

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ

федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования

«Тольяттинский государственный университет»

Институт машиностроения

(наименование института полностью)

Кафедра «Оборудование и технологии машиностроительного производства»

(наименование)

15.03.05 «Конструкторско-технологическое обеспечение

машиностроительных производств»

(код и наименование направления подготовки, специальности)

Проектирование технологических процессов

(направленность (профиль)/ специализация)

**ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА
(БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА)**

на тему Технологический процесс изготовления водила контрольной головки

Студент

Р.Э. Лелюшкин

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

к.т.н., доцент В.А. Гуляев

(ученая степень, звание, И.О. Фамилия)

Консультанты

к.э.н. Н.В. Зубкова

(ученая степень, звание, И.О. Фамилия)

к.т.н., доцент А.В. Краснов

(ученая степень, звание, И.О. Фамилия)

Тольятти 2020

Аннотация

Технологический процесс изготовления водила контрольной головки.
Бакалаврская работа. Тольятти. Тольяттинский государственный университет, 2020.

Работа состоит из пояснительной записки (56 страниц) и графической части (семь листов формата А1).

В бакалаврской работе проанализирована и рассчитана автоматическая система управления процессом резания на одной из технологических операций. Для чего были показаны математические модели, связывающие параметры и режимы резания между собой. На основе этого были построены структурная и функциональная схемы проектируемой системы.

Анализ показал технологичность детали, то есть возможность обработки согласно плана обработки. Рассмотрена возможность обработки материала, из которого выполнена заготовка. Соответствующим образом выбрано оборудование и инструмент для обеспечения качества механической обработки. Соответствующим образом выбрано оборудование и инструмент для обеспечения качества механической обработки.

Содержание

Введение.....	4
1 Анализ исходных данных.....	6
1.1 Служебное назначение детали.....	6
1.2 Задачи работы.....	10
2 Разработка технологической части работы.....	11
2.1 Проектирование заготовки и выбор методов обработки.....	11
2.2 Проектирование технологической операции.....	20
3 Проектирование специальных средств оснащения.....	26
4 Безопасность и экологичность технического объекта.....	32
4.1 Конструктивно-технологическая и организационно-техническая характеристики рассматриваемого технического объекта.....	32
4.2 Идентификация профессиональных рисков.....	33
4.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков.....	33
4.4 Обеспечение пожарной безопасности технического объекта.....	35
4.5 Обеспечение экологической безопасности технического объекта.....	37
4.6 Заключение по разделу.....	38
5 Экономическая эффективность работы.....	40
Заключение.....	44
Список используемых источников.....	45
Приложение А. Маршрутная карта технологического процесса.....	48
Приложение Б. Операционные карты.....	51
Приложение В. Карты эскизов.....	54

Введение

В современном машиностроительном производстве большое внимание уделяется автоматизированным системам проектирования. Учитывая взаимосвязь и непрерывность этапов жизненного цикла изделия, построение распределенных автоматизированных систем для проектирования, изготовления и управления в машиностроении не имеет альтернативы. Такие системы, объединяющие в себе CAE/CAD/CAM системы, являются основой CALS-технологий.

Одной из основных задач CALS-технологий в машиностроении можно считать полное электронное сопровождение всех этапов жизненного цикла изделия. Это означает, что, однажды созданная во время проектирования электронная модель изделия используется многократно как при изготовлении, так и при модернизации и ремонте.

При автоматизации этапов жизненного цикла изделия используются прикладные программные средства (CAE/CAD/CAM), то для интеграции их согласно стратегии CALS необходимо наличие стандартного интерфейса к представляемым ими данным. Крупнейшие разработчики прикладных программ используют именно такой подход. Совершенствование САП проводится в сторону улучшения автоматического распознавания геометрических образов с электронных чертежей, оптимизации геометрических траекторий формообразующих движений и расширения номенклатуры постпроцессоров в базе данных. Развитие таких САМ-систем напрямую связано с полной заменой парка технологического оборудования на производственные комплексы станков с ЧПУ, поскольку только так можно обеспечить непрерывность информационных технологий, их связь с материальным производством и удовлетворить современным требованиям рынка по ускорению ЖЦ изделия на производстве. В предлагаемой работе разработана система автоматического управления процессом резания на одной их технологических операций. Для чего были показаны

математические модели, связывающие параметры и режимы резания между собой. На основе этого были построены структурная и функциональная схемы проектируемой системы. Предварительный расчет показал технологичность, то есть возможность обработки рассматриваемой детали. Рассмотрена возможность обработки материала, из которого выполнена заготовка. Соответствующим образом выбрано оборудование и инструмент для обеспечения качества механической обработки. Отсюда вытекает цель выпускной квалификационной работы: усовершенствовать базовый технологический процесс изготовления водила и приведение его к оптимальному варианту. В ходе достижения этой цели нужно сделать следующее. Спроектировать заготовку, наименее затратную в изготовлении, с наибольшим коэффициентом использования материала. Усовершенствовать технологический процесс обработки с помощью патентных исследований и методами технического творчества. Разработать специальные средства оснащения, используемые в технологическом процессе. Предложены необходимые мероприятия по безопасности и охране труда. Рассчитана экономическая эффективность.

1 Анализ исходных данных

1.1 Служебное назначение детали

Деталь «Водило» предназначена с помощью планетарной передачи передавать крутящий момент. Планетарная передача является составляющей частью контрольной головки.

На рисунке 1 приведен узел контрольной головки, где расположено водило.

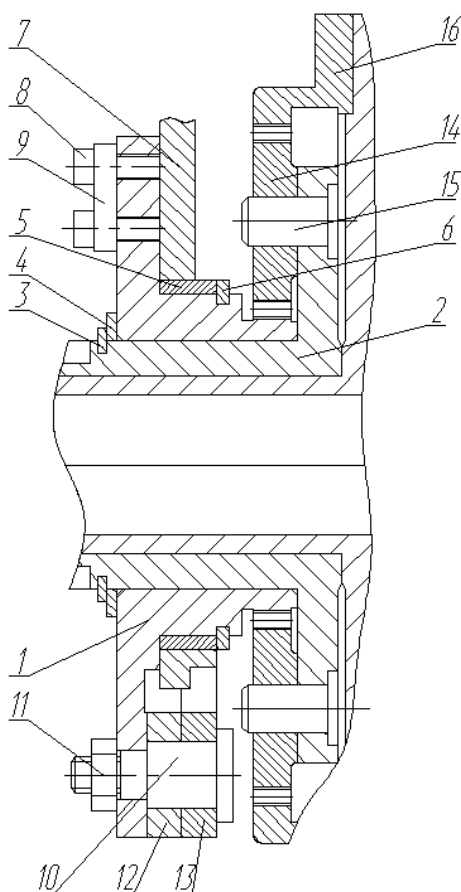


Рисунок 1 – Узел контрольной головки

С помощью стопорных колец 3 и 4 фиксируется и устанавливается на шейке втулки 2 водило зубчатое 1. Планка 7 устанавливается на втулке 5 и фиксируется с помощью стопорного кольца 6 на шейке водила 1. Пластина 9

крепится к водило 1 с помощью винтов 8. Шайбы 12 и 13 установлены на оси 10 и зафиксированы гайкой 11. Во втулке 2 на осях 15 установлены сателлиты 14, которые находятся с зубчатым венцом водила 1 в зацеплении. Центральное колесо 16 входит в зацепление с сателлитами 14.

Механические и технологические свойства материала детали являются основным критерием, который определяет технологичность заготовки. Материал для заготовки водила обладает низкими свойствами при литье. Выбираем в качестве наиболее приемлемых методов получения заготовки прокат или штамповку.

В ходе разработки технологического процесса нужно провести анализ служебного назначения детали. Это необходимо для соблюдения точности при расположении остальных составляющих элементов узла. В результате анализа назначается точность и шероховатость поверхностей при обработке.

В качестве материала для изготовления водила выбираем сталь 20Х по ГОСТу 4543. Исходя из специфического служебного назначения водила, выбранный материал должен соответствовать предъявляемых к детали требованиям.

Основные характеристики материала заготовки для изготовления водила приведены в таблице 1 и таблице 2.

Таблица 1 – Состав материала

Название элемента	Углерод	Никель	Медь	Фосфор	Сера	Кремний	Магний	Хром
		Не более						
Содержание	0.17-0,37	0.25	0,3	0.035	0.035	0.17-0.37	0.5-0.8	0.7-1.0

Таблица 2 – Свойства материала

Параметры	Диаметр, мм	σ_T , МПа	σ_B , МПа	δ_5 , %	ψ , %	КСУ, Дж/см ²	НВ не более
Пруток	60	390	640	13	40	49	250
Поковка	100-300	215	430	20	48	49	123-167

Анализ технологичности детали.

Проведем анализ поверхностей водила, так как важно выявить все поверхности по служебному назначению (рисунок 1.2).

