный операционный размер рассчитывается по формуле:

$$d_{(i-1)min} = d_{i \min} + 2 \cdot z_{i \min}. \quad (10) \gg [19]$$

«Для перехода предшествующего термическому переходу минимальный диаметр рассчитывается по формуле:

$$d_{(T0-1)min} = d_{(i-1) \min} \cdot 0,999. \quad (11) \gg [19]$$

«Максимальный операционный размер рассчитывается по формуле:

$$d_{(i-1)max} = d_{(i-1)min} + Td_{i-1}. \quad (12) \gg [19]$$

«Средний операционный размер рассчитывается по формуле:

$$d_{i \text{ cp}} = 0,5 \cdot (d_{i \text{ max}} + d_{i \text{ min}}). \quad (13) \gg [19]$$

$$\ll d_{4 \text{ min}} = 55,002 \text{ мм.}$$

$$d_{4 \text{ max}} = 55,021 \text{ мм.}$$

$$d_{4 \text{ cp}} = 0,5 \cdot (d_{4 \text{ max}} + d_{4 \text{ min}}) = 0,5 \cdot (55,021 + 55,002) = 55,012 \text{ мм.}$$

$$d_{3 \text{ min}} = d_{4 \text{ min}} + 2 \cdot z_{4 \text{ min}} = 55,002 + 2 \cdot 0,167 = 55,336 \text{ мм.}$$

$$d_{3 \text{ max}} = d_{3 \text{ min}} + Td_3 = 55,336 + 0,046 = 55,382 \text{ мм.}$$

$$d_{3 \text{ cp}} = 0,5 \cdot (d_{3 \text{ max}} + d_{3 \text{ min}}) = 0,5 \cdot (55,382 + 55,336) = 55,359 \text{ мм.}$$

$$d_{\text{TO min}} = d_{3 \text{ min}} + 2 \cdot z_{3 \text{ min}} = 55,336 + 2 \cdot 0,282 = 55,900 \text{ мм.}$$

$$d_{\text{TO max}} = d_{\text{TO min}} + Td_{\text{TO}} = 55,900 + 0,160 = 56,060 \text{ мм.}$$

$$d_{\text{TO cp}} = 0,5 \cdot (d_{\text{TO max}} + d_{\text{TO min}}) = 0,5 \cdot (56,060 + 55,900) = \\ = 55,980 \text{ мм.}$$

$$d_{2 \text{ min}} = d_{\text{TO min}} \cdot 0,999 = 56,060 \cdot 0,999 = 56,004 \text{ мм.}$$

$$d_{2 \text{ max}} = d_{2 \text{ min}} + Td_2 = 56,004 + 0,120 = 56,124 \text{ мм.}$$

$$d_{2 \text{ cp}} = 0,5 \cdot (d_{2 \text{ max}} + d_{2 \text{ min}}) = 0,5 \cdot (56,124 + 56,004) = 56,064 \text{ мм}$$

$$d_{1 \text{ min}} = d_{2 \text{ min}} + 2 \cdot z_{2 \text{ min}} = 56,004 + 2 \cdot 0,438 = 56,880 \text{ мм.}$$

$$d_{1 \text{ max}} = d_{1 \text{ min}} + Td_1 = 56,880 + 0,300 = 57,180 \text{ мм.}$$

$$d_{1 \text{ cp}} = 0,5 \cdot (d_{1 \text{ max}} + d_{1 \text{ min}}) = 0,5 \cdot (57,180 + 56,880) = 57,030 \text{ мм.}$$

$$d_{0 \text{ min}} = d_{1 \text{ min}} + 2 \cdot z_{1 \text{ min}} = 56,880 + 2 \cdot 0,601 = 58,082 \text{ мм.}$$

$$d_{0 \text{ max}} = d_{0 \text{ min}} + Td_0 = 58,082 + 1,200 = 59,282 \text{ мм.}$$

$$d_{0 \text{ cp}} = 0,5(d_{0 \text{ max}} + d_{0 \text{ min}}) = 0,5(59,282 + 58,082) = 58,682 \text{ мм} \gg [19].$$

«Общий минимальный припуск рассчитывается по формуле:

$$2z_{\text{min}} = d_{0 \text{ min}} - d_{4 \text{ max}}. \quad (14) \gg [19]$$

$$2z_{\text{min}} = 58,082 - 55,021 = 3,061 \text{ мм.}$$

«Общий максимальный припуск рассчитывается по формуле:

$$2z_{max} = 2z_{min} + Td_0 + Td_4. \quad (15)» [19]$$

$$2z_{max} = 3,061 + 1,2 + 0,019 = 4,28 \text{ мм.}$$

«Общий средний припуск рассчитывается по формуле:

$$2z_{cp} = 0,5 \cdot (2z_{min} + 2z_{max}). \quad (16)» [19]$$

$$2z_{cp} = 0,5 \cdot (3,061 + 4,28) = 3,671 \text{ мм.}$$

Остальные поверхности детали имеют меньшую точность, поэтому припуски на их обработку определяются с использованием упрощенной методики основанной на статистических данных [18]. Результаты определения припусков с использованием данной методики для определения минимального и максимального значений припусков по переходам приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Результаты определения припусков по переходам

Номер поверхности	Номер перехода	Минимальный припуск, мм	Максимальный припуск, мм
1, 24	1	2,5	5,4
6, 21	1	1,75	3,3
	2	0,175	0,385
	3	0,6	0,683
	4	0,03	0,063
7, 20	1	1,75	3,3
	2	0,175	0,385
9, 19	1	1,75	3,3
	2	0,175	0,385
12, 14	1	2,8	5,4
	2	1,2	1,69
	3	0,6	0,88
	4	0,2	0,48
13	1	2,2	3,75

В соответствии с методикой проектирования с применением данных [6] определяем технологические напуски, определяем допуски на размеры,

определяем технические характеристики заготовки:

- «класс точности Т4;
- группа стали М2;
- степень сложности С1;
- исходный индекс И14;
- штамповочные уклоны: наружные 5°;
- радиусы скруглений 4 мм;
- допустимые значения остаточного облоя не более 1,2 мм» [6].

Исходя из полученных значений, формируем контур заготовки. Все полученные данные приведены на чертеже заготовки, представленной на листе графической части.

## **2.2 Проектирование маршрута и плана изготовления детали**

Анализ типа производства показал, что в условиях среднесерийного типа производства технологический маршрут изготовления детали проектируется на основе типовых маршрутов обработки [9, 13, 22] с учетом конструктивных особенностей детали. В таком случае проектирование маршрута обработки сводится к выявлению принадлежности детали к определенному классу деталей, выбору типовых маршрутов обработки деталей данного класса, анализу данных маршрутов путем исключения избыточных операций и добавления недостающих. Такое решение в условиях среднесерийного типа производства существенно ускоряет процесс проектирования и повышает его качество.

В результате анализа имеющихся типовых маршрутов изготовления деталей данного типа получаем следующий маршрут изготовления.

Операция 005 Фрезерно-центровальная. Обрабатываются поверхности 1, 2, 3, 5, 22, 24, 25, 26.

Операция 010 Токарная. Обрабатываются поверхности 6, 7, 9, 10, 12, 13, 14, 17, 19, 20, 21, 35, 39.

Операция 015 Токарная. Обрабатываются поверхности 4, 6, 7, 8, 10, 11, 12, 15, 16, 17, 18, 20, 21, 23, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42.

Операция 020 Сверлильная. Обрабатываются поверхности 28, 29, 45, 46.

Операция 025 Фрезерная. Обрабатываются поверхности 30, 31, 43, 44.

Операция 030 Фрезерная. Обрабатывается поверхность 32.

Операция 035 Термическая. Обрабатываются все поверхности.

Операция 040 Центрошлифовальная. Обрабатываются поверхности 3, 22.

Операция 045 Торцекруглошлифовальная. Обрабатываются поверхности 10, 12, 14, 17.

Операция 050 Круглошлифовальная. Обрабатываются поверхности 6, 21.

Операция 055 Торцекруглошлифовальная. Обрабатываются поверхности 10, 12, 14, 17.

Операция 060 Круглошлифовальная. Обрабатываются поверхности 6, 21.

Операция 065 Моечная. Выполняется мойка всех поверхностей.

Операция 070 Контрольная. Выполняется контроль детали согласно карте контроля.

Имея маршрут изготовления детали, формируем план изготовления. Для этого используем рекомендации [17]. Согласно им «план изготовления включает в себя перечень всех операций технологического процесса, используемое оборудование, эскизы выполнения операций с указанием на них операционных размеров и схем базирования, технические требования на выполнение операций, назначаемые исходя из экономически целесообразной точности достигаемой на операции» [17]. Результаты проектирования плана изготовления отображаются на соответствующем листе графической части работы и в маршрутной карте, представленной в приложении А.

## **2.3 Выбор средств оснащения технологического процесса**

Средства оснащения технологического процесса будем выбирать по справочным данным [2, 10, 11, 15, 20, 21]. При выборе необходимо учесть особенности типа производства рассмотренные ранее.

Выбор оборудования зависит от реализуемого метода обработки. В заданных условиях предпочтительным является использование универсального оборудования и оборудования с системой числового программного управления. Применение специализированного оборудования возможно только в случае если на универсальном оборудовании реализовать заданный метод обработки не представляется возможным.

Выбор режущего инструмента производится исходя из метода обработки, требуемой точности обработки и формы обрабатываемых поверхностей. Предпочтительным является использование универсального и стандартизированного режущего инструмента. Применение специального режущего инструмента допускается в обоснованных случаях.

Выбор технологической оснастки производится исходя из требуемой к реализации схемы базирования. Предпочтительным является использование универсальной, универсально-сборной оснастки с применением средств механизации процессов закрепления и раскрепления заготовок.

Выбор средств контроля производится исходя из требуемой точности контроля, формы контролируемых поверхностей и допустимых методов контроля. Предпочтительным является использование стандартных и универсальных средств контроля.

Выбранные согласно данным соображения средства технологического оснащения приведены в таблице 3.