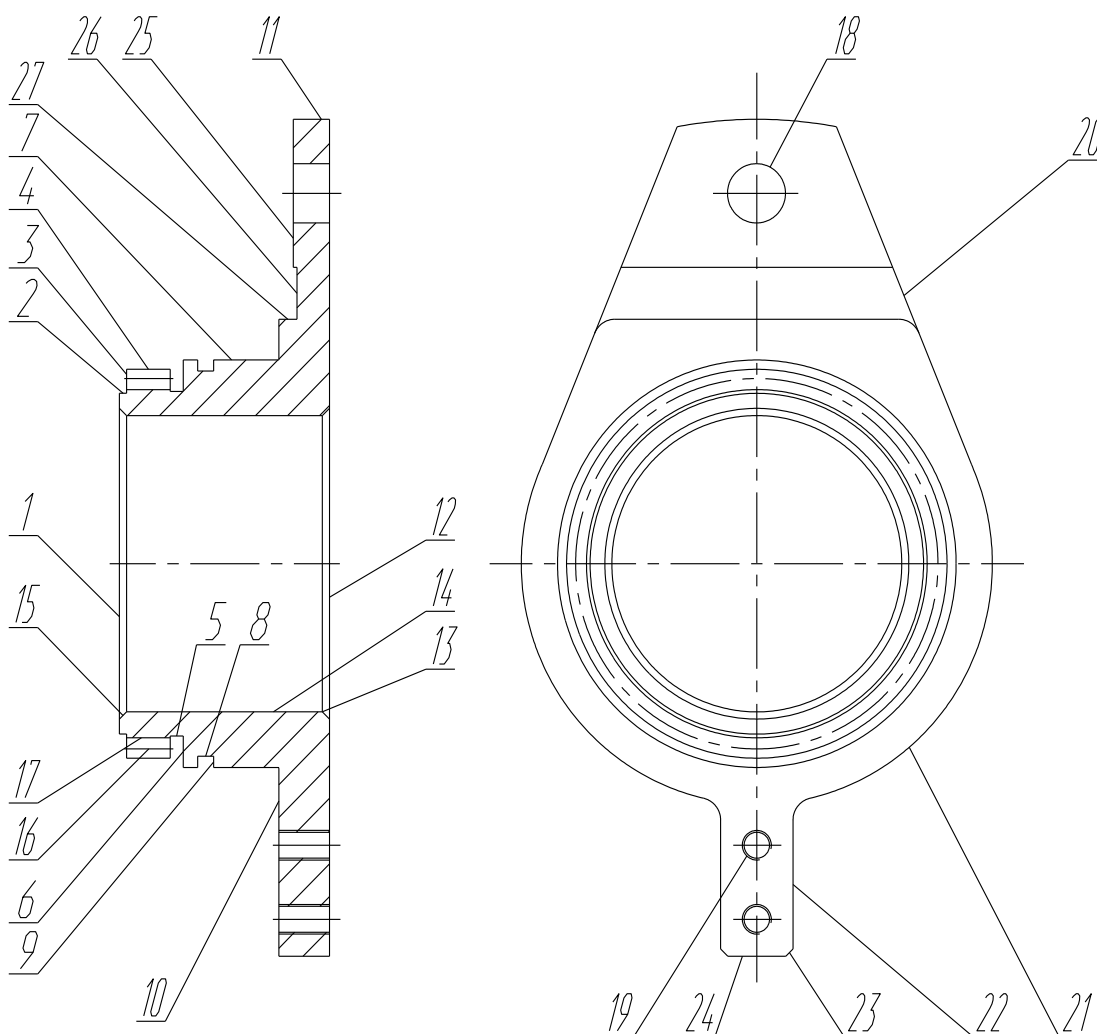


Рисунок 2 – Систематизация поверхностей

Свободные поверхности оформляют деталь конструктивно. Необходимо указать основные, вспомогательные конструкторские базы и исполнительные поверхности, к которым предъявляются повышенные требования.

- ОКБ: 1, 12, 14;
- ВКБ: 7-10, 19, 22, 25;
- ИП: 16, 18;
- СП: все остальные.

Предлагаемые требования по точности и шероховатости: 6 квалитет, 0,63 Ra. Эти требования могут быть достигнуты при обработке на универсальном оборудовании без применения специальных методов обработки и использовать при этом стандартный режущий инструмент.

Конструкция водила имеет как стандартные уклоны, радиусы и фаски, так нестандартные. К ним можно отнести посадочные размеры и диаметры, что не позволит использовать в дальнейшем при проектировании унифицированный инструмент и приспособления. Водило можно отнести к классу деталей «втулка». Конструкция детали простая, поэтому нет особых трудностей при получении заготовки, а также позволяет обрабатывать одновременно несколько поверхностей, так как имеется свободный доступ для всех мест обработки.

Обеспечение совпадения измерительной и технологической баз позволяет осуществить высокую технологичность базирования. Такое совпадение отсутствует в базовом варианте технологического процесса, поэтому на определенных его этапах возникает погрешность базирования. Обеспечение свободного подхода инструмента осуществляется наличием фасок, которые расположены на поверхностях простого профиля. Основным преимуществом заготовки для водила является простота ее геометрической формы, поэтому предоставляется возможность формирования без последующей обработки нескольких поверхностей уже на заготовительной операции.

В результате проведенного анализа можно утверждать, что деталь водило технологична.

1.2 Задачи работы

После комплексного анализа можно сформулировать задачи работы:

- Проектирование заготовки и расчет припусков.
- Разработка технологического процесса изготовления обоймы-кулачка для механизма перемещения рабочего стола фрезерного станка.
- Расчет и проектирование специальных средств оснащения.
- Расчет режимов резания, проектирование технологических операций, определение норм времени.
- Разработка мероприятий по охране и безопасности труда.
- Определение экономического эффекта.

В работе необходимо решить ряд вопросов по проектированию техпроцесса изготовления водила. Провести анализ на технологичность, то есть возможность обработки рассматриваемой детали. Рассмотреть возможность обработки материала, из которого выполнена заготовка. Соответствующим образом выбрать оборудование и инструмент для обеспечения качества механической обработки. В бакалаврской работе необходимо разработать систему автоматического управления процессом резания на одной из технологических операций. Для чего необходимо разработать математические модели, связывающие параметры и режимы резания между собой. На основе чего построить структурную и функциональную схемы проектируемой системы.

Необходимо решить ряд вопросов, связанных с автоматизацией лимитирующей операции.

В разделе проведен анализ исходных данных.

2 Разработка технологической части работы

2.1 Проектирование заготовки и выбор методов обработки

При выборе типа производства основными характеристиками и существенными параметрами является количество станков и их загруженность, последовательность обработки, трудоемкость изготовления, способ получения заготовки, масса обрабатываемой детали и годовая программа выпуска детали.

При массе водило, которая составляет 0,3 кг. и годовой программе выпуска 20000 деталей определим тип производства как среднесерийное. Форму организации технологического процесса определим, как поточная или переменнo-поточная.

Выбор метода получения заготовки.

Проведем соответствующие расчеты для выбора заготовки. Анализ в первом разделе показал, что, учитывая специфику конструкции детали и материал, можно получить горячей штамповкой или с помощью проката.

Для определения массы заготовки $M_{шт}$ при штамповке будем пользоваться формулой

$$M_{шт} = M_{д} \cdot K_p, \quad (1)$$

где $M_{д}$ – масса детали, кг;

K_p равен 1,6.

$$M_{шт} = 0,3 \cdot 1,6 = 0,48 \text{ кг.}$$

Массу заготовки, полученной с помощью проката, получим, используя формулу:

$$M_{пр} = V \cdot \gamma, \quad (2)$$

где V – объем заготовки, мм³;

γ – плотность материала заготовки, кг/мм³.

Объем всех цилиндрических частей детали будет равен:

$$V = \frac{\pi}{4} \cdot d_{\text{пр}}^2 \cdot l_{\text{пр}} \cdot \quad (3)$$

$$V = \frac{3,14}{4} \cdot (122,8^2 \cdot 10,2 + 58,2^2 \cdot 22 - 37^2 \cdot 26,2 - 30^2 \cdot 6) = 146846 \text{ мм}^3$$

Масса заготовки из проката будет

$$M_{\text{пр}} = 146846 \cdot 7,85 \cdot 10^{-6} = 4,7 \text{ кг}$$

Принимаем штамповку.

Оптимальный метод получения заготовки будем определять по минимальной себестоимости:

$$C_{\text{д}} = C_{\text{з}} + C_{\text{мо}} - C_{\text{отх}}, \quad (4)$$

где стоимость $C_{\text{з}}$ – заготовки;

$C_{\text{мо}}$ – механической обработки;

$C_{\text{отх}}$ – стружки.

При штамповке стоимость заготовки определяем по формуле:

$$C_{\text{з}} = C_{\text{б}} \cdot M_{\text{ш}} \cdot K_{\text{т}} \cdot K_{\text{сл}} \cdot K_{\text{в}} \cdot K_{\text{м}} \cdot K_{\text{п}}, \quad (5)$$

где $C_{\text{б}}$ – цена 1 кг заготовки, руб./кг;

$M_{\text{ш}}$ – масса заготовки, кг;

Коэффициенты, которые учитывают:

$K_{\text{т}}$ – точность;

$K_{\text{сл}}$ – сложность;

K_B – массу;

K_M – материал;

K_{II} – серийность.

Примем C_B равным 10 руб./кг, K_T равным 1,0, $K_{СЛ}$ равным 1,0, K_B равным 2,0, K_M равным 1,5 и K_{II} равным 1,0

Тогда

$$C_3 = 10 \cdot 0,48 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 2 \cdot 1,5 \cdot 1,0 = 28,75 \text{ руб.}$$

Стоимость обработки будем определять по формуле:

$$C_{MO} = (M_{Ш} - M_{Д}) \cdot C_{уд} \quad (6)$$

где $C_{уд}$ – цена съема 1 кг материала, руб./кг.

Удельные затраты будем определять по формуле:

$$C_{уд} = C_C + E_H \cdot C_K. \quad (7)$$

Принимаем E_H равным 0,16, C_C равным 14,8 руб./кг и C_K равным 32,5 руб./кг.

$$C_{MO} = (M_{Ш} - M_{Д}) \cdot C_{уд} = (0,48 - 0,3) \cdot (14,8 + 0,16 \cdot 32,5) = 17 \text{ руб.}$$

Так как $C_{отх}$ является возвратной величиной, то

$$C_{отх} = (M_{Ш} - M_{Д}) \cdot Ц_{отх} \quad (8)$$

$Ц_{отх}$ равна 0,35 руб./кг. Тогда

$$C_{отх} = (0,48 - 0,3) \cdot 0,35 = 0,063 \text{ руб.}$$

Далее

$$C_{Д} = 45,75 \text{ руб.}$$

Прокат определяется по формуле:

$$C_{IP} = C_{MIP} \cdot M_{IP} + C_{O3}, \quad (9)$$

где C_{MIP} – стоимость 1 кг материала 13,5 руб./кг;

C_{O3} – отрезка, руб.

$$C_{O3} = \frac{C_{IB} \cdot T_{шт}}{60}, \quad (10)$$

где C_{IB} – затраты на рабочем месте 30,2 руб./ч.

$T_{шт}$ определяется по формуле:

$$T_{шт} = T_0 \cdot \varphi_K, \quad (11)$$

где T_0 – машинное время, мин;

φ_K – коэффициент, учитывающий оснастку.

Примем φ_K равным 1,5, а T_0 будем определять по формуле:

$$T_0 = 0,19 \cdot d_{IP}^2 \cdot 10^{-3} \quad (12)$$

Штамповка:

$$K_{IM} = \frac{0,3}{0,48} = 0,625.$$

Прокат:

$$K_{IM} = \frac{0,3}{4,7} = 0,064.$$

Исходя из полученного результата, делаем вывод: штамповка выгоднее проката.

Определим годовой экономический эффект по формуле:

$$\mathcal{E}_Г = (C_{Дпр} - C_{Дш}) \cdot N_Г \quad (13)$$

где $C_{Дпр}$ – стоимость детали, если заготовка получена прокатом;

$C_{Дш}$ – стоимость детали, если заготовка получена штамповкой.

Тогда

$$\mathcal{E}_Г = (139,7 - 45,75) \cdot 20000 = 1579000 \text{ руб.}$$

Выбор методов обработки.

Предварительный расчет показал технологичность, то есть возможность обработки рассматриваемой детали. Рассмотрена возможность обработки материала, из которого выполнена заготовка. Выбран метод получения заготовки. Далее для выполнения требований к служебному назначению детали будем выбирать оборудование и инструмент для обеспечения требуемого качества механической обработки.

Технические и технологические требования для обработки поверхностей указаны в таблице 3.

Таблица 3 – Методы обработки поверхностей

Поверхность	Операционные размеры, мм		Технологический маршрут	HRC	Ra, мкм
	длина	диаметр			
1	3	40/46	Т (13)-Тч(10)-ТО-Шч(8)	57	1,25
2	6	52,5	Т(13)-Тч(10)-ТО	57	6,3
3	1,8	46,5	Тч(11)-ТО	57	6,3
4	1	46	Т(13)-Тч(10)-ТО	57	6,3
5	3,25	46/52,5	Т(13)-Тч(10)-ТО	57	6,3
6	2,2	52	Тч(11)-ТО	57	6,3
7	1,5	55/52	Тч(11)-ТО	57	6,3
8	4,25	55/46,5	Тч(11)-ТО	57	6,3
9	12,2	55	Т(13)-Тч(10)-ТО-Шч(7)	57	1,25
10	15,5	86/55	Т(13)-Тч(10)-ТО-Шч(8)	57	1,25
11	40	120/40	Т(13)-Тч(10)-Ш(9)-ТО-Шч(8)	57	1,25
12	7	120	Т(13)-Тч(10)-ТО	57	6,3

Продолжение таблицы 3

Поверхность	Операционные размеры, мм		Технологический маршрут	HRC	Ra, мкм
	длина	диаметр			
13	1	1×45°	Рч(11)-ТО	57	6,3
14	6	50	Зд(7-С)-ТО	57	2,5
15	6	47	Зд(13)-ТО	57	6,3
16	29	40	Р(13)-Рч(10)-Ш(8)-ТО-Шч(7)	57	1,25
17	1	1×45°	Рч(11)-ТО	57	6,3
18	7	M4	С(12)-Р(10)-ТО	57	3,2
19	5	8	С(14)-З(11)-Р(9)-ТО-Шч(7)	57	2,5
20	55	10	Ф(13)-ТО	57	6,3

Рассчитаем припуски на диаметральный размер 40Н7 мм и данные внесем в таблицу 4 и таблицу 5.

Таблица 4 – Припуски

Переход		Припуск			Допуск Тd/Т	Предельные размеры		Предельные припуски	
		Rz ⁱ⁻¹	ρ ⁱ⁻¹	ε _{уст} ⁱ⁻¹		d ⁱ _{max}	d ⁱ _{min}	2Z _{max}	2Z _{min}
1	Штамповать	160	200	392	1000 15	37,568	36,568	-	-
2	Точить начерно	50	50	24	390 13	39,380	38,990	2,422	1,812
3	Точить начисто	25	25	16	100 10	39,727	39,627	0,637	0,347
4	Шлифовать начерно	10	20	8	39 8	39,913	39,874	0,247	0,186
5	Шлифовать начисто	5	10	4	25 7	40,025	40,000	0,126	0,112

Таблица 5 - Припуски на обработку поверхностей

Операция	Переход	Поверхности	Припуск Z, мм
005 010	Обтачивание предварительное	1-4, 6, 7, 10-12, 14	1,0

Продолжение таблицы 5

Операция	Переход	Поверхности	Припуск Z, мм
015 020	Обтачивание чистовое	1-4, 6, 7, 10-14	0,4
025	Шлифование предварительное	12, 14	0,13
060	Шлифование предварительное	1, 7, 10	0,18
065	Шлифование окончательное	12, 14	0,07
070	Шлифование окончательное	22,25 18	0,15 0,05

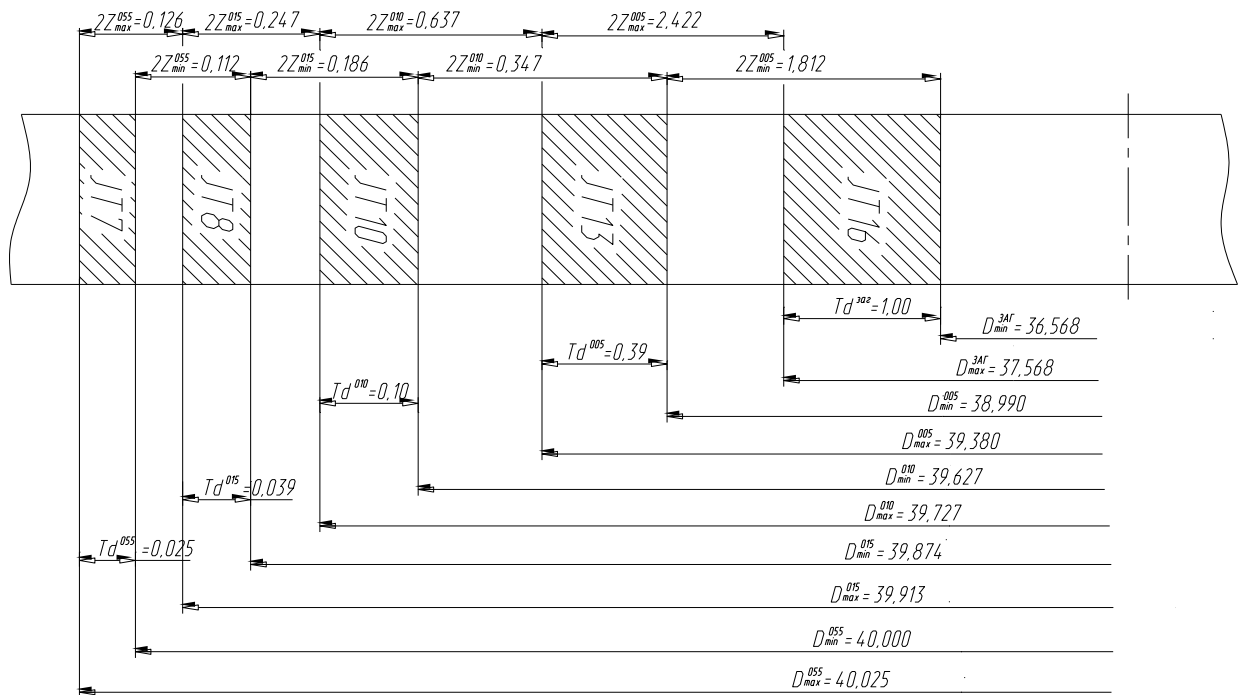


Рисунок 3 – Схема припусков на размер 40H7

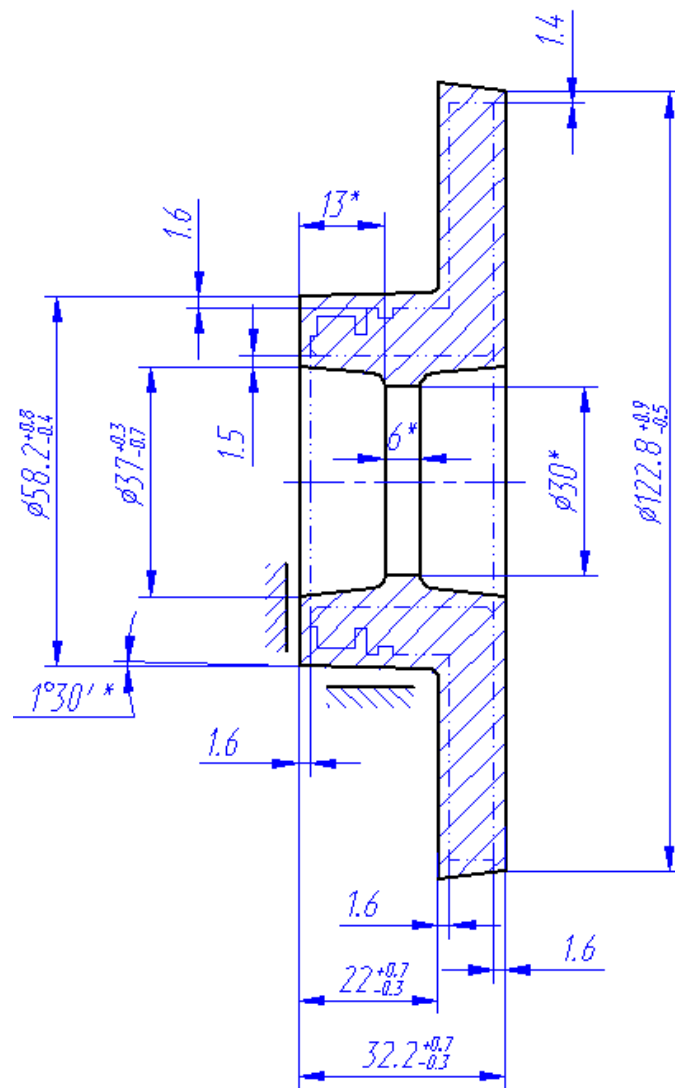


Рисунок 4 – Эскиз заготовки

Разработка технологического маршрута.

План обработки представлен в графической части работы. В таблицу 6 внесем данные по оборудованию, приспособлениям и инструменту.

Таблица 6 – Выбор СТО

№	Операция	Оборудование	Технологическая оснастка		
			приспособление	инструмент	контрольные и измерительные средства
005 010	Токарная	ТС16А20Ф3 с ЧПУ	Патрон токарный ГОСТ 2675- 80	Проходной резец. Пластина Т5К10 ОСТ 2И.101-83. Расточной резец.	Калибр-скоба ГОСТ 18355-73. Калибр-пробка ГОСТ 14807-69. Шаблон ГОСТ 2534-79.
015 020	Токарная		Патрон токарный ГОСТ 2675- 80	Проходной резец. Пластина ромбическая Т15К6 ОСТ 2И.101-83. Расточной резец.	
025	Внутриш лифоваль ная	Полуавтома т 3К227В	Патрон мембранный	Шлифовальный круг ГОСТ Р 52781-2007.	Калибр-пробка ГОСТ 14807-69. Шаблон ГОСТ 2534-79. Мерительное приспособление с индикатором.
030	Зубодолб ежная		СП ГОСТ 17205-71	Долбяк ГОСТ 9323-79 Р6М5К5	
035	Фрезерна я	2С150ПМФ4 с ЧПУ	СП ГОСТ 17205-71	Центровочное сверло ГОСТ 14952-75 Р6М5. Спиральное сверло ГОСТ 10903-77 Р6М5К5. Цельный зенкер ГОСТ 12489-71 Р6М5К5. Машинная развертка ГОСТ 1672-80 Р6М5К5. Концевая фреза ГОСТ 17025-71 Р6М5К5. Машинный метчик ГОСТ 3266-81 Р6М5К5.	
040	Слесарна я	Электрохим ический станок 4407			
045 075	Моечная	Камерная моечная машина			

Продолжение таблицы 6

№	Операция	Оборудование	Технологическая оснастка		
			приспособление	инструмент	контрольные и измерительные средства
060	Круглошлифовальная	Полуавтомат 3Б153Т	Цанговый патрон ГОСТ 17200-71.	Шлифовальный круг ГОСТ Р 52781-2007.	
065	Внутришлифовальная чистовая	Полуавтомат 3К227В	Мембранный патрон.		Шаблон ГОСТ 2534-79. Калибр-пробка ГОСТ 14827-69.