Таблица 3 – Средства технологического оснащения

Наименование операции	Станки	Зажимные приспособления	Металлорежущие инструменты	Средства контроля
005 Фрезерно– центровальная	фрезерно– центровальный MP–179	фреза ГОСТ 24359–80, сверло ГОСТ14952–80 P6M5	штангенциркуль ГОСТ166–89, калибры	тиски самоцентрирую щие ГОСТ 21168–75
010 Токарная	токарно– винторезный 16K20Ф3	резец токарный контурный ВОК– 60 специальный	штангенциркуль ГОСТ166–89	патрон трехкулачковый и специальный
015 Токарная	токарно– винторезный 16K20Ф3	резец токарный контурный ВОК– 60 специальный, резец Т5К10 ГОСТ 18879–73, резец ГОСТ 18885–73 Т5К10	штангенциркуль ГОСТ166–89	патрон поводковый ГОСТ 2571–71
020 Сверлильная	сверлильный 2Н125Ф2	сверло спиральное ГОСТ 4010–77, метчик ГОСТ 3266–81	калибры	тиски самоцентрирую щие ГОСТ 21168–75
025 Фрезерная	горизонтально– фрезерный 6P82Г	фреза дисковая ГОСТ 3964–69 P6M5	штангенциркуль ГОСТ166–89	тиски самоцентрирую щие ГОСТ 21168–75
030 Фрезерная	вертикально– фрезерный 6Т13	фреза ГОСТ 17025–71 P6M5	калибры	универсальная делительная головка УДГ– 160 ГОСТ 8615–89
035 Термическая				
040 Центрошлифо вальная	центрошлифов альный 3925	головка АГК ГОСТ 2447–82	калибры	тиски самоцентрирую щие ГОСТ 21168–75
045 Торцекруглош лифовальная	торцекруглошл ифовальный 3Т160	круг 3– 750x32x350 23А46М8V 30м/с1А ГОСТ 52781–2007	микрометр ГОСТ6507–90	патрон поводковый ГОСТ 2571–71
050 Круглошлифо вальная	круглошлифова льный 3В151А	круг 1– 300x50x127 23А46М8V30м/с1 А ГОСТ 52781– 2007	микрометр ГОСТ6507–90	патрон поводковый ГОСТ 2571–71
055 Торцекруглош лифовальная	торцекруглошл ифовальный 3Т160	круг 3– 750x32x350 24А60К7V	микрометр ГОСТ6507–90	патрон ГОСТ 2571–71

### Продолжение таблицы 3

060 Круглошлифо вальная	круглошлифо ва льный 3В151А	круг 1– 300х50х127 24А60К7V	микрометр ГОСТ6507–90	патрон ГОСТ 2571–71
-------------------------------	-----------------------------------	-----------------------------------	--------------------------	------------------------

Приведенные в таблице 3 данные по средствам технологического оснащения используем для заполнения технологической документации, приведенной в приложении А, а также в графической части выпускной квалификационной работы.

Анализируя полученные данные по средствам технологического оснащения, приходим к следующим выводам.

Предлагаемые к использованию станки отвечают всем требованиям среднесерийного производства, при этом часть из них оснащена системами числового программного управления. Такое оборудование позволит обеспечить требуемую производительность и гибкость производства.

Предлагаемые к использованию станочные приспособления реализуют предполагаемые на операциях схемы базирования, являются универсальными, обладают необходимым быстродействием. Однако, на токарных операциях используются не механизированные приспособлений, что приводит к увеличению вспомогательного времени на данных операциях и снижению качества обработки..

Предлагаемые к использованию режущие инструменты отвечают требованиям среднесерийного типа производства, в большинстве своем являются универсальными. Однако, на токарных операциях используется инструмент обладающий неудовлетворительной стойкостью, что потребует их проектирования и изготовления.

Предлагаемые к использованию средства контроля отвечают всем предъявляемым к ним требованиям. Для контроля большинства размеров используются универсальные средства контроля, что удешевляет оснащение технологического процесса необходимыми средствами контроля. Для



нескольких операций предполагается использование калибров. Такое решение вызвано особенностью контролируемых параметров детали и, в данном случае, его можно считать обоснованным.

## 2.4 Проектирование технологических операций

С целью обеспечения проектирования технологических операций необходимо произвести нормирование операций, то есть определить режимы резания, а также время на их выполнение. В ходе анализа типа производства было выяснено, что нормирование технологических операций в условиях среднесерийного типа производства основано на применении опытно-статистического метода [14, 16]. Ниже приведен алгоритм проведения нормирования технологических операций с применением данной методики.

«Скорость резания определяется по формуле:

$$V = V_T \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3, \quad (17)$$

где  $V_T$  – скорость резания справочная, м/мин;

$K_1$  – коэффициент характеристик обрабатываемого материала;

$K_2$  – коэффициент характеристик инструментального материала;

$K_3$  – коэффициент характеристик вида обработки» [14].

«Рассчитывается частота вращения шпинделя по формуле:

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

где  $D$  – номинальный диаметр, мм» [14].

«Далее рассчитывается длина рабочего хода инструмента по формуле:

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

где  $l_1$  – длина врезания, мм.;

$l_{рез}$  – длина резания, мм.;

$l_2$  – длина перебега, мм» [14].

«Затем, определяется основное время на обработку по формуле:

$$T_o = \frac{L_{р.х.}}{S \cdot n}, \quad (20)$$

где  $S$  – подача, мм/об» [14].

Результаты нормирования технологических операций приведены в таблице 4.

Таблица 4 – Результаты нормирования технологических операций

Операция	Переход	Подача, мм/об	Скорость, м/мин	Частота вращения, об/мин	Рабочий ход, мм	Время, мин
005	1	0,11	180	560	52	0,11
	2	0,08	5	320	12	0,47
010 А	1	0,5	96	450	574	2,55
010 Б	1	0,5	96	450	142	0,63
015 А	1	0,24	135	630	158	1,05
	2	0,05	98	630	8	0,25
	3	1,5	100	630	18	0,02
015 Б	1	0,24	135	630	127	0,84
	2	0,05	98	630	8	0,25
	3	1,5	100	630	18	0,02
020	1	0,20	26	1000	47	0,48
	2	1,5	5	100	43	0,54
025	1	0,10	41	500	18	0,04
030 А	1	0,12	47	860	20	0,05
030 Б	2	0,12	47	860	20	0,05
040	1	0,55	15	300	0,8	0,18
045	1	0,014	30	320	0,334	0,18
050	1	0,02	30	320	56	0,38
055	1	0,011	35	250	0,184	0,17
060	1	0,009	35	250	56	0,54

Приведенные в таблице 4 данные по нормированию технологических

операций используем для формирования технологической документации, приведенной в приложении А, а также в графической части выпускной квалификационной работы.

Анализируя полученные данные, приходим к выводу, что большинство технологических операций имеют хорошие показатели по основному времени обработки, отвечающие требованиям среднесерийного типа производства. Однако, ряд операций имеют время обработки значительно превышающее остальные операции. Для таких операций следует предусмотреть технические или организационные мероприятия, направленные на снижение времени выполнения данных операций.

В ходе выполнения второго раздела спроектирован технологический процесс изготовления детали с учетом типовых технологических процессов, а также особенностей среднесерийного типа производства. Для этого выбран метод получения заготовки и проведено ее проектирование, определены припуски на обработку поверхностей, определен маршрут обработки поверхностей, выбраны схемы базирования, определены режимы резания, определены операционные технические требования, назначено оборудование и средства технологического оснащения, проведено нормирование технологических операций.

### 3 Проектирование специальных средств оснащения

#### 3.1 Проектирование трехкулачкового патрона

В ходе анализа полученных данных по средствам технологического оснащения, было выявлено использование на токарных операциях используются не механизированные приспособлений, что приводит к увеличению вспомогательного времени на данных операциях и снижению качества обработки. Устраним данный недостаток путем проектирования механизированного приспособления с использованием методики и данных [1, 7]. При этом необходимо предусмотреть возможность использования данного патрона для изготовления других деталей, входящих в номенклатуру производства. Эскиз выполнения операции приведен на рисунке 2.

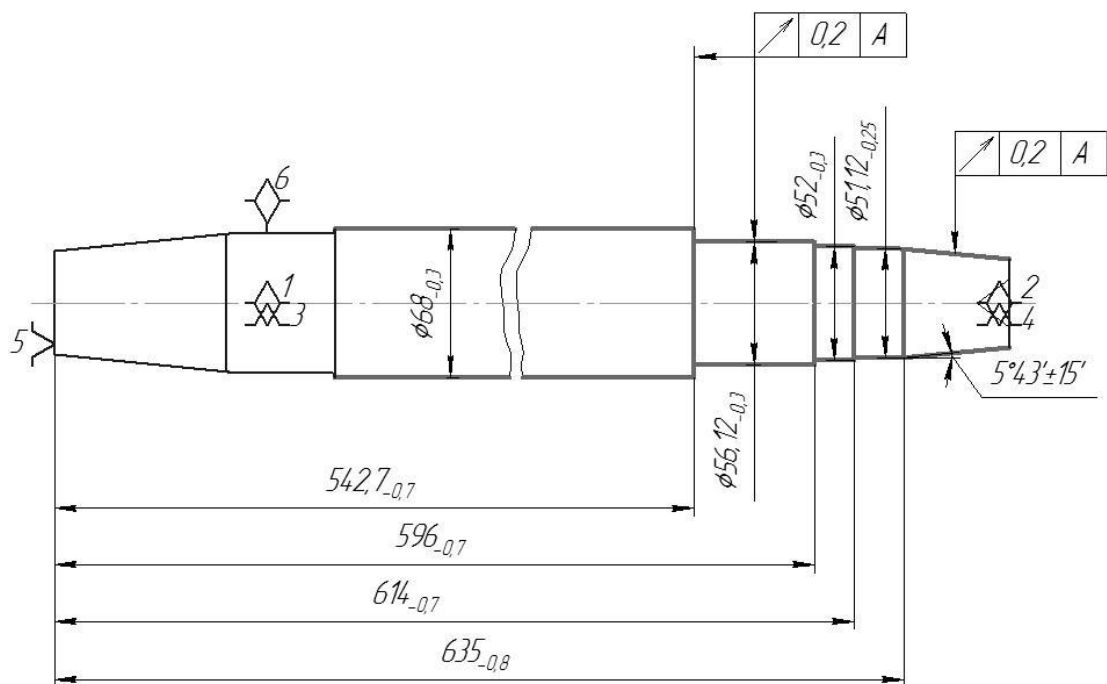


Рисунок 1 – Эскиз токарной операции

Силовой расчет приспособления основан на обеспечении равновесия системы сил закрепления и резания. Для этого составим схему закрепления,



$$W = \frac{P_Z \cdot d_1}{f \cdot d_2} \cdot K, \quad (23)$$

где  $K$  – коэффициент запаса» [1].

Составляющая силы резания  $P_Z$  определяется по формуле:

$$\langle P_Z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p, \quad (24)$$

где  $C_p$ ,  $x$ ,  $y$ ,  $n$  – коэффициент и показатели степеней, характеризующие

фактические условия выполнения операции;

$t$  – глубина резания, мм;

$S$  – подача, мм/об;

$V$  – скорость резания, м/мин;

$K_p$  – коэффициент условий обработки» [1].

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

$$K = K_0 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5, \quad (25)$$

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» [1].

Выполняем расчеты.

$$P_Z = 10 \cdot 30 \cdot 2,8^{1,0} \cdot 0,5^{0,75} \cdot 96^{-0,15} \cdot 0,89 = 2242 \text{ Н.}$$

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

$$W = \frac{2242 \cdot 68}{0,3 \cdot 55} \cdot 1,8 = 33263 \text{ Н.}$$

«Момент от составляющей силы резания  $P_Y$  определяется по формуле:

$$M_{P_Y} = P_Y \cdot l, \quad (26)$$

где  $l$  – плечо приложения силы, мм» [1].