2.2 Проектирование технологической операции

Расчет режимов на токарную операцию 015.

Обточить поверхности, выдержать размеры согласно рабочему чертежу.

Инструмент выбираем в таблице 6.

Выбираем станок модели ТС16А20Ф3 токарный.

Припуск равен 0,4 мм.

Перемещение инструмента 0,25 мм/об.

Определяем скорость резания:

$$V = \frac{C_U}{T^m \cdot t^x \cdot S^y} \cdot K_U, \quad (14)$$

где выберем базовую величину C_U равную 420;

время работы одной пластины T равное 60 мин;

табличные величины степеней: m равно 0,2, x равно 0,15, y равно 0,35;

коэффициент, обеспечивающий условия обработки K_U примем равным 1,74.

Тогда для точения:

$$V_T = \frac{420}{60^{0,2} \cdot 0,4^{0,15} \cdot 0,25^{0,2}} \cdot 1,74 = 487,8 \text{ м/мин.}$$

Для расточки:

$$V_P = \frac{420}{60^{0,2} \cdot 0,4^{0,15} \cdot 0,25^{0,2}} \cdot 1,74 \cdot 0,9 = 439,0 \text{ м/мин.}$$

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D}. \quad (15)$$

Тогда при точении поверхности диаметром 120 мм на первом переходе:

$$n_1 = \frac{1000 \cdot 487,8}{3,14 \cdot 120} = 1294 \text{ мин}^{-1}.$$

При растачивании поверхности диаметром 39,9 мм на втором переходе:

$$n_2 = \frac{1000 \cdot 439}{3,14 \cdot 39,9} = 3503 \text{ мин}^{-1}.$$

При корректировке частоты вращения получим для первого перехода скорость резания равную 471 м/мин, а для второго перехода – 250,5 м/мин.

Определим составляющие силы резания по формуле:

$$P_Z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p, \quad (16)$$

где C_p – коэффициент обработки равный 300 [17, с.273];

x, y, n – табличные значения соответственно равные 1,0, 0,75, 0,15;

K_p – коэффициент коррекции.

$$K_p = K_{MP} \cdot K_{\phi P} \cdot K_{\gamma P} \cdot K_{\lambda P} \cdot K_{rP} \quad (17)$$

где $K_{MP}, K_{\phi P}, K_{\gamma P}, K_{\lambda P}$ и K_{rP} равны 0,65, 0,89, 1,0, 1,0 и 1,0.

Тогда

$$P_Z = 10 \cdot 300 \cdot 0,4^{1,0} \cdot 0,25^{0,75} \cdot 471^{-0,15} \cdot 0,65 \cdot 0,89 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 97 \text{ Н.}$$

Определим требуемую мощность по формуле:

$$N = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60} \quad (18)$$

Тогда

$$N = \frac{97 \cdot 471}{1020 \cdot 60} = 0,75 \text{ кВт.}$$

Для выбора приемлемых параметров режимов резания необходимо сравнить полученные результаты выше с паспортными данными и техническими характеристиками выбранного оборудования. Расчеты показали, что скорость резания при точении – 487,8 м/мин и при расточке – 439 м/мин требует от обрабатывающего оборудования силу резания – 97 Н. Это может быть достигнуто, если выбранное оборудование будет развивать обороты при точении и расточке соответственно равные 1294 мин⁻¹ и 3503 мин⁻¹. Эти параметры могут установиться при обработке при минимальной мощности 0,75 кВт. У станка ТС16А20Ф3 мощность намного выше и равна 7,5 кВт, то есть использование возможно.

Обточить поверхности, выдержать размеры согласно рабочему чертежу.

В таблицу 7 внесем режимы резания.

Таблица 7 – Режимы резания

Операция	Переход	t, мм	S, мм/об.	V _т , м/мин	n _т , об./мин	n _{пр} , об./мин	V _{пр} , м/мин
05 Токарная	Точить Ø120,8	1,0	0,5	223	587	500	189,6
	Расточить Ø38,8	0,9	0,5	201	1649	1600	194,9
10 Токарная	Точить Ø56,2	1,0	0,5	223	1263	1250	220,5
	Подрез. торец до Ø120,8	1,0	0,5	223	587	500	189,6
15 Токарная	Точить Ø120	0,4	0,25	487	1294	1250	471,0
	Расточить Ø39,6	0,4	0,25	439	3503	2000	250,5

Продолжение таблицы 7

Операция	Переход	t, мм	S, мм/об.	V _т , м/мин	n _т , об./мин	n _{пр} , об./мин	V _{пр} , м/мин
20 Токарная	Точить Ø55,36	0,42	0,25	485	2790	2000	347,6
	Подрез. торец до Ø120	0,42	0,25	485	1287	1250	471,0
	Точить канавку Ø46,5	4,3	0,10	130	890	800	116,8
	Точить канавку Ø52	1,7	0,10	130	796	800	130,6
25 Внутришлифовальная	Шлифовать отв. Ø39,86	0,13	6000 0,007	45	359	359	45
	Шлифовать торец Ø120	0,13	6000 0,007	45	119	119	45
30 Зубодолбежная	Долбить зубья	2,75	0,2 0,036	45	2500	850	15,3
35 Фрезерная	Фрезеровать фрезой Ø20	7	0,6	26	414	400	25,1
	Фрезеровать фрезой Ø20	0,4	0,3	45	716	630	39,5
	Фрезеровать фрезой Ø6	7	0,3	18	955	800	15,1
	Фрезеровать фрезой Ø6	0,4	0,15	35	1857	1600	30,1
	Центровать Ø2	1,0	0,1	18	2866	2500	15,7
	Сверлить Ø7,2	3,6	0,20	26	1150	1000	22,6
	Зенкеровать Ø7,7	0,25	0,5	15	620	630	15,2
	Развернуть Ø7,9	0,1	0,9	11	443	400	9,9
	Сверлить Ø3,5	1,75	0,10	20	1819	1600	18,2
	Нарезать резьбу М4	0,5	0,5	7	557	500	6,3
	60 Круглошлифовальная	Шлифовать Ø55/120	0,18	1,2/0,3	45	119	119
55 Внутришлифовальная	Шлифовать отв. Ø40	0,07	5400 0,005	45	358	358	45
	Шлифовать торец Ø120	0,07	5400 0,005	45	119	119	45
70 Координатно-шлифовальная	Шлифовать торцы	0,15	1000 0,005	25 м/с	-	-	25 м/с 25 м/с
	Шлифовать Ø8	0,05	1000 0,005	25 м/с	-	-	

Рассчитанные нормы времени на все операции сведем в таблицу 8.

Таблица 8 – Нормы времени

Наименование операции	T_0 , мин	T_B , мин	$T_{оп}$, мин	$T_{об,от}$, мин	$T_{п-з}$, мин	$T_{шт}$, мин	n	$T_{шт-к}$, мин
05 Токарная	0,245	0,285	0,530	0,032	21	0,562	945	0,584
10 Токарная	0,187	0,344	0,531	0,032	17	0,563	945	0,581
15 Токарная	0,229	0,314	0,543	0,032	21	0,575	945	0,597
20 Токарная	0,258	0,462	0,720	0,043	25	0,763	945	0,789
25 Внутришлифовальная	0,449	0,374	0,823	0,099	21	0,922	236	1,011
30 Зубодолбежная	1,013	0,340	1,353	0,081	26	1,434	236	1,544
35 Фрезерная	4,237	0,444	4,681	0,281	42	4,962	236	5,140
60 Круглошлифовальная	0,475	0,440	0,915	0,113	22	1,028	236	1,121
65 Внутришлифовальная	0,410	0,374	0,784	0,093	21	0,877	236	0,966
70 Координатно-шлифовальная	0,780	0,429	1,209	0,163	21	1,372	236	1,461

В таблице 8 обозначено время: T_0 – машинное; T_B – на управление станком; $T_{оп}$ – операционное; $T_{об,от}$ – на удаление стружки и замену инструмента; $T_{п-з}$ – на ознакомление с чертежом; $T_{шт}$ – штучное; $T_{шт-к}$ – на выполнение технологической операции.

Расчет норм времени на токарную операцию 015.

Обточить поверхности, выдержать размеры согласно рабочему чертежу.

Инструмент выбираем в таблице 6.

Выбираем станок модели ТС16А20Ф3 токарный.

Припуск равен 0,4 мм.

Задаем величину перемещения инструмента за один оборот заготовки равной 0,25 мм/об.

Получаем затраченное время: 0,229 мин – машинное; 0,314 мин – на управление станком; 0,543 мин – операционное; 0,032 мин – на удаление стружки и замену инструмента; 21 мин – на ознакомление с чертежом; 0,575 мин – штучное; 0,597 мин – на выполнение технологической операции.

В разделе была разработана технологическая часть.

3 Проектирование специальных средств оснащения

Так как токарная операция 015 является лимитирующей, то целесообразно провести мероприятия для ее автоматизации. Предлагаемая автоматическая система управления процессом резания на этой операции позволит существенным образом сократить время обработки на станке ТС16А20Ф3 токарном.

Для разработки системы автоматического управления необходимо провести моделирование элементов и звеньев ее составляющих. Теоретической основой физического моделирования являются методы анализа размерностей и подобия. В механике деформируемого твердого тела моделирование применяется, в основном, при экспериментальных исследованиях полей напряжений, деформаций и перемещений, возникающих под нагрузкой в модели, геометрически подобной реальному элементу в натуре (прототипу).