«Уравновешивающий его момент силы зажима равен:

$$M_{3_{P_Y}} = \frac{2 \cdot W \cdot f \cdot d_2}{3}. \quad (27)» [1]$$

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

$$W = \frac{3 \cdot P_Y \cdot l}{2 \cdot f \cdot d_2} \cdot K. \quad (28)» [1].$$

Составляющая силы резания  $P_Y$  определяется по формуле:

$$P_Y = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p, \quad (29)$$

где  $C_p$ ,  $x$ ,  $y$ ,  $n$  – коэффициент и показатели степеней, характеризующие фактические условия выполнения операции;

$t$  – глубина резания, мм;

$S$  – подача, мм/об;

$V$  – скорость резания, м/мин;

$K_p$  – коэффициент условий обработки» [19].

Выполняем расчеты.

$$P_Y = 10 \cdot 243 \cdot 2,8^{0,9} \cdot 0,5^{0,6} \cdot 96^{-0,3} \cdot 0,89 = 917 \text{ Н.}$$

$$W = \frac{3 \cdot 917 \cdot 560}{2 \cdot 0,3 \cdot 55} \cdot 2,52 = 117001 \text{ Н.}$$

Из двух полученных сил зажима дальнейшие расчеты проводим для

наибольшего значения.

«Усилие зажима на постоянных кулачках вследствие конструктивных особенностей зажимного механизма отличается от расчетного и определяется по формуле:

$$W_1 = \frac{W}{1 - \frac{3 \cdot l}{H} \cdot f_1}, \quad (30)$$

где  $l$  – вылет кулачка, мм;

$H$  – длина направляющей постоянного кулачка, мм;

$f_1$  – коэффициент трения в направляющих» [1].

$$W_1 = \frac{117001}{1 - \frac{3 \cdot 62}{80} \cdot 0,1} = 152345 \text{ Н.}$$

«Усилие на приводе рассчитывается по формуле:

$$Q = \frac{W_1}{i_c}, \quad (31)$$

где  $i_c$  – передаточное отношение зажимного механизма» [7].

«Передаточное отношение клинового механизма рассчитывается по формуле:

$$i_c = \frac{1}{\text{tg}(\alpha + \varphi) + \text{tg}\varphi_1}, \quad (32)$$

где  $\alpha$  – угол клина, град;

$\varphi$  – угол трения наклонной поверхности клина, град;

$\varphi_1$  – угол трения плоской поверхности клина, град» [7].

Выполняем расчет.

$$i_c = \frac{1}{\text{tg}(15^\circ + 5^\circ 50') + \text{tg}5^\circ 50'} = 2,1.$$

$$Q = \frac{152345}{2,1} = 72545 \text{ Н.}$$

«С целью обеспечения механизации процесса закрепления в



конструкции приспособления применим гидравлический привод, диаметр поршня которого определяется по формуле:

$$D = \sqrt{\frac{1,27 \cdot Q}{P} + d^2}, \quad (33)$$

где  $d$  – диаметр штока, мм;

$P$  – давление масла в системе, МПа» [7].

$$D = \sqrt{\frac{1,27 \cdot 72545}{7,5} + 30^2} = 78,6 \text{ мм.}$$

«С целью применения в конструкции стандартного гидравлического привода округляем значение диаметра поршня до ближайшего большего стандартного, которое составляет 80 мм» [7].

В соответствии с принятым алгоритмом проектирования на заключительном этапе определяем точность установки заготовки в приспособлении. Данная задача решается на основе размерной схемы приспособления, приведенной на рисунке 4.

«Из схемы составляем уравнение расчета погрешности установки в приспособлении:

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

где  $\Delta_1$  – погрешность изготовления размера  $A_1$ , мм;

$\Delta_2$  – колебание зазора в сопряжении  $A_2$ , мм;

$\Delta_3$  – погрешность изготовления размера  $A_3$ , мм;

$\Delta_4$  – погрешность изготовления размера  $A_4$ , мм;

$\Delta_5$  – колебание зазора в сопряжении  $A_5$ , мм» [7].

Выполняем расчет.

$$\varepsilon_y = \frac{1}{2} \sqrt{0,025^2 + 0,010^2 + 0,025^2 + 0,012^2 + 0,010^2} = 0,022 \text{ мм.}$$

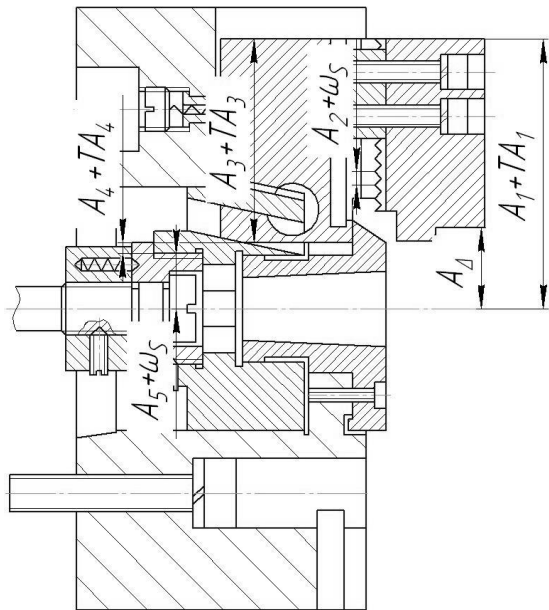


Рисунок 4 – Размерная схема приспособления

Данная точность считается удовлетворительной, если она составляет менее 30% от требуемой точности обработки на данной операции, что составляет в данном случае 0,025 мм. Следовательно, точность установки в спроектированном патроне является удовлетворительной.

Разработанная конструкция токарного патрона приведена на листе графической части работы и в приложении Б. В результате проектирования приспособления удалось решить проблему механизации процесса закрепления заготовки.

### 3.2 Проектирование токарного резца

Токарные операции в данном технологическом процессе составляют значительную его часть. Основными проблемами на данных операциях являются неудовлетворительная стойкость режущего инструмента и образование сливной стружки. С целью снижения расхода режущего инструмента и увеличения его стойкости возможно несколько вариантов решения данной проблемы. Один из путей заключается в снижении режимов

резания, но тогда увеличится время обработки, что неприемлемо. Вторым вариантом заключается в изменении системы охлаждения зоны резания и осуществление подвода смазочно-охлаждающей жидкости непосредственно в зону обработки, но такое решение достаточно дорогостоящее. Третий вариант решения проблемы заключается в замене инструментального материала. Проанализировав существующие варианты технической реализации последнего варианта, принимаем решение проводить проектирование по методике [11].

«Согласно принятой методике проектирования конструктивные параметры резца определяются исходя из площади сечения срезаемого слоя по формуле:

$$F = t \cdot S, \quad (35)$$

где  $t$  – глубина резания, мм;

$S$  – подача, мм/об» [11].

$$F = 2,8 \cdot 0,5 = 1,4 \text{ мм}^2.$$

«По данному значению площади сечения стружки подбираем все конструктивные параметры резца» [11]. Геометрию режущей части принимаем в соответствии с требованиями обработки и рекомендациям [11].

«Способ крепления пластины к державке принимаем механический при помощи винта, минимально допустимый диаметр которого определяется по формуле:

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot Q_1}{\pi \cdot \sigma_d}}, \quad (36)$$

где  $Q_1$  – сила, действующая на штифт при работе инструмента, Н;

$\sigma_d$  – допустимое материалом штифта напряжение, МПа» [11].

$$\ll Q_1 = \frac{P_{Zmax}}{0,7}, \quad (37)$$

где  $P_{Zmax}$  – максимальное значение главной составляющей силы резания, Н» [11].

Выполняем расчеты.

$$Q_1 = \frac{7200}{0,7} = 1030 \text{ Н.}$$

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

Проблему увеличения стойкости резца предполагается решить путем замены инструментального материала режущей пластины. Проведя анализ имеющихся данных, приходим к выводу, что в данном случае наиболее эффективным решением будет использование в качестве материала режущей пластины керамики ВОК-60. При этом предлагается подвергнуть пластину азотированию. По данным [11] это позволит в 1,5 – 2 раза увеличить стойкость резца. Проблему появления сливной стружки предполагается решить путем применения в конструкции резца накладного стружколома. Такое решение изменяет геометрию резания и теоретически ускоряет износ передней поверхности резца, но с учетом использования более стойкой режущей пластины износ передней поверхности не увеличится [11].

Подробная конструкция резца приведена на чертеже листа графической части работы.

В ходе выполнения третьего раздела проведено совершенствование спроектированного технологического процесса изготовления. Спроектирован механизированный патрон на токарные операции, что позволило сократить время их выполнения. Также спроектирован резец с использованием более стойкой режущей пластины и накладного стружколома, что позволило увеличить стойкость резца и обеспечить получение сегментной стружки.

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

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

В работе рассмотрен технологический процесс изготовления шпинделя плоскошлифовального станка Progrind. В процессе изготовления детали выполняются следующие операции: центровально-подрезная токарные, сверлильные, фрезерная, шлифовальные.

В технологическом процессе используются следующие станки: фрезерно-центровальный МР-179, токарный 16К20Ф3, сверлильный 2Н125Ф2, горизонтально-фрезерный 6Р82Г, вертикально-фрезерный 6Т13, центрошлифовальный 3925, торцекрылошлифовальный станок 3Т160, круглошлифовальный 3В151А.

В технологическом процессе используются следующие средства технологического оснащения: тиски самоцентрирующие ГОСТ 21168-75, патрон трехкулачковый специальный, патрон поводковый ГОСТ 2571-71, универсальная делительная головка УДГ-160 ГОСТ 8615-89.

В технологическом процессе используются следующие инструменты: фреза ГОСТ 24359-80, сверло ГОСТ14952-80 Р6М5, резец токарный контурный ВОК-60 специальный, резец Т5К10 ГОСТ 18879-73, резец ГОСТ 18885-73 Т5К10, сверло спиральное ГОСТ 4010-77, метчик ГОСТ 3266-81, фреза дисковая ГОСТ 3964-69 Р6М5, фреза ГОСТ 17025-71 Р6М5, головка АГК ГОСТ 2447-82, круг 3-750х32х350 23А46М8V 30м/с1А ГОСТ52781-2007, круг 1-300х50х127 23А46М8V30м/с1А ГОСТ 52781-2007.

Исполнителями технологического процесса являются операторы станков с числовым программным управлением, станочники широкого профиля, шлифовщики.

## 4.2 Идентификация профессиональных рисков

Рассмотрим возможные профессиональные риски для основных исполнителей технологического процесса, то есть операторов станков с числовым программным управлением, станочников широкого профиля, шлифовщиков. При проведении идентификации учтем положения ГОСТ 12.0.003–2015 ССБТ «Опасные и вредные производственные факторы. Классификация» и Приказа Минтруда № 776н «Об утверждении примерного положения о системе управления охраной труда» [5].

Полученные данные приведены в таблице 5.

Таблица 5 – Идентификация профессиональных рисков

Рабочее место	Группа ОВПФ	Источник ОВПФ	Наименование ОВПФ	Опасности/ риски
операторы станков с числовым программным управлением, станочник и широкого профиля, шлифовщики	факторы, обладающие свойствами и физического воздействия	станки, средства технологического оснащения, инструменты	«действие силы тяжести в тех случаях, когда оно может вызвать падение твердых, сыпучих, жидких объектов на работающего» [5]	«падение с высоты, падение предметов» [5]
			«движущиеся (в том числе разлетающиеся) твердые, жидкие или газообразные объекты, наносящие удар по телу работающего» [5]	«разрыв сосудов под давлением, разрушение механизмов и сооружений, наезд транспортных средств, опасность ранения, опасность затягивания или попадания в ловушку, опасность удара, опасность быть уколотым или проткнутым, опасности, обусловленные трением или абразивным воздействием, опасности, обусловленные выбросом жидкости, неожиданные пуски, повороты, прокручивания (или любые подобные)» [5]

Продолжение таблицы 5

Рабочее место	Группа ОВПФ	Источник ОВПФ	Наименование ОВПФ	Опасности/ риски
				«нештатные состояния) от неполадок или повреждения систем управления» [5]
		обработки ваемые заготовки , средства технологического оснащения, инструменты	«опасные и вредные производственные факторы, связанные с чрезмерно высокой или низкой температурой материальных объектов производственной среды, могущих вызвать ожоги (обморожения) тканей организма человека» [5]	«ожог или ошпаривание или другое повреждение от касания с предметами или материалами с высокой температурой из-за воспламенения а также теплового излучения» [5]
		станки	«производственные факторы, связанные с акустическими колебаниями в производственной среде и характеризуемые повышенным уровнем и другими неблагоприятными характеристиками шума» [5]	«опасность потери слуха (глухота), других физиологических расстройств (например потеря равновесия, ослаблении внимания)» [5]
			«производственные факторы, связанные с механическими колебаниями твердых тел и их поверхностей, характеризуемые повышенным уровнем общей вибрации» [5]	«использование ручных механизмов, приводящих к различным неврологическим или сосудистым расстройствам» [5]
			«производственные факторы, связанные с электрическим током, под действие которого попадает работающий» [5]	«контакт с токоведущими частями (прямой контакт), контакта с токоведущими частями, которые в неисправном состоянии, находясь под напряжением (косвенный контакт), неожиданные пуски, повороты, прокручивания (или любые подобные)» [5]

Продолжение таблицы 5

Рабочее место	Группа ОВПФ	Источник ОВПФ	Наименование ОВПФ	Опасности/ риски
				«нештатные состояния) от возобновления энергоснабжения после его прерывания» [5]
	факторы, обладающие свойствами и химического воздействия	смазочно-охлаждающая жидкость, масло	«производственные факторы, обладающие свойствами химического воздействия на организм работающего человека» [5]	«опасности от контакта или вдыхания паров вредных жидкостей, газов, пыли, тумана, дыма» [5]
	факторы, обладающие свойствами и психофизиологического воздействия	станки, средства технологического оснащения, инструменты	«монотонность труда, тяжесть трудового процесса» [5]	«физические перегрузки» [5]
			«перегрузки статические, связанные с рабочей позой» [5]	«физические перегрузки» [5]

Представленные в таблице 5 риски являются наиболее вероятными для основных исполнителей рассматриваемого технологического процесса.

### 4.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков

С целью обеспечения выявленных профессиональных рисков разработаем методы и средства их снижения. При разработке данных мероприятий учтем положения Приказа Минтруда России № 771н от 29 октября 2021 г. «Об утверждении Примерного перечня ежегодно реализуемых работодателем мероприятий по улучшению условий и охраны труда, ликвидации или снижению уровней профессиональных рисков либо недопущению повышения их уровней» [5].

Полученные данные приведены в таблице 6.



Таблица 6 – Методы и средства снижения профессиональных рисков

Опасность / риск	Мероприятия по улучшению условий и охраны труда	Методы и средства снижения профессиональных рисков
«падение с высоты, падение предметов» [5]	«издание (тиражирование) инструкций, правил (стандартов) по охране труда» [5]	использование современной высокопроизводительной техники; соблюдение эргономических характеристик рабочего места; обеспечение безопасных условий труда
«разрыв сосудов под давлением, разрушение механизмов и сооружений, наезд транспортных средств, опасность ранения, опасность затягивания или попадания в ловушку, опасность удара, опасность быть уколотым или проткнутым, опасности, обусловленные трением или абразивным воздействием, опасности, обусловленные выбросом жидкости, неожиданные пуски, повороты, прокручивания от неполадок или повреждения систем управления» [5]	«устройство и содержание пешеходных дорог, тротуаров, переходов, тоннелей, галерей на территории организации в целях обеспечения безопасности работников» [5], «устройство ограждений элементов производственного оборудования, защищающих от воздействия движущихся частей, а также разлетающихся предметов, включая наличие фиксаторов, блокировок, герметизирующих и других элементов» [5]	«соблюдение правил дорожного движения и правил перемещения транспортных средств по территории работодателя; соблюдение скоростного режима; применение исправных транспортных средств, подача звуковых сигналов при движении и своевременное применение систем торможения» [5], «использование блокировочных устройств, применение средств индивидуальной защиты, рабочих костюмов, халатов, исключающих попадание свисающих частей одежды на быстродвижущиеся элементы производственного оборудования; допуск к работе работника, прошедшего обучение в области охраны труда» [5]
«опасности от контакта или вдыхания паров вредных жидкостей, газов, пыли, тумана, дыма» [5]	«обеспечение работников, занятых на работах с вредными или опасными условиями труда, а также на работах, производимых в особых температурных и климатических условиях или связанных с загрязнением, специальной одеждой, специальной обувью и другими средствами индивидуальной защиты,» [5]	«устройство систем удаления вредных веществ, выделяющихся в технологическом процессе, на станки и инструменты; организация первичного и периодического обучения и инструктажей работников безопасным методам и приемам выполнения работ; использование средств индивидуальной защиты, герметизация» [5]

Продолжение таблицы 6

Опасность / риск	Мероприятия по улучшению условий и охраны труда	Методы и средства снижения профессиональных рисков
	«дерматологическими средствами индивидуальной защиты» [5]	«технологического оборудования» [5]
«ожог или ошпаривание или другое повреждение от касания с предметами или материалами с высокой температурой из-за воспламенения а также теплового излучения» [5]	«обеспечение работников, занятых на работах с вредными или опасными условиями труда, а также на работах, производимых в особых температурных и климатических условиях или связанных с загрязнением, специальной одеждой, специальной обувью и другими средствами индивидуальной защиты, дерматологическими средствами индивидуальной защиты» [5]	«применение закрытых систем для горячих сред, установка изоляции, разделяющих защитных устройств, уменьшение площади контакта, правильное применение средств индивидуальной защиты» [5]
«опасность потери слуха (глухота), других физиологических расстройств» [5]	«обеспечение работников, занятых на работах с вредными или опасными условиями труда, а также на работах, производимых в особых температурных и климатических условиях или связанных с загрязнением, специальной одеждой, специальной обувью и другими средствами индивидуальной защиты, дерматологическими средствами индивидуальной защиты» [5]	«применение звукоизолирующих ограждений-кожухов, кабин управления технологическим процессом, устройство звукопоглощающих облицовок и объемных поглотителей шума, использование средств индивидуальной защиты» [5]
«использование ручных механизмов, приводящих к различным неврологическим или сосудистым расстройствам» [5]	«обеспечение работников, занятых на работах с вредными или опасными условиями труда, а также на работах, производимых в особых температурных и климатических условиях или связанных с загрязнением, специальной одеждой, специальной обувью и другими» [5]	«своевременный ремонт машин и оборудования (с балансировкой движущихся частей), проверкой крепления агрегатов к полу, фундаменту, с последующим лабораторным контролем вибрационных характеристик; установка стационарного» [5]

Продолжение таблицы 6

Опасность / риск	Мероприятия по улучшению условий и охраны труда	Методы и средства снижения профессиональных рисков
	«средствами индивидуальной защиты, дерматологическими средствами индивидуальной защиты» [5]	«оборудования на отдельные фундаменты и поддерживающие конструкции зданий и сооружений, применение вибропоглощения и виброизоляции» [5]
физические перегрузки	«проведение специальной оценки условий труда, выявления и оценки опасностей, оценки уровней профессиональных рисков, реализация мер, разработанных по результатам их проведения» [5]	«проведение инструктажа на рабочем месте; соблюдение основных требований эргономики, соблюдение режимов труда и отдыха; организация рабочего места для наиболее безопасного и эффективного труда работника, исходя из физических и психических особенностей человека» [5]
«контакт с токоведущими частями (прямой контакт), контакта с токоведущими частями, которые в неисправном состоянии, находясь под напряжением (косвенный контакт), неожиданные пуски, повороты, прокручивания (или любые подобные нештатные состояния) от возобновления энергоснабжения после его прерывания» [5]	«внедрение и (или) модернизация технических устройств и приспособлений, обеспечивающих защиту работников от поражения электрическим током» [5]	«изоляция токоведущих частей электрооборудования, применение средств индивидуальной защиты, соблюдение требований охраны труда, применение ограждений, сигнальных цветов, табличек, указателей и знаков безопасности» [5]

Соблюдение описанных выше мероприятий позволит обеспечить снижение влияния профессиональных рисков на основных исполнителей рассматриваемого технологического процесса.

#### **4.4 Обеспечение пожарной безопасности технического объекта**

С целью обеспечения эффективной системы обеспечения пожарной безопасности при выполнении рассматриваемого технологического процесса проведем классификацию потенциального пожара.

По виду используемого горючего материала класс D пожары, связанные с воспламенением и горением металлов. Опасные факторы потенциального пожара: пламя и искры, тепловой поток, повышенная температура окружающей среды, повышенная концентрация токсичных продуктов горения и термического разложения, пониженная концентрация кислорода, снижение видимости в дыму (в задымленных пространственных зонах).

Определим технические средства обеспечения пожарной безопасности. Первичные средства пожаротушения огнетушители: ОП-10, ОВП-10, ОВП-100, ОП-100. Мобильные средства пожаротушения мотопомпа пожарная. Средства пожарной автоматики пожарный извещатель ИП-212-141. Пожарное оборудование пожарный щит класса ЩП-А. Пожарные сигнализация, связь и оповещение оповещатель охранно-пожарный звуковой Маяк-220, программно-аппаратный комплекс «Стрелец-мониторинг». Индивидуальные средства защиты для операторов станков с числовым программным управлением, станочников широкого профиля, шлифовщиков не предусмотрено действующими нормативными документами.

В целях предотвращения чрезвычайных ситуаций, связанных с пожарами, осуществляются следующие мероприятия: разрабатываются инструкции по действиям персонала в случае аварийной и чрезвычайной ситуации, проводится инструктаж по пожарной безопасности. Каждый работник, зафиксировавший негативную ситуацию, которая может привести к возникновению пожаров, обязан уведомить об этом своего непосредственного руководителя работ.

#### 4.5 Обеспечение экологической безопасности объекта

К негативным экологическим факторам, возникающим при выполнении рассматриваемого технологического процесса относятся нижеследующие.