Инвариантом непрерывной группы преобразований является функция, которая остается тождественной при преобразовании переменных величин с помощью группы преобразований, то есть инвариантом группы называют функцию, определяемую тождествами

$$F(x_1, x_2, \dots, x_n) \equiv F(x'_1, x'_2, \dots, x'_n) \equiv F(x''_1, x''_2, \dots, x''_n) \equiv \dots \quad (19)$$

Так как инвариант группы F не зависит от параметров k_1, \dots, k_2 , то он должен удовлетворять следующей системе уравнений:

$$\begin{aligned}
\frac{\partial F}{\partial k_1} &= \frac{\partial F}{\partial x'_1} \frac{\partial x'_1}{\partial k_1} + \frac{\partial F}{\partial x'_2} \frac{\partial x'_2}{\partial k_1} + \dots + \frac{\partial F}{\partial x'_n} \frac{\partial x'_n}{\partial k_1} = 0 \\
\frac{\partial F}{\partial k_2} &= \frac{\partial F}{\partial x'_1} \frac{\partial x'_1}{\partial k_2} + \frac{\partial F}{\partial x'_2} \frac{\partial x'_2}{\partial k_2} + \dots + \frac{\partial F}{\partial x'_n} \frac{\partial x'_n}{\partial k_2} = 0 \\
&\dots\dots\dots \\
&\dots\dots\dots \\
\frac{\partial F}{\partial k_r} &= \frac{\partial F}{\partial x'_1} \frac{\partial x'_1}{\partial k_r} + \frac{\partial F}{\partial x'_2} \frac{\partial x'_2}{\partial k_r} + \dots + \frac{\partial F}{\partial x'_n} \frac{\partial x'_n}{\partial k_r} = 0
\end{aligned}
\tag{20}$$

Идею об инвариантах группы используют при выводе второй обобщенной теоремы подобия.

Третья теорема подобия указывает, каковы должны быть явления (процессы, системы), чтобы между ними существовало подобие.

В каждом частном случае среди найденных критериев подобия различают определяющие критерии. Разделение критериев на определяющие и не определяющие вытекает из третьей или обратной теоремы подобия, которая определяет необходимые и достаточные условия существования подобия явлений в природе и модели.

Согласно второй теореме подобия все уравнения связи приводятся к критериальному виду, то есть могут быть преобразованы в уравнения, выражающие однозначную связь между критериями подобия. Аналогично степенным одночленам, приведенным к безразмерному критериальному виду, дифференциальные и интегральные уравнения связи, приведенные подобными преобразованиями к безразмерному виду, также становятся критериальными.

Наличие автомодельности для искомого решения можно установить непосредственно, исходя из постановки задачи, на основе анализа размерностей. При этом нет необходимости даже в математической постановке задачи, достаточно знать лишь параметры и характеристики, входящие в уравнения, и краевые условия задачи. Имея в виду эти соображения, в ряде случаев можно схематизировать изучаемое явление и

поставить задачу с реализацией указанных упрощений методами фрикционного анализа, откуда следовала бы автомодельность ее решения.

Необходимо провести физическое моделирование реальных процессов, которые будут протекать в разрабатываемой системе управления. Моделирование представляет собой замену изучения натурального явления изучением его модели, выполненной обычно с соблюдением масштабов геометрического и силового подобия. Теоретической основой физического моделирования (в отличие от математического) служат теория подобия и анализ размерностей. Моделирование используется практически во всех отраслях техники и народного хозяйства. Технику моделирования можно определить, как теорию моделей, науку об условиях применимости моделей, о методах и материалах изготовления моделей, об опытных установках для испытания моделей, о методике проведения экспериментов с моделями, обработки полученных результатов и использования их на практике, о методах и средствах регистрации полей деформаций, напряжений и перемещений.

Основными причинами, заставляющими использовать физическое моделирование, являются:

- необходимость располагать данными измерений в качестве дополнения к расчетам или для их подтверждения, или взамен их;
- отсутствие возможности проведения испытаний в натуре;
- наличие экономических и технических преимуществ проведения эксперимента с моделью;
- обеспечение воспроизводимости и моделирования;
- сокращения сроков испытаний, особенно при выборе оптимального варианта.

Моделирование все шире применяется при решении различных практических и теоретических задач прочности, исследования механических напряжений, упругих, вязкоупругих, пластических деформаций, в связи с новыми направлениями развития поляризационно-оптических методов.

Статические и динамические испытания моделей для определения напряженно-деформируемого состояния изделий или элементов, играют важную роль в условиях развития новой техники, когда материалы испытывают все большие нагрузки, например, при взрывных и ударных явлениях, номинальной интенсивности в очень короткие промежутки времени. Возникающая при этом концентрация напряжений обычно определяет прочность изделия в зонах ее образования. Метод физического моделирования весьма эффективен для установления подобных зон в натурном изделии и определения величин номинальных напряжений, деформаций и перемещений.

Метод физического моделирования, имеющий развитую математическую базу, в настоящее время практически может быть реализован при экспериментальном решении любого класса задач. Этот метод, наряду с численными способами, может служить как для оценки адекватности теоретических решений, так и иметь самостоятельное научное значение.

При развитой экспериментальной базе метод физического моделирования весьма эффективен, относительно прост, не требует больших затрат средств и времени на проведение исследований.

В последнее время надежность и точность метода значительно возросли в связи с использованием, для получения экспериментальной информации, оптических средств регистрации и развития лазерной технологии в экспериментальной механике.

Большое влияние на расширение возможностей метода физического моделирования оказало использование современной вычислительной техники на базе быстродействующих ЭВМ, автоматизации процессов измерения, регистрации и интерпретации оптической информации с использованием их микрокомпьютеризации.

Значительный вклад внесли появившиеся новые оптические методы, а также разработки по применению волоконной оптики в голографической

интерферометрии и лазерной спекл-фотографии, использованию жидких кристаллов, фотодиодных матриц для считывания оптических изображений картин полос, автоматического цифрового их преобразования и ввода в ЭВМ.

Указанные особенности, способствующие расширению областей приложения метода физического моделирования, позволяют его использовать при исследовании различных конструктивных методов обеспечения качественного функционирования сопряжений технологического оборудования, а также задач прочности и фрикционного взаимодействия.

На рисунке 5 приведен пример автоматического управления при контурной обработке детали согласно законам управления, которые связывают параметры режимов резания между собой.

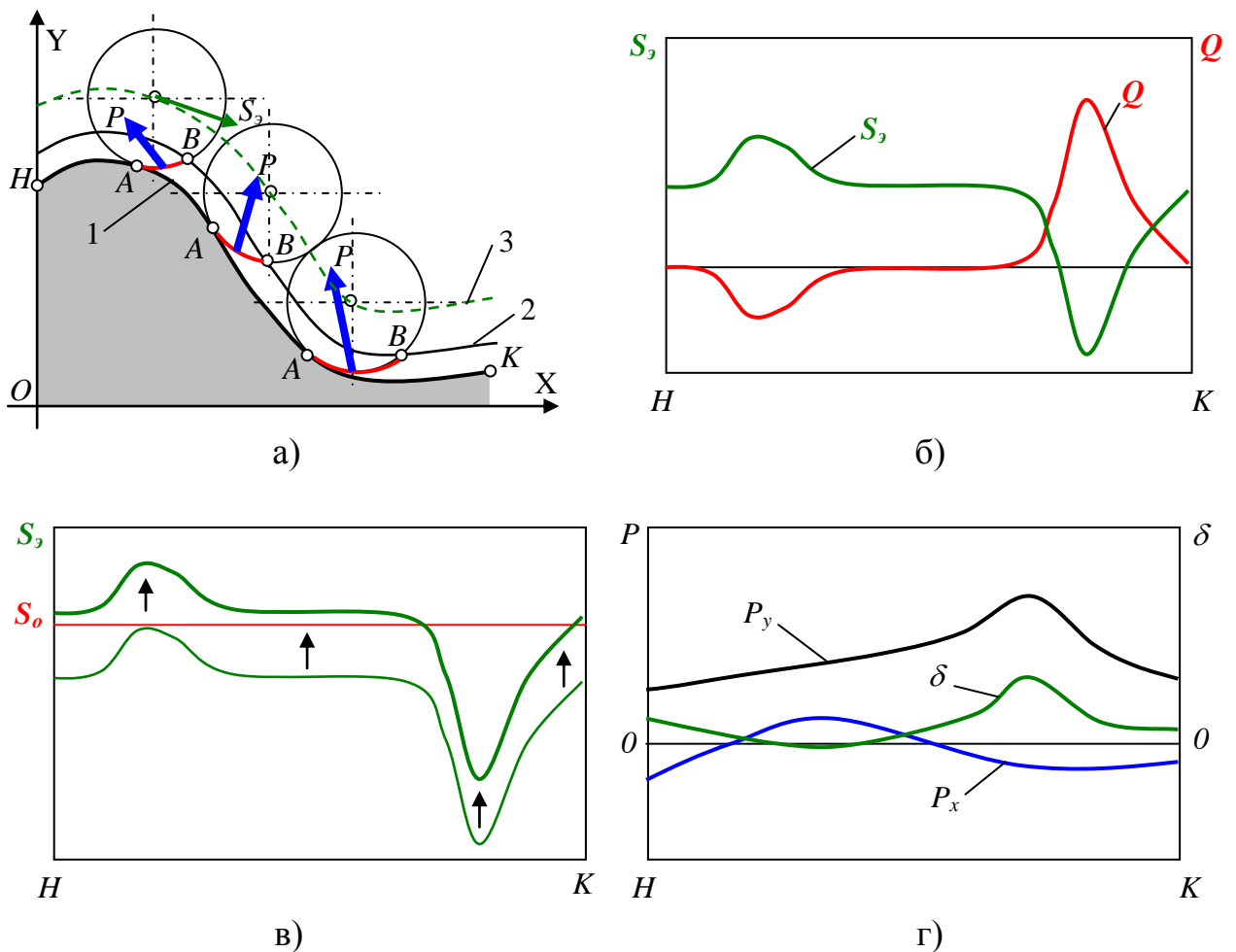


Рисунок 5 – Пример управления при контурной обработке

Таким образом, предложенные мероприятия по автоматизации позволили существенным образом сократить время обработки на станке ТС16А20Ф3 токарном. При этом механическая обработка на токарной операции 015 позволила за минимальное время получить требуемое качество поверхностного слоя, соответствующее техническим требованиям задания.

В разделе спроектирована система автоматического управления.

4 Безопасность и экологичность технического объекта

Объектом исследования в разделе является технологический процесс изготовления водила контрольной головки. Разработка мероприятий по обеспечению безопасности и экологичности технического объекта проводится с использованием методики и данных учебно-методического пособия [5].

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

В таблице 9 приведем характеристики технического объекта.

Таблица 9 – «Технологический паспорт технического объекта

Технологический процесс	Технологическая операция, вид выполняемых работ	Наименование должности работника, выполняющего технологический процесс, операцию	Оборудование, техническое устройство, приспособление	Материалы, вещества» [5]
Техпроцесс изготовления водила	Токарная операция	Оператор станков с ЧПУ	ТС16А20Ф3 с ЧПУ, патрон токарный ГОСТ 2675-80	Сталь 20Х ГОСТ 4543-2016, СОЖ, ветошь
Техпроцесс изготовления водила	Фрезерная операция	Фрезеровщик	2С150ПМФ4 с ЧПУ ШУ 321.22, СП ГОСТ 17205-71	Сталь 20Х ГОСТ 4543-2016, СОЖ, ветошь

В качестве объекта, для которого разрабатывались мероприятия по осуществлению безопасности, экологичности и охране труда выбран технологический процесс изготовления водила контрольной головки. Рассматриваются две технологические операции: токарная и фрезерная.

4.2 Идентификация профессиональных рисков

В таблице 10 показаны и идентифицированы производственные риски, связанные с изготовлением водила.

Таблица 10 – «Идентификация профессиональных рисков»

Производственно-технологическая и/или эксплуатационно-технологическая операция	Опасный и/или вредный производственный фактор	Источник опасного и/или вредного производственного фактора» [5]
Токарная, точение черновое и чистовое, подрезка торца, точение канавки, шлифовальная, шлифование отверстия и торца, зубодолбежная, долбление зубьев, круглошлифовальная, внутришлифовальная, координатно-шлифовальная	Острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок, инструментов и оборудования; части твердых объектов; подвижные части производственного оборудования; передвигающиеся изделия, заготовки; опасные и вредные производственные факторы, которые могут вызвать ожоги тканей организма человека; опасные и вредные производственные факторы, связанные с повышенным уровнем вибрации; опасные и вредные производственные факторы, характеризуемые повышенным уровнем шума	Оборудование, обрабатываемая заготовка, СОЖ, приспособление, инструмент

Здесь приводится систематизация производственно-технологических и эксплуатационных рисков, источником которых являются оборудование, приспособления, инструмент и материалы, используемые при изготовлении водила.

4.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков

В подразделе предлагаются методы и средства, которые необходимы при защите от вредных и опасных производственных факторов (таблица 11)

Таблица 11 – «Организационно-технические методы и технические средства (технические устройства) устранения (снижения) негативного воздействия опасных и вредных производственных факторов» [5]

«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 работающего» [5]
«Острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок, инструментов и оборудования	Удаление острых кромок и заусенцев на слесарных переходах	Перчатки
Режущие, обдирающие части твердых объектов; подвижные части производственного оборудования; передвигающиеся изделия, заготовки	Применение защитных кожухов, экранов, ограждений	Костюм для защиты от загрязнений, спецодежда, защитные очки, ботинки кожаные
ОВПФ, которые могут вызвать ожоги тканей организма человека	Применение защитных кожухов, экранов, ограждений	Спецодежда, перчатки
ОВПФ, связанные с повышенным уровнем общей вибрации	Установка оборудования на виброгасящие опоры, сокращение времени контакта с поверхностями подверженными вибрации	Резиновые виброгасящие покрытия
ОВПФ, характеризующиеся повышенным уровнем шума	Изоляция звукопоглощающими материалами наиболее акустически активных	Применение наушников или противозумных вкладышей
ОВПФ электрического тока	Заземление оборудования, изоляция токоведущих частей, применение предохранителей	Спецодежда, резиновые напольные покрытия, перчатки с полимерным покрытием
Динамические нагрузки, вызванные монотонностью	Соблюдение периодичности и продолжительности регламентированных перерывов	

Здесь показаны профессиональные риски» [5].

4.4 Обеспечение пожарной безопасности технического объекта

В таблицах 12 – 14 показаны опасные факторы пожара и его класс, рассмотрены потенциальные источники пожарной опасности и те средства, которые необходимы для устранения опасности. Предлагаются меры организационного характера для исследуемого технического объекта.

Таблица 12 – «Идентификация классов и опасных факторов пожара»

Участок, подразделение	Оборудование	Класс пожара	Опасные факторы при пожаре	Сопутствующие проявления факторов пожара» [5]
Производственный участок	ТС16А20Ф3. 2С150ПМФ4.	Класс В, Е	Пламя и искры; тепловой поток; повышенная температура окружающей среды; повышенная концентрация токсичных продуктов горения и термического разложения; пониженная концентрация кислорода; снижение видимости в дыму	Части изделий и иного имущества; вынос высокого напряжения на токопроводящие части; воздействие огнетушащих веществ

Таблица 13 – «Технические средства обеспечения пожарной безопасности»

Первичные средства пожаротушения	Мобильные средства пожаротушения	Стационарные установки системы пожаротушения	Средства пожарной автоматики	Пожарное оборудование	Средства индивидуальной защиты и спасения людей при пожаре	Пожарный инструмент (механизированный и немеханизированный)	Пожарные сигнализация, связь и оповещение» [5]
Ящик с песком, пожарный гидрант, огнетушители	Пожарные автомобили	Пенная система тушения	Извещатели пожарные; приборы приемно-контрольные пожарные; приборы управления пожарные; технические средства оповещения и управления эвакуацией пожарные	Напорные пожарные рукава	Веревки, пожарные карабины пожарные противогазы, респираторы	Лопаты, багры, ломы и топоры ЩП-Б	Автоматические извещатели

Таблица 14 – «Организационные (организационно-технические) мероприятия по обеспечению пожарной безопасности»

Наименование технологического процесса, используемого применяемого оборудования, в составе технического объекта	Наименование видов реализуемых организационных (организационно-технических) мероприятий	Предъявляемые нормативные требования по обеспечению пожарной безопасности, реализуемые эффекты» [5]
«Изготовление водила. ТС16А20Ф3. 2С150ПМФ4.	Применение СОЖ на базе негорючих составов, хранение промасленной ветоши в негорючем ящике, соблюдение правил электробезопасности	Наличие пожарной сигнализации, автоматической системы пожаротушения, первичных средств пожаротушения, проведение пожарных инструктажей» [5]

Предложены в подразделе меры организационного характера для

исследуемого технического объекта по устранению пожарной опасности.

4.5 Обеспечение экологической безопасности технического объекта

В таблице 15 указаны опасные вредные производственные факторы, являющиеся экологически опасными факторами исследуемого технического объекта. Разработаны как дополнительные, так альтернативные мероприятия организационно-технического характера для снижения негативного антропогенного воздействия технологического процесса изготовления водила контрольной головки на окружающую среду (таблица 16).

Таблица 15 – «Идентификация негативных экологических факторов технического объекта

Наименование технического объекта, производственно-технологического процесса	Структурные составляющие объекта производственно-технологического процесса (производственного здания или сооружения по функциональному назначению, технологических, технического оборудования), энергетической установки, транспортного средства и т.п.	Негативное экологическое воздействие технического объекта на атмосферу (выбросы в воздушную окружающую среду)	Негативное экологическое воздействие технического объекта на гидросферу (образование сточных вод, забор воды из источников водоснабжения)	Негативное экологическое воздействие технического объекта на литосферу (почву, растительный покров, недра), образование отходов, выемка плодородного слоя почвы, отчуждение земель, нарушение и загрязнение растительного покрова и т.д.)» [5]
«Технологический процесс изготовления водила	ТС16А20Ф3. 2С150ПМФ4.	Стружка, масляный туман, пыль, токсические испарения,	Нефтепродукты, смазочно-охлаждающая жидкость, растворы отработанных технических жидкостей	Отходы в виде стружки, ветошь, нефтепродукты, смазочно-охлаждающая жидкость, отработанные жидкие среды» [5]

Рассмотрены опасные вредные производственные факторы,

являющиеся экологически опасными факторами исследуемого технического объекта.

Таблица 16 – «Разработанные (дополнительные и/или альтернативные) организационно-технические мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия заданного технического объекта на окружающую среду»

Наименование технического объекта» [5]	Технологический процесс изготовления водила
«Мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия на атмосферу»	Оснащение системы производственной вентиляции фильтрующими элементами.
Мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия на гидросферу»	Применение многоступенчатой системы очистки сточных вод
Мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия на литосферу» [5]	Разделение жидких и твердых отходов. Утилизация отходов на специальных полигонах

Предложены дополнительные и альтернативные мероприятия организационно-технического характера для снижения негативного антропогенного воздействия технологического процесса изготовления водила контрольной головки на окружающую среду.

4.6 Заключение по разделу

В качестве объекта, для которого разрабатывались мероприятия по осуществлению безопасности, экологичности и охране труда выбран технологический процесс изготовления водила контрольной головки. Рассматриваются две технологические операции: токарная и фрезерная (таблица 9). В таблице 10 показаны производственные риски, связанные с изготовлением водила. Здесь приводится систематизация производственно-технологических и эксплуатационных рисков, источником которых являются оборудование - токарно-винторезный с ЧПУ ТС16А20Ф3, фрезерный с ЧПУ 2С150ПМФ4; приспособления – патрон токарный ГОСТ 2675-80, патрон

мембранный, СНП ГОСТ 17205-71; инструмент – резец проходной по ОСТу 2И.101-83, долбяк ГОСТ 9323-79 Р6М5К5 и материалы – сталь 20Х по ГОСТу 4543-2016, СОЖ, ветошь, используемые при изготовлении водила. Для снижения рисков предложены методы и средства, которые необходимо и достаточно использовать при защите от вредных и опасных производственных факторов при изготовлении водила (таблица 11). В таблицах 12 – 14 указаны опасные факторы пожара и его класс, рассмотрены потенциальные источники пожарной опасности и те средства, которые необходимы для устранения опасности. Предложены меры организационного характера, необходимость использования которых предлагается для исследуемого технического объекта.

В таблице 15 указаны опасные вредные производственные факторы, являющиеся экологически опасными факторами исследуемого технического объекта. Разработаны как дополнительные, так альтернативные мероприятия организационно-технического характера для снижения негативного антропогенного воздействия технологического процесса изготовления водила контрольной головки на окружающую среду (таблица 16).