Загрязнение гидросферы остатками масла, смазочно-охлаждающих жидкостей, смазочных материалов, частиц абразива и мелкой стружки. Загрязнение литосферы металлическим ломом, стружкой, промышленным мусором, отработанными маслами и смазочно-охлаждающими жидкостями. Загрязнение атмосферы в виде образования незначительного количества паров смазочно-охлаждающей жидкости и абразивной пыли. Количество данных выбросов мало, следовательно, ими можно пренебречь.

Мероприятий по снижению негативного антропогенного воздействия на окружающую среду, а также основные этапы процедуры по сбору, обезвреживанию, транспортировке, размещению, утилизации промышленных отходов прописаны в ГОСТ Р 53692–2009 «Национальный стандарт Российской Федерации. Ресурсосбережение. Обращение с отходами. Этапы» [5]. С целью снижения и устранения загрязнения гидросферы применяются технические средства по очистке сточных вод, которые должны соответствовать ГОСТ 31952–2012 «Устройства водоочистные. Общие требования к эффективности и методы ее определения» [5].

Выполнение раздела позволило идентифицировать профессиональные риски, действующие на работников, разработать организационно-технические мероприятия по снижению выявленных рисков, провести анализ пожарной и экологической безопасности выполнения технологического процесса.

## 5 Экономическая эффективность работы

Данный раздел, являются завершающим разделом бакалаврской работы. Поэтому его основной целью является экономическое обоснование целесообразности предлагаемых изменений в технологический процесс изготовления детали.

Для подтверждения экономической целесообразности предложенных совершенствований, необходимо произвести расчеты ряда параметров согласно этапам алгоритму определения экономической эффективности технологических решений (рисунок 5).

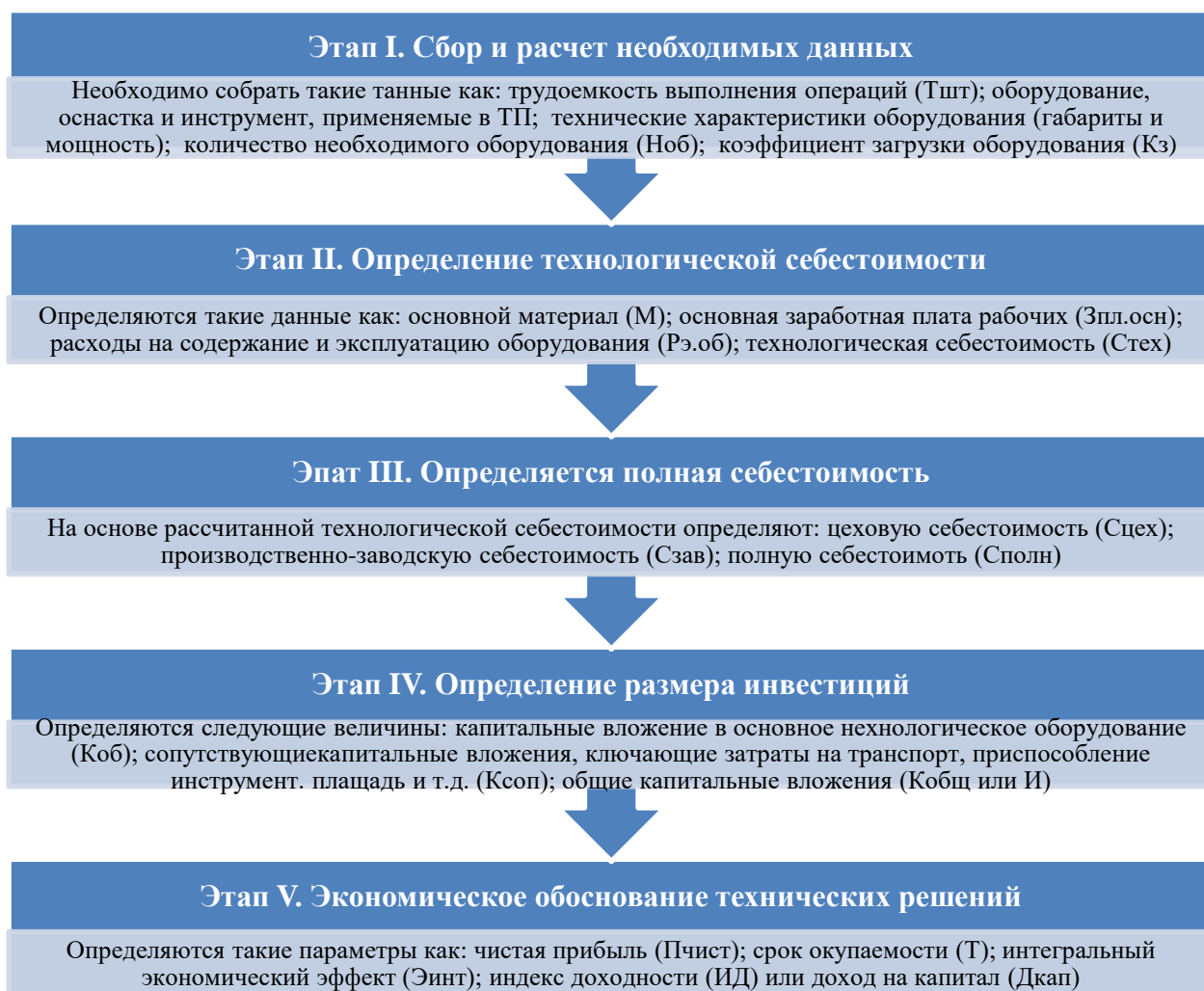


Рисунок 5 – Алгоритм определения экономической эффективности технологических решений

Как видно из рисунка 5, алгоритм предполагает выполнение пяти этапов, каждый из которых имеет обязательные расчеты ряда параметров. Подробная методика расчета этих параметров представлена в учебно-методическом пособии по выполнению экономического раздела выпускной квалификационной работы [12].

Далее согласно описанному алгоритму необходимо провести описание каждого этапа и выполнение соответствующих расчетов.

Этап I. Сбор и расчет необходимых данных. Этот этап предполагает, на основе технологического процесса и его изменений, сбор таких данных, как стоимость оборудования, оснастки и инструмента, а так же площадь и мощность данного оборудования. Кроме этого необходимо произвести расчеты по определению количества оборудования и его загрузки.

В качестве исходных данных представим краткое описание изменений технологического процесса изготовления детали в виде рисунка 6.

<b>Базовый вариант технологического процесса токарных операций 010 и 020</b>	<b>Проектный вариант технологического процесса токарных операций 010 и 020</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>• <b>Оборудование</b> – токарно-винторезный станок с ЧПУ, модель 16К20Ф3</li><li>• <b>Оснастка</b> – патрон 3-хкулачковый с ручным зажимом</li><li>• <b>Инструмент</b> – резец контурный, Т5К10</li><li>• <b>Трудоемкость</b> – операция 010: Тшт = 5,97 мин, То = 4,77 мин; операция 020: Тшт = 4,56 мин, То = 3,65 мин</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• <b>Оборудование</b> – токарно-винторезный станок с ЧПУ, модель 16К20Ф3</li><li>• <b>Оснастка</b> – патрон 3-хкулачковый механизированный</li><li>• <b>Инструмент</b> – резец контурный, минералокерамика ВОК-60</li><li>• <b>Трудоемкость</b> – операция 010: Тшт = 3,98 мин, То = 3,18 мин; операция 020: Тшт = 3,04 мин, То = 2,43 мин</li></ul>

Рисунок 6 – Краткое описание изменений технологического процесса

Как видно из рисунка 6, изменениям подвергается модель оборудования и применяемый инструмент. Так как в процессе

предложенного технического решения материал и способ получения заготовки не изменены, поэтому в дальнейшем, расчеты, применяемые для определения стоимости материалов, будут исключены. Это связано с тем, что в обоих вариантах расходы на материалы останутся одинаковыми и на конечный результат расчетов влияния не окажут.

Этап II. Определение технологической себестоимости. Данный этап позволяет произвести расчеты слагаемых технологической себестоимости: расходов на материал, заработную плату рабочих и операторов, социальных отчислений и расходов на содержание и эксплуатацию оборудования.

Применение необходимой методики, в совокупности с программным обеспечением Microsoft Excel, позволяет получить числовые параметры всех необходимых значений для написания соответствующих выводов, как по данному этапу, так и по всем последующим.

Результаты выполнения этапа II представлены на рисунке 7.

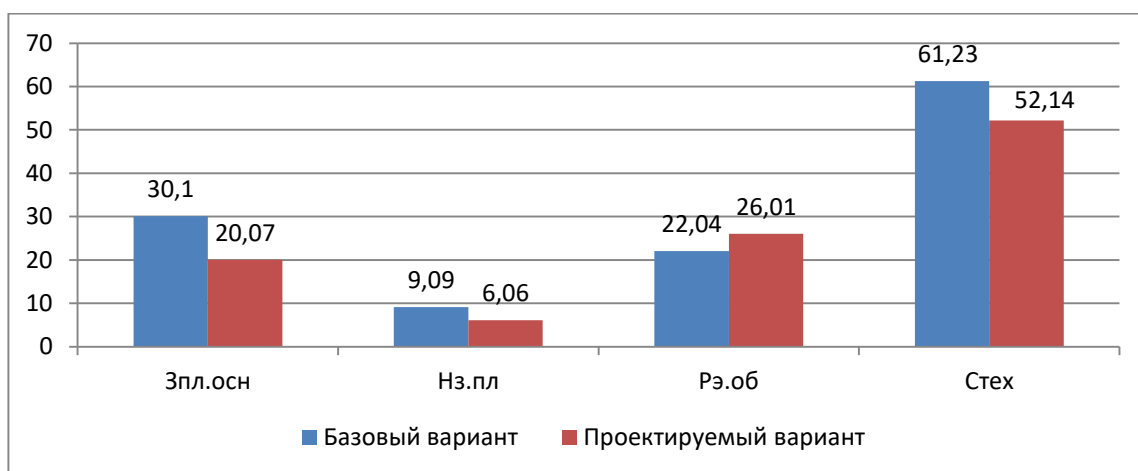


Рисунок 7 – Формирование технологической себестоимости токарных операций 010 и 020 по вариантам, руб.

Анализируя рисунок 7 можно сделать вывод о том, что в проектируемом варианте все расходы представленных параметров снижаются. Такие изменения позволяют в итоге достичь уменьшения технологической себестоимости на 14,9%.



Этап III. Определение полной себестоимости. В рамках данного этапа последовательно определяются такие виды себестоимости как: цеховая, производственная и полная.

Результаты выполнения этапа III представлены на рисунке 8. Анализируя методику расчета полной себестоимости, можно сказать, что основой для ее определения является величина технологической себестоимости. Поэтому, чтобы показать связь между перечисленными видами себестоимости, на этом рисунке представлены все их виды.