5 Экономическая эффективность работы

Цель раздела – рассчитать технико-экономические показатели проектируемого технологического процесса и произвести сравнительный анализ с показателями базового варианта, определить экономический эффект от предложенных в проекте технических решений.

Основанием для экономического обоснования, является предложение внедрить автоматизацию операций, которая предлагает разработку системы автоматизированного управления (САУ) поперечной подачи на токарной операции 015 технологического процесса изготовления водила контрольной головки.

Для проведения экономических расчетов была составлена программа в Microsoft Excel по следующим методикам:

- Расчет технологической себестоимости [6, с. 17-19];
- Калькуляция себестоимости [6, с. 19];
- Расчет капитальных вложений [6, с. 14-17];
- Расчет показателей экономической эффективности проектируемого варианта [6, с. 20-23].

Расчет технологической себестоимости. Данная методика позволила рассчитать такие параметры как: заработная плата основных рабочих, начисления на заработную плату и расходы на эксплуатацию и ремонт оборудования. Расчеты проводились по двум сравниваемым вариантам, первый, это технологический процесс без САУ и второй – технологический процесс с САУ. Основные показатели по определению технологической себестоимости по сравниваемым вариантам представлены на рисунке 6.

Анализируя, представленные на рисунке 6, данные, можно сделать вывод о том, что по основным показателям себестоимости достигнуто снижение в среднем на 20,52 %. Наибольшее изменение в ходе совершенствования было получено по заработной плате основных работников, оно составило 25,93 %, это в денежном эквиваленте

соответствует 0,52 рубля. Несмотря на то, что заработная плата имеет максимальное изменение в процентном соотношении, максимальное влияние на величину технологической себестоимости, оказывают расходы на содержание и эксплуатацию оборудования, так как их доля, в общей величине технологической себестоимости составляет: в базовом варианте – 67,9 %, а проектном – 72,06 %.

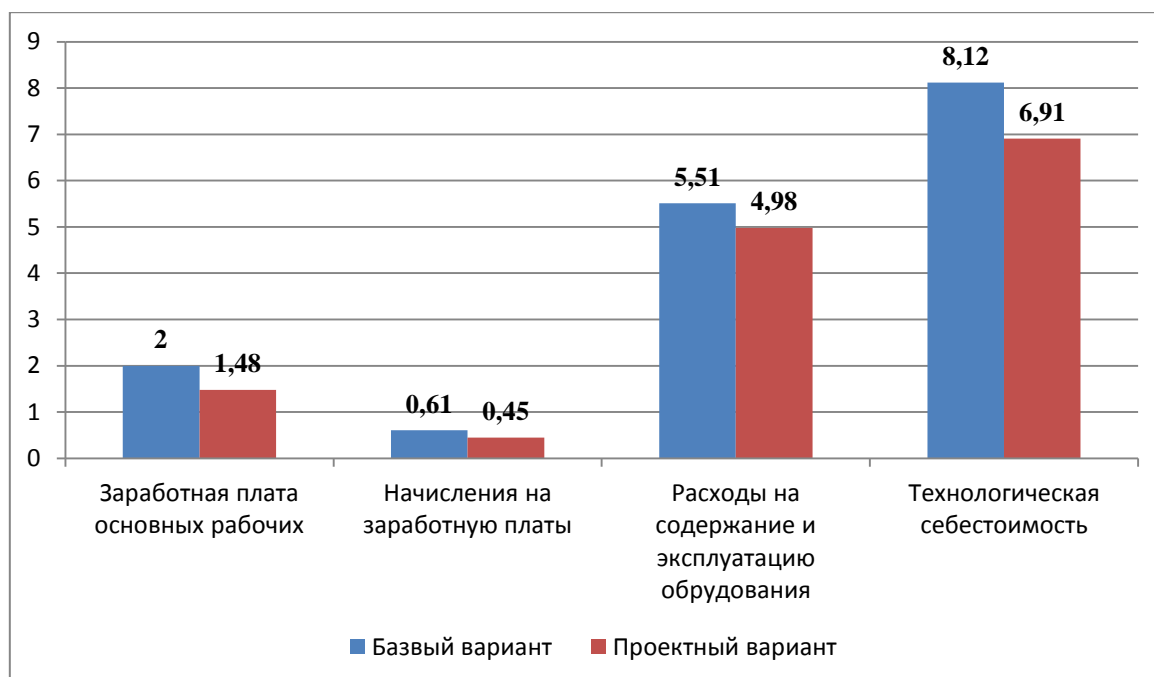


Рисунок 6 – Расчет технологической себестоимости, руб.

Калькуляция себестоимости. Данная методика позволяет на базе технологической себестоимости определить такие параметры как:

- цеховую себестоимость;
- производственно-заводскую (заводскую) себестоимость;
- полную себестоимость.

Динамика изменений калькуляции себестоимости по сравниваемым вариантам технологического процесса представлена на рисунке 7.

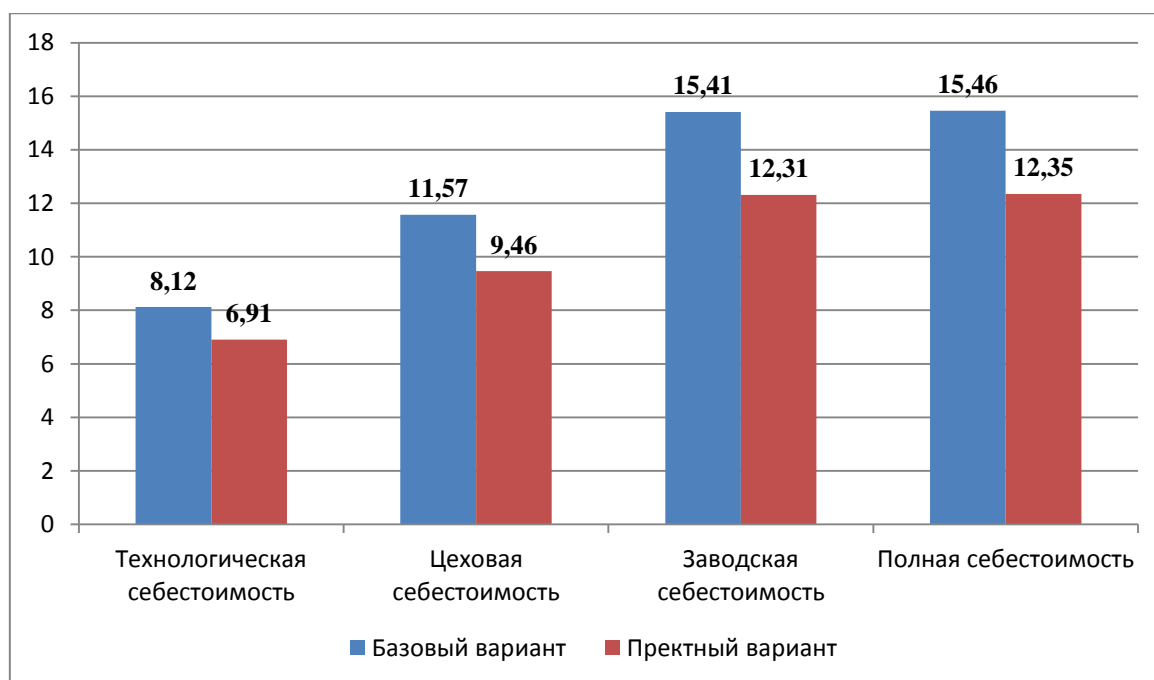


Рисунок 7 – Калькуляция себестоимости, руб.

Как видно из рисунка 7, все представленные параметры по обоим вариантам имеют тенденцию к увеличению. Также видно, что значения, относящиеся к проектному варианту меньше значений базового варианта. Так технологическая себестоимость в проектном варианте на 14,9 % меньше базового значения, цеховая себестоимость проектного варианта уже на 18,18 % меньше базового варианта, изменения по заводской себестоимости составили еще больше – 20,27 %, а полная себестоимость по изменениям почти не отличается от изменений заводской себестоимости и составляет всего 20,12 %.

Расчет капитальных вложений. Эта методика позволяет учесть все затраты, которые могут быть при внедрении предложенных совершенствований. Учитывая то, что изменения касаются только внедрения системы автоматизированного управления, поэтому капитальные вложения будут складываться из следующих параметров: затраты на проектирование и затраты на внедрение системы автоматизированного управления. Общий объем инвестиций составит 52698,14 рублей.

Расчет показателей экономической эффективности проектируемого варианта. Данная методика предполагает последовательное определение следующих экономических показателей:

- чистая прибыль;
- срок окупаемости;
- общий дисконтируемый доход;
- интегральный экономический эффект;
- индекс доходности.

Из всех перечисленных параметров, для экономического обоснования, представляют интерес только три. Первый, это срок окупаемости, который в результате расчета получился равным 2 года, что позволяет говорить об эффективности предлагаемых мероприятий. Второй – интегральный экономический эффект, с величиной значения 8232,47 рублей. Если величина этого показателя положительная, то проект можно считать эффективным. И третий – индекс доходности, со значением 1,16 руб./руб. Данное значение показывает, сколько предприятие получит прибыли, на каждый вложенный рубль, то есть, вложив 1 рубль предприятие получит 1,16 рублей. Подводя общий итог, можно сказать, что предлагаемые совершенствования рекомендуются к внедрению, потому что расчеты доказали его эффективность.

В разделе показана экономическая эффективность.

Заключение

В выпускной квалификационной работе были решены ряд вопросов по проектированию техпроцесса изготовления водила. Проведенный анализ показал технологичность, то есть возможность обработки рассматриваемой детали. Рассмотрена возможность обработки материала, из которого выполнена заготовка. Соответствующим образом выбрано оборудование и инструмент для обеспечения качества механической обработки. В бакалаврской работе разработана система автоматического управления процессом резания на одной из технологических операций. Для чего были показаны математические модели, связывающие параметры и режимы резания между собой. На основе этого были построены структурная и функциональная схемы проектируемой системы.

Спроектирована система автоматического управления. Таким образом, предложенные мероприятия по автоматизации позволили существенным образом сократить время обработки на станке ТС16А20Ф3 токарном. При этом механическая обработка на токарной операции 015 позволила за минимальное время получить требуемое качество поверхностного слоя, соответствующее техническим требованиям задания.

При выполнении выпускной квалификационной работы были получены следующие результаты. Спроектирована заготовка, экономически обоснована, с наибольшим коэффициентом использования материала. Усовершенствован технологический процесс изготовления водила контрольной головки с помощью патентных исследований и методами технического творчества. Спроектированы специальные средства оснащения, используемые в технологическом процессе. Проведены мероприятия по обеспечению безопасности и охране труда технологического процесса. Получен экономический эффект.