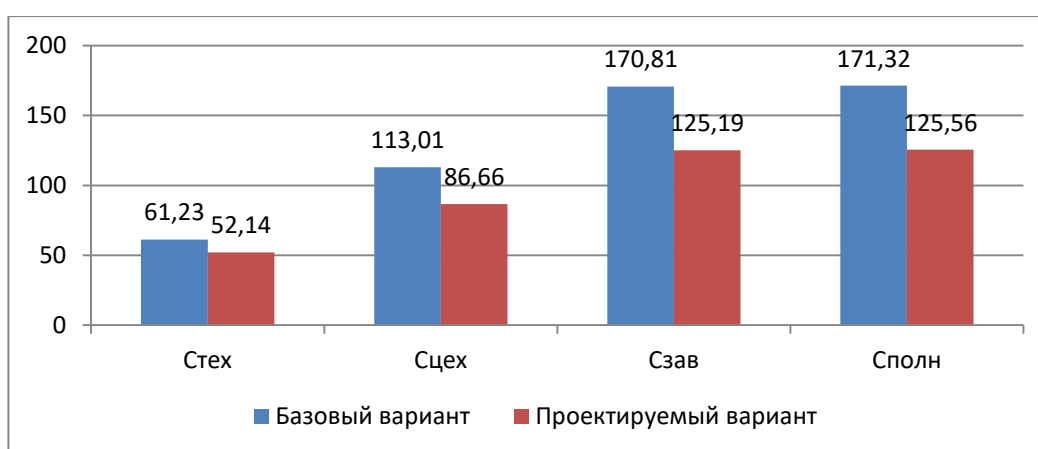


Рисунок 8 – Формирование полной себестоимости токарных операций 010 и 020 по вариантам, руб.

Как видно из рисунка 8, все значения в проектируемом варианте, также имеют тенденцию к снижению. Так полная себестоимость токарных операций 010 и 020 проектируемого процесса уменьшилась на 45,76 рубля, что составляет 20,7%.

Этап IV. Определение инвестиций. Этот этап позволяет определить необходимый объем инвестиций, который потребуется для осуществления предложенных совершенствований технологического процесса.

Результаты выполнения этапа IV представлены на рисунке 9.

Как видно из рисунка 9, инвестиции потребуются на: проектирование ( $Z_{ПР}$ ), приспособление ( $K_{ПР}$ ), инструмент ( $K_{И}$ ), корректировку управляющей программы ( $K_A$ ) и незавершенное производство ( $HЗП$ ). Учитывая размеры

перечисленных параметров, общий объем инвестиций (*I*) составит 124356,42 рублей.

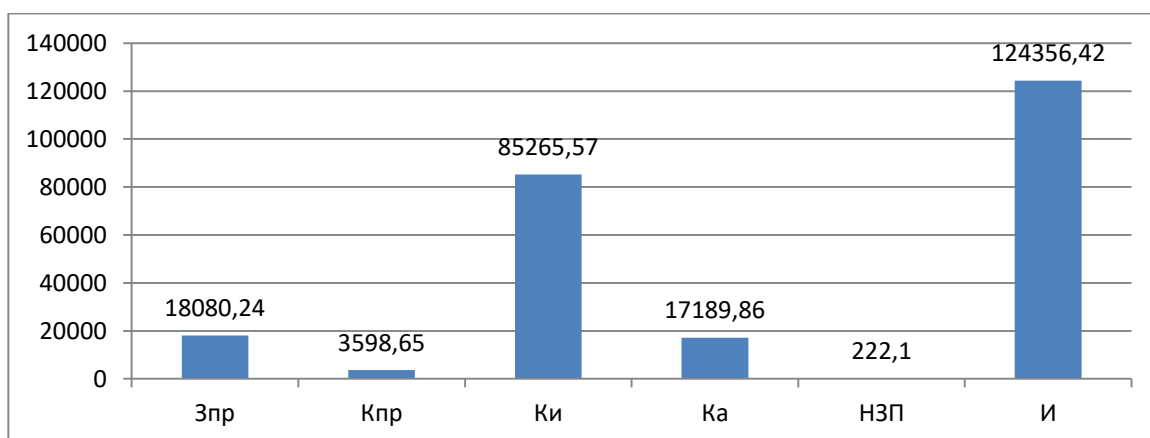


Рисунок 9 – Формирование размера инвестиций на выполнение измененных токарных операции 010 и 020, руб.

Этап V. Экономическое обоснование изменений технологического процесса. На данном этапе выполняются все необходимые расчеты, связанные с определением срока окупаемости инвестиций и прибыльности предлагаемых технических решений.

Из всех перечисленных параметров данного этапа, описанных в рисунке 5 (алгоритм определения экономической эффективности технологических решений), наибольший интерес для итоговых выводов представляют величина интегрального экономического эффекта.

Согласно проведенным расчетам, с учетом размера прибыли на заданную программу выпуска и размера инвестиций, интегральный экономический эффект составит 15102,63 рубля при 2-хлетнем сроке окупаемости. Данная величина является положительной, что подтверждает целесообразность финансовых вложений в предложенное техническое решение.

В данном разделе подтверждена эффективность принятых технических решений путем определения экономических показателей спроектированного технологического процесса и предложенных изменений.

## Заключение

В данной выпускной квалификационной работе решены следующие задачи.

Спроектирован технологический процесс изготовления детали с учетом типовых технологических процессов, а также особенностей среднесерийного типа производства. Для этого выбран метод получения заготовки и проведено ее проектирование, определены припуски на обработку поверхностей, определен маршрут обработки поверхностей, выбраны схемы базирования, определены режимы резания, определены операционные технические требования, назначено оборудование и средства технологического оснащения, проведено нормирование технологических операций.

Решена задача совершенствования спроектированного технологического процесса изготовления. Спроектирован механизированный патрон на токарные операции, что позволило сократить время их выполнения. Также спроектирован резец с использованием более стойкой режущей пластины и накладного стружколома, что позволило увеличить стойкость резца и обеспечить получение сегментной стружки.

Далее произведена оценка на безопасность и экологичность выполнения спроектированного технологического процесса.

Эффективность принятых решений подтверждена путем определения экономических показателей спроектированного технологического процесса и предложенных изменений.

Решение данных задач позволило достигнуть цели данной выпускной квалификационной работы, то есть разработать технологию изготовления шнека способную обеспечивать выпуск годовой программы деталей требуемого качества с минимальными экономическими затратами в течение заданного срока в условиях среднесерийного типа производства.

## Список используемых источников

1. 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: 24.04.2022).
2. 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.
3. Воронов Д.Ю. Проектирование и производство заготовок изделий машиностроительного производства : учебно-методическое пособие / Д.Ю. Воронов, В.М. Боровков, И.В. Кузьмич. – Тольятти : ТГУ, 2018. – 203 с. [Электронный ресурс]. –URL: <https://e.lanbook.com/book/140032> (дата обращения: 26.03.2022).
4. 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.
5. Горина Л.Н. Раздел выпускной квалификационной работы «Безопасность и экологичность технического объекта» : учеб.–метод. пособие / Л.Н. Горина, М.И. Фесина. – Тольятти. : Изд-во ТГУ, 2021. – 22 с
6. ГОСТ 7505-89. Поковки стальные штампованные. Допуски, припуски и кузнечные напуски. – Введ. 1990-01-07. – М. : Изд-во стандартов, 1990. – 83 с.
7. Зубарев Ю.М. Расчет и проектирование приспособлений в машиностроении : учебник / Ю.М. Зубарев. – Санкт-Петербург : Лань, 2015. – 320 с. [Электронный ресурс]. – URL: <https://e.lanbook.com/book/61360> (дата обращения: 29.04.2022).
8. Иванов А.С. Курсовое проектирование по технологии машиностроения: Учебное пособие / А.С. Иванов, П.А. Давыденко, Н.П. Шамов. - М.: ИЦ РИОР: НИЦ ИНФРА-М, 2014. - 276 с.

9. Иванов И.С. Технология машиностроения: учеб. пособие / И.С. Иванов. - 2-е изд., перераб. и доп. – Москва. : ИНФРА-М, 2016. – 240 с. [Электронный ресурс]. – URL: <http://znanium.com/catalog/product/504931> (дата обращения: 12.04.2022).

10. Клепиков В.В. Технологическая оснастка: станочные приспособления: учеб. пособие / В.В. Клепиков. – Москва. : ИНФРА-М, 2019. – 345 с. [Электронный ресурс]. – URL: <http://znanium.com/catalog/product/765631> (дата обращения: 19.04.2022).

11. Клименков С.С. Обрабатывающий инструмент в машиностроении: учебник / С.С. Клименков. – Москва. : ИНФРА-М, 2013. – 459 с. [Электронный ресурс]. – URL: <http://znanium.com/catalog/product/435685> (дата обращения: 30.04.2022).

12. 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: 07.05.2021).

13. Маталин А.А. Технология машиностроения : учебник для во / А.А. Маталин. – 5-е изд., стер. – Санкт-Петербург : Лань, 2020. – 512 с. [Электронный ресурс]. – URL: <https://e.lanbook.com/book/143709> (дата обращения: 18.04.2022).

14. Назначение рациональных режимов резания при механической обработке: учебное пособие / В.М. Кишуров, М.В. Кишуров, П.П. Черников, Н. В. Юрасова. – 3-е изд., стер. – Санкт-Петербург : Лань, 2019. –216 с. [Электронный ресурс]. – URL: <https://e.lanbook.com/book/121986> (дата обращения: 21.04.2022).

15. 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: 23.04.2022).

16. 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.

17. 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: 19.04.2022).

18. 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. Высш. шк. 2007 г.

19. 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.

20. 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.

21. Схиртладзе А. Г. Технологическая оснастка машиностроительных производств : учеб. пособие для студентов вузов, обуч. по направлению "Конструкторско-технол. обеспечение машиностр. пр-в". Т. 2 / А.Г. Схиртладзе, С.Н. Григорьев, В.П. Борискин. - 4-е изд., перераб. и доп. ; гриф УМО. - Старый Оскол. : ТНТ, 2016. – 517 с.

22. Технология машиностроения: учебник / В.В. Клепиков [и др.]. – Москва. : ИНФРА-М, 2017. – 387 с. [Электронный ресурс]. – URL: <http://znanium.com/catalog/product/545572> (дата обращения: 15.04.2022).

23. Химический состав и физико-механические свойства стали 40X [Электронный ресурс]. – [https://metallicheckiy-portal.ru/marki\\_metallov/stk/40X?](https://metallicheckiy-portal.ru/marki_metallov/stk/40X?) (дата обращения: 01.04.2022).



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
Т 19	396110 Патрон 3-х кулачковый специальный: 392841 Центр ГОСТ 8742-75; 396190 Люнет ГОСТ 21190-															
Т 20	75, 392101 Резец контурный специальный ВСК-60; 393311 Штангенциркуль ШЦ-1 ГОСТ 166-89.															
21																
А 22	XX XX XX 015 4110 Токарная															
Б 23	381101 Токарный 16К20Ф3					3	18217	312	1Р	1	1	1	200	1		3,04
О 24	Точить последовательно поверхности и торцы: Установ А 14, 15, 16, 17, 18, 20, 21, 23, 32, 33, 34, 35,															
О 25	36 в размер $\phi 56,124_{0,12}$ ; $\phi 51,313_{0,1}$ ; М52 $_{0,1}$ ; $\phi 53_{0,12}$ ; $\phi 49,8_{0,1}$ ; $\phi 49,5_{0,1}$ ; 532,36 $_{0,28}$ ; 586 $_{0,28}$ ; 604 $_{0,28}$ ;															
О 26	625 $_{0,28}$ , Установ Б 4, 6, 7, 8, 10, 11, 12, 37, 38, 39, 40, 41, 42 $\phi 56,124_{0,12}$ ; $\phi 51,313_{0,1}$ ; М52 $_{0,1}$ ; $\phi 53_{0,12}$ ;															
О 27	$\phi 49,8_{0,1}$ ; $\phi 49,5_{0,1}$ ; 551,36 $_{0,28}$ ; 605 $_{0,28}$ ; 615 $_{0,28}$ .															
Т 28	396110 Патрон поводковый ГОСТ 2571-71; 392841 Центр ГОСТ 8742-75; 396190 Люнет ГОСТ 21190-75,															
Т 29	392151 Резец контурный специальный ВСК-60; 392104 Резец канавочный Т5К10 ГОСТ 18879-73,															
Т 30	392153 Резец резьбовой ГОСТ 18885-73 Т5К10; 393311 Штангенциркуль ШЦ-1 ГОСТ 166-89.															
31																
А 32	XX XX XX 020 4121 Сверлильная															
Б 33	381213 Вертикально-сверлильный 2Н135Ф2 3 15292 312 1Р					1	1	1	1	200	1				1,72	
О 34	Обрабатывать поверхности 28, 29, 45, 46 в размер М16 $^{+0,07}$ ; 640 $_{0,07}$ ; 643 $_{0,07}$ .															
Т 35	396131 Тиски самоцентрирующие ГОСТ 21168-75; 391267 Сверло спиральное $\phi 14$ ГОСТ 4010-77 Р6М5;															
Т 36	391311 Метчик М16 ГОСТ 3266-81; 393400 Калибры.															
37																
А 38	XX XX XX 025 4262 Фрезерная															
Б 39	381631 Горизонтально-фрезерный 6Р82Г 3 18632 312 1Р					1	1	1	1	200	1				0,74	
О 40	Фрезеровать поверхности 30, 31, 43, 44 в размер 653 $_{0,32}$ ; 32 $_{0,25}$ ; 6 $^{+0,04}_{0,01}$ ; 25 $_{0,21}$ .															
Т 41	396131 Тиски самоцентрирующие ГОСТ 21168-75; 391833 Фреза дисковая Р6М5 $\phi 25$ ГОСТ 3964-69 Р6М5;															
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
Т 69	393311 Штангенциркуль ШЦ-1 ГОСТ 160-80.													
70														
А 71	XX XX XX 030 4262 Фрезерная													
Б 72	381631 Вертикально-фрезерный 6Т13 3 18632 312 1Р 1 1 1 200 1 0,8													
О 73	Фрезеровать поверхности 32 в размер 18 <sup>+0,07</sup> , 47,5 <sup>+0,1</sup> , 46 <sup>0</sup> , 23 <sup>0,004</sup> .													
Т 74	396190 Универсальная делительная головка УДГ-160 ГОСТ 8615-89; 392841 Центр ГОСТ 8742-75;													
Т 75	396190 Люнет ГОСТ 21190-75; 391821 Фреза канцевая $\phi$ 18 Р6М5 ГОСТ 17025-71; 393400 Калибры.													
76														
А 77	XX XX XX 035 Термическая													
78														
А 79	XX XX XX 040 4142 Центрошлифовальная													
Б 80	381317 Центрошлифовальный 3925 3 18873 312 1Р 1 1 1 200 1 0,88													
О 81	Шлифовать поверхности 3, 22 в размер $\phi$ 22 <sup>+0,011</sup> .													
Т 82	396131 Тиски самоцентрирующие ГОСТ 21168-75; 397120 Головка шлифовальный АГК ГОСТ 2447-82;													
Т 83	393120 Калибры.													
84														
А 85	XX XX XX 045 4130 Торцевкруглошлифовальная													
Б 86	381311 Торцевкруглошлифовальный 3Т160 3 18873 312 1Р 1 1 1 200 1 0,88													
О 87	Шлифовать поверхности Установка 14, 17 в размер $\phi$ 55,382 <sup>0,016</sup> ; 536,48 <sup>0,28</sup> . Установка 10, 12 в размер													
О 88	$\phi$ 55,382 <sup>0,016</sup> ; 555,48 <sup>0,28</sup> .													
Т 89	396110 Патрон поводковый ГОСТ 2571-71; 392841 Центр ГОСТ 8742-75; 396190 Люнет ГОСТ 21190-75;													
Т 90	39810 Круг шлифовальный 3-750x32x350 23А46М8V 30м/с1А ГОСТ 52781-2007; 393413 Микрометр													
Т 91	МК-70 ГОСТ 6507-90.													
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 обработки					СМ	проф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Кшт	Тпоз	Тшт
А 94	XX	XX	XX	050	4131 Шлифовальная											
Б 95	381311	Круглошлифовальный	ЗВ151А	3	18873	312	1Р	1	1	1	200	1				1,08
О 96	Шлифовать поверхность Установ А 21 в размеры $\phi 50,063_{-0,039}^{+0,050}$ , $630_{-0,28}^{+0,050}$ , Установ Б 21 в размеры															
О 97	$\phi 50,063_{-0,039}^{+0,050}$ , $630_{-0,28}^{+0,050}$ .															
Т 98	396110 Патрон поводковый ГОСТ2571-71; 392841 Центр ГОСТ 8742-75; 396190 Люнет ГОСТ21190-75;															
Т 99	39810 Круг шлифовальный 1-300x50x127 23А46М8V 30м/с1А ГОСТ52781-2007; 393413 Микрометр															
Т 100	МК-70 ГОСТ 6507-90.															
101																
А 102	XX	XX	XX	055	4130 Торцециркушлифовальная											
Б 103	381311	Торцециркушлифовальный	ЗТ160	3	18873	312	1Р	1	1	1	200	1				0,98
О 104	Шлифовать поверхности Установ А 14, 17 в размер $\phi 55,021_{-0,019}^{+0,050}$ ; $536_{-0,28}^{+0,050}$ , Установ Б 10, 12 в размер															
О 105	$\phi 55,021_{-0,019}^{+0,050}$ ; $536_{-0,28}^{+0,050}$ .															
Т 106	396110 Патрон поводковый ГОСТ2571-71; 392841 Центр ГОСТ 8742-75; 396190 Люнет ГОСТ21190-75;															
Т 107	39810 Круг шлифовальный 3-750x32x350 24А60К7V 35м/с1А ГОСТ52781-2007; 393413 Микрометр															
Т 108	МК-70 ГОСТ 6507-90.															
109																
А 110	XX	XX	XX	060	4131 Шлифовальная											
Б 111	381311	Круглошлифовальный	ЗВ151А	3	18873	312	1Р	1	1	1	200	1				1,24
О 112	Шлифовать поверхность Установ А 21 в размеры $\phi 50_{-0,089}^{+0,050}$ , $630_{-0,28}^{+0,050}$ , Установ Б 21 в размеры $\phi 50_{-0,089}^{+0,050}$ ,															
О 113	$630_{-0,28}^{+0,050}$ .															
Т 114	396110 Патрон поводковый ГОСТ2571-71; 392841 Центр ГОСТ 8742-75; 396190 Люнет ГОСТ21190-75;															
Т 115	39810 Круг шлифовальный 1-300x50x127 24А60К7V 35 м/с1А ГОСТ52781-2007; 393413 Микрометр															
Т 116	МК-70 ГОСТ 6507-90.															
МК																

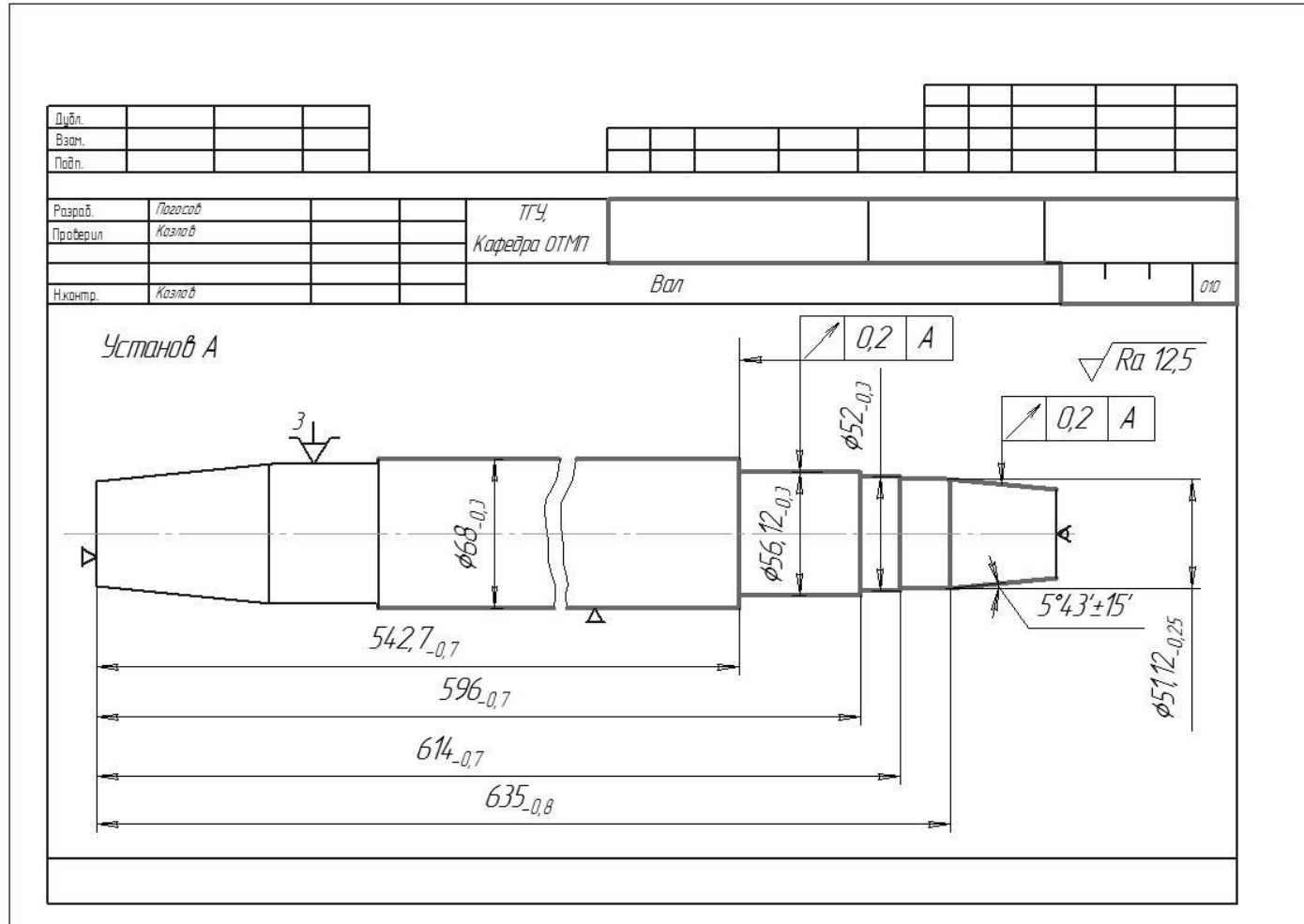
## Продолжение Приложения А

### 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
А 117	XX	XX	XX	065	Маечная										
118															
А 119	XX	XX	XX	070	Контрольная										
120															
121															
122															
123															
124															
125															
126															
127															
128															
129															
130															
131															
132															
133															
134															
135															
136															
137															
138															
139															
МК															