Список используемых источников

1. Базров Б.М. Основы технологии машиностроения: учебник для вузов. – М. : Машиностроение, 2005. 736 с.
2. Байкалова В.Н. Основы технического нормирования труда в машиностроении: учебное пособие / В.Н. Байкалова, И.Л. Приходько, А.М. Колокотов. – М. : ФГОУ ВПО МГАУ, 2005. 105 с.
3. Безъязычный В.Ф. Основы технологии машиностроения: учебник. – М. : Инновационное машиностроение, 2016. 568 с.
4. Горбацевич А.Ф. Курсовое проектирование по технологии машиностроения: учебное пособие для вузов / А.Ф. Горбацевич, В.А. Шкред. – М. : Альянс, 2015. 256 с.
5. Горина Л.Н. Раздел выпускной квалификационной работы «Безопасность и экологичность технического объекта»: учебно-методическое пособие / Л.Н. Горина, М.И. Фесина. – Тольятти : изд-во ТГУ, 2018. 41 с.
6. Зубкова Н.В. Методическое указание к экономическому обоснованию курсовых и дипломных работ / Н.В. Зубкова. – Тольятти : ТГУ, 2015. 46 с.
7. Иванов И.С. Расчёт и проектирование технологической оснастки в машиностроении: учебное пособие. – М. : ИНФРА-М, 2015. 198 с.
8. Иванов И.С. Технология машиностроения: производство типовых деталей машин: учебное пособие. – М. : ИНФРА-М, 2014. 223 с.
9. Клепиков В.В. Курсовое проектирование по технологии машиностроения: учебное пособие / В.В. Бодров, В.Ф. Солдатов. – М. : ИНФРА-М, 2017. 229 с.
10. Клепиков В.В. Технология машиностроения: учебник / В.В. Клепиков, А.Н. Бодров. – М. : ФОРУМ, ИНФРА-М, 2004. 860 с.

11. Кондаков А.И. Курсовое проектирование по технологии машиностроения: учебное пособие. – М. : КНОРУС, 2012. 400 с.
12. Косов Н.П. Технологическая оснастка: вопросы и ответы: учебное пособие / Н.П. Косов, А.Н. Исаев, А.Г. Схиртладзе. – М. : Машиностроение, 2005. 304 с.
13. Приходько И.Л. Проектирование заготовок: учебное пособие / И.Л. Приходько, В.Н. Байкалова. – М. : Издательство РГАУ–МСХА, 2016. 171 с.
14. Скворцов В.Ф. Основы технологии машиностроения: учебное пособие. – М. : ИНФРА-М, 2016. 330 с.
15. Справочник технолога - машиностроителя. В 2-х кн. Кн. 2 / А.Г. Косилова [и др.]; под ред. А.М. Дальского [и др.]; - 5-е изд., перераб. и доп. – М. : Машиностроение-1, 2001. 944 с.
16. Суслов А.Г. Технология машиностроения: учебник. – М. : КНОРУС, 2013. 336 с.
17. Сысоев С.К. Технология машиностроения. Проектирование технологических процессов / С.К. Сысоев, А.С. Сысоев, В.А. Левко. – СПб. : Издательство «Лань», 2016. 352 с.
18. Филонов И.П. Инновации в технологии машиностроения: учебное пособие / И.П. Филонов, И.Л. Баршай. – Минск : Вышэйшая школа, 2009. 110 с.
19. Aghdam A.B. On the correlation between wear and entropy in dry sliding contact / A.B. Aghdam, M.M. Khonsari. – Wear, 2011. № 270(11-12) – pp. 781–790.
20. Bryant M.D. Entropy and dissipative processes of friction and wear – FME Transactions, 2009. № 37(2) – pp.55–60.
21. Bertsche B. Reliability in Automotive and Mechanical Engineering: Determination of Component and System Reliability / B. Bertsche, A. Schanz, K. Pickard. – Berlin Heidelberg : Springer-Verlag, 2015. 502 p.

22. Grote K.-H., Antonsson E.K. Springer Handbook of Mechanical Engineering / K.-H Grote, E.K. Antonsson. – New York : Springer Science+Business Media, 2008. 1589 p.

23. Nee A. Y. C. Handbook of Manufacturing Engineering and Technology / A. Y. C. Nee. – London : Springer Reference, 2015. 3491 p.

24. Rösler J. Mechanical Behaviour of Engineering Materials: Metals, Ceramics, Polymers, and Composites / J. Rösler, H. Harders, M. Bäker. – Berlin Heidelberg New York : Springer, 2007. 540 p.

25. Silberschmidt V. Mechanics of Advanced Materials: Analysis of Properties and Performance / V. Silberschmidt, V. Matveenko. Switzerland : Springer International Publishing, 2015. 205 p.

Приложение А

Маршрутная карта технологического процесса

ГОСТ 3.1118-82 Форма 1														
Дубл.														
Взам.														
Подп.														
Разраб.	Лелюшкин												01101.25225	1
Прое.	Гуляев												XXXX.XXXX 10141.00001	3
Н. Контр.	Гуляев													
Водило														
M01 Сталь 20X ГОСТ 4543-2016														
	Код	ЕВ	МД	ЕН	Н.расх.	КИМ	Код.загот.	Профиль и размеры	КД	МЗ				
M02	-	166	0,3		0,26	41211XXX	Ø128,8x32,2	1	1,15					
А		цех Уч.	РМ	Опер.	Код, наименование операции		Обозначение документа							
Б		Код, наименование оборудования			СМ	Проф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Кшт	Тшт.
01А	XXXXXX	005	4110	Токарная	ИОТ И 37.101.7034-93	2	15929	411	1Р	1	1	945	1	21
02Б	391148XXX		ТС16А20Ф3											0,562
03														
04А	XXXXXX	010	4110	Токарная	ИОТ И 37.101.7034-93	2	15929	411	1Р	1	1	945	1	32
05Б	391148XXX		ТС16А20Ф3											0,563
06														
07А	XXXXXX	015	4110	Токарная	ИОТ И 37.101.7034-93	2	15929	411	1Р	1	1	945	1	32
08Б	391148XXX		ТС16А20Ф3											0,575
09														
10А	XXXXXX	020	4110	Токарная	программная	ИОТ И 37.101.7034-93								
11Б	391148XXX		ТС16А20Ф3											0,763
12														
13А	XXXXXX	025	4132	Внутришлифовальная	ИОТ И 37.101.7419-85									
14Б	38132XXX		3К227В											0,922
МК														

Продолжение приложения А

ГОСТ 3.1118-82 Форма 1

Дубл. Взам. Лобл.											2			3				
А	цех	Уч.	РМ	Опер.	Код, наименование операции	Обозначение документа	СМ	Проф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Кшт	Тпз.	Тшт.	
Б	Код, наименование оборудования																	
01А	XXXXXX	030	4152	Зубоболбежная	ИОТ И 37.101.7111-89													
02Б	381572XXX		5140			2	18632	411	1Р	1	1	1	945	1	26		1,434	
03																		
04А	XXXXXX	035	4260	Фрезерная	ИОТ И 37.101.7026-89													
05Б	3816XXX		2С150ПМФ4			2	18632	411	1Р	1	1	1	945	1	42		4,962	
06																		
07А	XXXXXX	040	0190	Слесарная														
08Б	XXXXXX	4407																
09																		
10А	XXXXXX	045	0130	Моечная														
11Б	375698XXX		КММ															
12																		
13А	XXXXXX	050	0200	Контрольная														
14																		
15А	XXXXXX	055	0511	Термическая														
16																		
17А	XXXXXX	060	4131	Круглошлифовальная	ИОТ И 37.101.7419-85													
18Б	38132XXX		3Б153Т			2	18873	411	1Р	1	1	1	945	1	22		1,028	
МК																		

Приложение Б

Операционные карты

ГОСТ 3.1404-86 Форма 3												1	3	
Дубл.														
Взам.														
Подп.														
Разраб.	Лелюшкин											01101.25225	3	
Пров.	Гуляев	ТГУ										XXXX.XXXX 10141.00001		
Н. Контр.	Гуляев	Водило												
Наименование операции		Материал	твердость	ЕВ	МД	Профиль и размеры						МЗ	КОИД	
4132 Внутршлифовальная		Сталь 20Х	180 НВ	166	0,3	Ø128,8x32,2						1,15	1	
Оборудование, устройство ЧПУ		Обозначение программы		То	Тв	Тгз	Тип						СОЖ	
3К227В		XXXXXX		0,410	0,374	21	0,877						Укринол- 1	
P				ПИ	D или B	L	t	i	s	n	v			
01					ММ	ММ	ММ	ММ/Ход					обМин	М/Мин
002	1. Установить и снять заготовку													
T03	396111XXX- патрон мембранный													
004	2. Шлифовать отв., выдерж. разм. 1													
T05	391810XXX- шлифовальный круг 5 30x25x8 91А F60 М 7 V А 35 м/с 2 кл. ГОСТ Р 52781-2007													
T06	393126XXX- приспособление мерительное с индикатором; 393120XXX- калибр-пробка ГОСТ 2216-84													
P00			XX	40	27	0,07	1	0,005	358					45
008	3. Шлифовать торец, выдерж. разм. 2													
T09	391810XXX- шлифовальный круг 6 40x25x12 91А F60 М 7 V А 35 м/с 2 кл. ГОСТ Р 52781-2007													
T10	393126XXX- приспособление мерительное с индикатором; 393120XXX- шаблон ГОСТ 9038-83;													
P11			XX	40/120	40	0,07	1	0,005	119					45
12														
ОКП														

ГОСТ 3.1105-84		Форма 7	
Дубл.			
Взам.			
Подп.			
Разраб.	Левинкин		
Проб.	Гуляев		
Н.контр.	Гуляев		
ТУ		1	1
Водило			
		Щех	Уч. РМ
		Опер. 0310	

d

$\varnothing 39.86^*$

b

$\nabla 0.016 \text{ Б}$

A-A

$\nabla Ra6.3(\checkmark)$

Модуль	m	1.25
Число зубьев	z	40
Нормальный исходный контур	-	ГОСТ 13755-81
Коэффициент смещения	x	0
Степень точности по ГОСТ 5006-83	-	7-C
Длина общей нормали	W	17.306 ^{0.008}
Делительный диаметр	d	50

A-A (увеличено)

3 $Sc=1.962^*$

2 $d_t=47.846$

$\nabla Ra2.5$

$d=50$

1

КЭ