Продолжение Приложения А

Продолжение таблицы А.1





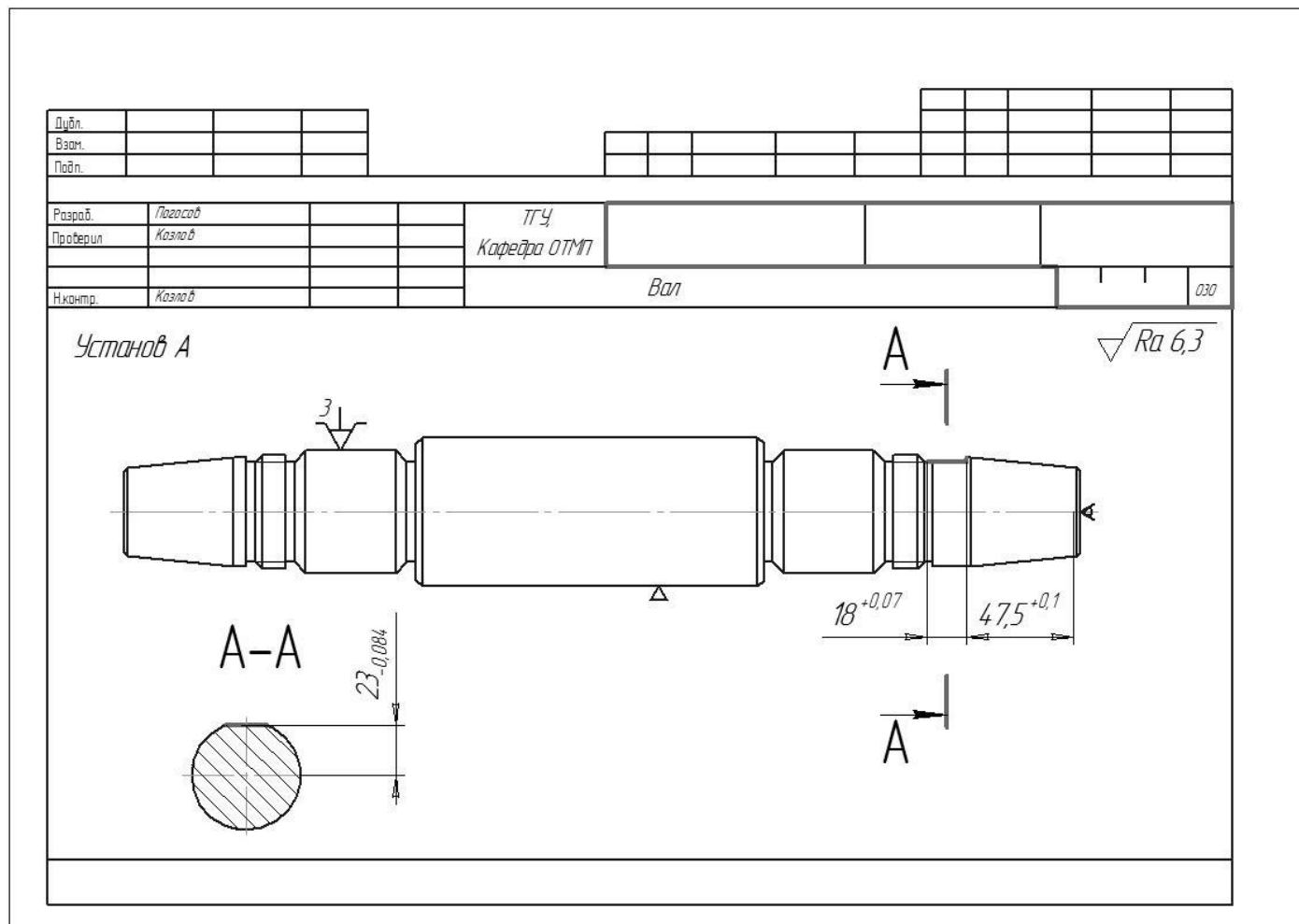
Продолжение Приложения А

Продолжение таблицы А.1

ГОСТ 3118-82										Форм 1									
Дубл.																			
Взам.																			
Подп.																			
Разраб.	Погосян																		
Проверил	Козлов																		
Нконтр.	Козлов																		
Наименование операции										Цех		Уч.	Р.М.	Опер.					
Материал										МЗ		КОИД							
Твердость										EB		MD							
Профиль и размеры										МЗ		КОИД							
Оборудование, устройство ЧПУ										Обозначение программы		То		ТЪ	Тгв	Тшт	СОЖ		
16K20Ф3										3,18		3,98		Украина-1					
										пи		D или B		L	r	i	s	п	v
01	1. Установить заготовку																		
Т.02	396110 Патрон 3-х кулачковый специальный; 392841 Центр ГОСТ 8742-75; 396190 Люнет																		
Т.03	ГОСТ21190-75, 392101 Резец контурный специальный ВДЖ-60.																		
0.04	2. Точить последовательно поверхности и торцы выдерживая размеры согласно эскиза																		
Р.05	1 2,8 0,5 450 96																		
06	3. Переустановить заготовку																		
0.07	4. Точить последовательно поверхности выдерживая размеры согласно эскиза																		
08	1 2,8 0,5 450 96																		
09	5. Открепить, снять деталь с приспособления, положить на тележку.																		
10																			

## Продолжение Приложения А

### Продолжение таблицы А.1







Продолжение Приложения А

Продолжение таблицы А.1

										ГОСТ 3118-82		Форм 1					
Дубл.																	
Взам.																	
Подп.																	
Разраб.	Погосяв																
Проверил	Козлов																
Нконтр.	Козлов									Цех	Уч.	Р.М.	Опер.	030			
Наименование операции										Материал		Твердость	EB	MD	Профиль и размеры	МЗ	КОМД
Фрезерная										Сталь 40Х ГОСТ 4543-71			166	15,75	φ74,2x693	20,28	1
Оборудование, устройства ЧПУ										Обозначение программы		Ta	Tb	Tpa	тип	сок	
6ТЭ												0,1			0,8	Укринол-1	
										пи	о или в	L	r	i	s	п	v
01	1. Установить заготовку																
T <sub>02</sub>	396190 Универсальная делительная головка ЧДГ-160 ГОСТ 8615-89; 392841 Центр ГОСТ 8742-75;																
T <sub>03</sub>	396190 Люнет ГОСТ 21190-75, 391821 Фреза концевая φ18 Р6М5 ГОСТ 17025-71.																
0 <sub>04</sub>	2. Фрезеровать поверхности выдерживая размеры согласно эскиза.																
P <sub>05</sub>										1			2,0		0,12	860	4,7
06	3. Переустановить заготовку																
0 <sub>07</sub>	4. Фрезеровать поверхности выдерживая размеры согласно эскиза.																
P <sub>08</sub>										1			2,0		0,12	860	4,7
09	5. Открепить, снять деталь с приспособления, уложить на тележку.																
10																	

Приложение Б

Спецификации к сборочным чертежам

Таблица Б.1 – Спецификации к сборочным чертежам

Формат Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Приме- чание
<u>Документация</u>					
A1		22.БР.ОТМП.315.65.00.000СБ	Сборочный чертеж		
<u>Детали</u>					
A3	1	22.БР.ОТМП.315.65.00.001	Корпус	1	
A4	2	22.БР.ОТМП.315.65.00.002	Стопор	1	
A4	3	22.БР.ОТМП.315.65.00.003	Клин	1	
A4	4	22.БР.ОТМП.315.65.00.004	Постоянный кулачек	3	
A4	5	22.БР.ОТМП.315.65.00.005	Сухарь	3	
A4	6	22.БР.ОТМП.315.65.00.006	Сменный кулачек	3	
A4	7	22.БР.ОТМП.315.65.00.007	Втулка	1	
A4	8	22.БР.ОТМП.315.65.00.008	Заглушка	1	
A4	9	22.БР.ОТМП.315.65.00.009	Тяга	1	
A4	10	22.БР.ОТМП.315.65.00.010	Гайка	1	
A4	11	22.БР.ОТМП.315.65.00.011	Плунжер	1	
A4	12	22.БР.ОТМП.315.65.00.012	Втулка	3	
A4	13	22.БР.ОТМП.315.65.00.013	Шток	3	
A3	14	22.БР.ОТМП.315.65.00.014	Корпус неподвижный	1	
A4	15	22.БР.ОТМП.315.65.00.015	Муфта	1	
A3	16	22.БР.ОТМП.315.65.00.016	Крышка	1	
A3	17	22.БР.ОТМП.315.65.00.017	Корпус гидроцилиндра	1	
A4	18	22.БР.ОТМП.315.65.00.018	Поршень	1	
A4	19	22.БР.ОТМП.315.65.00.019	Шток	1	
A4	20	22.БР.ОТМП.315.65.00.020	Переходная втулка	1	
22.БР.ОТМП.315.65.00.000					
Изм.		Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Разработ.		Логосов			
Проб.		Козлов			
Н.контр.		Козлов			
Утв.		Логосов			
Станочное приспособление			Лит.	Лист	Листов
				1	2
			ТГУ, ТМдп-1702б		
Копировал			Формат А4		



Продолжение Приложения Б

Продолжение таблицы Б.1

Изм. №	Изм. № подл.	Изм. №	Взам. изв. №	Изм. № дробл.	Подп. и дата	Подп. и дата	Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание				
														Изм. № подл.	Изм. №	Взам. изв. №	Изм. № дробл.
											<u>Документация</u>						
							A1			22.БР.ОТМП.315.70.00.000СБ	Сборочный чертеж						
											<u>Детали</u>						
							A3	1		22.БР.ОТМП.315.70.00.001	Державка	1					
							A4	2		22.БР.ОТМП.315.70.00.002	Прихват	1					
							A4	3		22.БР.ОТМП.315.70.00.003	Винт М4	1					
							A4	4		22.БР.ОТМП.315.70.00.004	Винт М2	1					
							A4	5		22.БР.ОТМП.315.70.00.005	Пластина режущая	1					
							A4	6		22.БР.ОТМП.315.70.00.006	Пластина опорная	1					
							A4	7		22.БР.ОТМП.315.70.00.007	Стружколом	1					
										22.БР.ОТМП.315.70.00.000							
		Изм. Лист	№ докум.	Подп.	Дата	<b>Резец токарный</b> ТГУ, ТМДп-17028											
		Разраб.	Логосов														
		Проб.	Козлов														
		Изм. Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Копировал _____ Формат А4											
		Разраб.	Козлов														
		Проб.	Логосов														