

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 корпуса механизма загрузки
автоматической линии

Студент

С.С. Шишков

(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 корпуса механизма загрузки автоматической линии. Бакалаврская работа. Тольятти. Тольяттинский государственный университет, 2020.

Выпускная квалификационная работа состоит из графической части, которая включает 7 листов А1 формата и пояснительной записки из 59 страниц.

Для автоматизации лимитирующей операции в работе предлагается система автоматического управления процессом резания с целью минимизации времени на обработку без потерь качества обработки. Для чего были показаны математические модели, связывающие параметры и режимы резания между собой. На основе этого были построены структурная и функциональная схемы проектируемой системы. Использование САМ-систем 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 жизненного цикла изделия на производстве.

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.

Содержание

Введение.....	3
1 Анализ исходных данных.....	5
1.1 Служебное назначение детали.....	5
1.2 Задачи работы.....	8
2 Разработка технологической части работы.....	10
2.1 Проектирование заготовки.....	10
2.2 Проектирование технологических операций.....	20
3 Проектирование специальных средств оснащения.....	26
4 Безопасность и экологичность технического объекта.....	31
4.1 Конструктивно-технологическая и организационно-техническая характеристики рассматриваемого технического объекта.....	31
4.2 Идентификация профессиональных рисков.....	32
4.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков.....	32
4.4 Обеспечение пожарной безопасности технического объекта.....	34
4.5 Обеспечение экологической безопасности технического объекта.....	36
4.6 Заключение по разделу.....	37
5 Экономическая эффективность работы.....	39
Заключение.....	43
Список используемых источников.....	44
Приложение А.....	47
Приложение Б.....	51
Приложение В.....	55

Введение

В современном производстве все больше увеличивается степень автоматизации, для реализации которой постоянно совершенствуется программное обеспечение этого процесса. 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. Например, в составе CATIA V5, CADD5, UNIGRAPHICS имеются необходимые функциональные модули и подсистемы для сопровождения всех этапов ЖЦ изделия, а также средства коммуникации с инженерными и сетевыми программами. CALS-технологии и создание ЕИП предопределяет возникновение виртуального предприятия, которое представляет собой группу реальных предприятий по проектированию, изготовлению сложных узлов и машин в целом, объединенных информационными технологиями и локальными сетями. Поскольку в таких локальных сетях имеется информация как технического, технологического характера, так и по управлению бизнесом, задачи обеспечения безопасности и защиты являются весьма актуальными. Однако вернемся от общих проблем к частным вопросам, которые по силам решить небольшой группе специалистов в области обработки материалов резанием совместно с программистами. Проведенный обзор и анализ стратегии CALS и существующих CAE/CAD/CAM систем показал, что ведущие фирмы стремятся создавать программные продукты, которые охватывают как можно больше областей деятельности человека и, в частности, как можно больше этапов ЖЦ изделия. Такой подход объясним с позиций ЕИП, которое предполагает использование общих стандартов, интеграцию систем и подсистем и диктуется рынком. Тем не менее, более глубокий анализ показал, что далеко не все CAE-системы построены по оптимизационному

алгоритму, а САМ-системы либо не способны проектировать оптимальную технологию, либо учитывают только геометрические условия формообразования поверхности детали.

В данной 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. Использование САМ-систем 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 жизненного цикла изделия на производстве. 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. Отсюда вытекает цель выпускной квалификационной работы: усовершенствовать базовый технологический процесс изготовления корпуса и приведение его к оптимальному варианту. В ходе достижения этой цели нужно поставить и решить задачи. Спроектировать заготовку, наименее затратную в изготовлении, с наибольшим коэффициентом использования материала. Усовершенствовать технологический процесс обработки корпуса. Разработать специальные средства оснащения, используемые в технологическом процессе. Разработать мероприятия по безопасности и охране труда. Показать экономическую эффективность. При расчетах использованы самые современные программные продукты, которые используются в реальном производстве на стадии проектирования.

1 Анализ исходных данных

1.1 Проектирование заготовки

В механизме загрузки автоматической линии корпус является основой для установки всех сопрягаемых деталей самого механизма.

На рисунке 1 приведен узел механизма загрузки, основой которого является корпус.

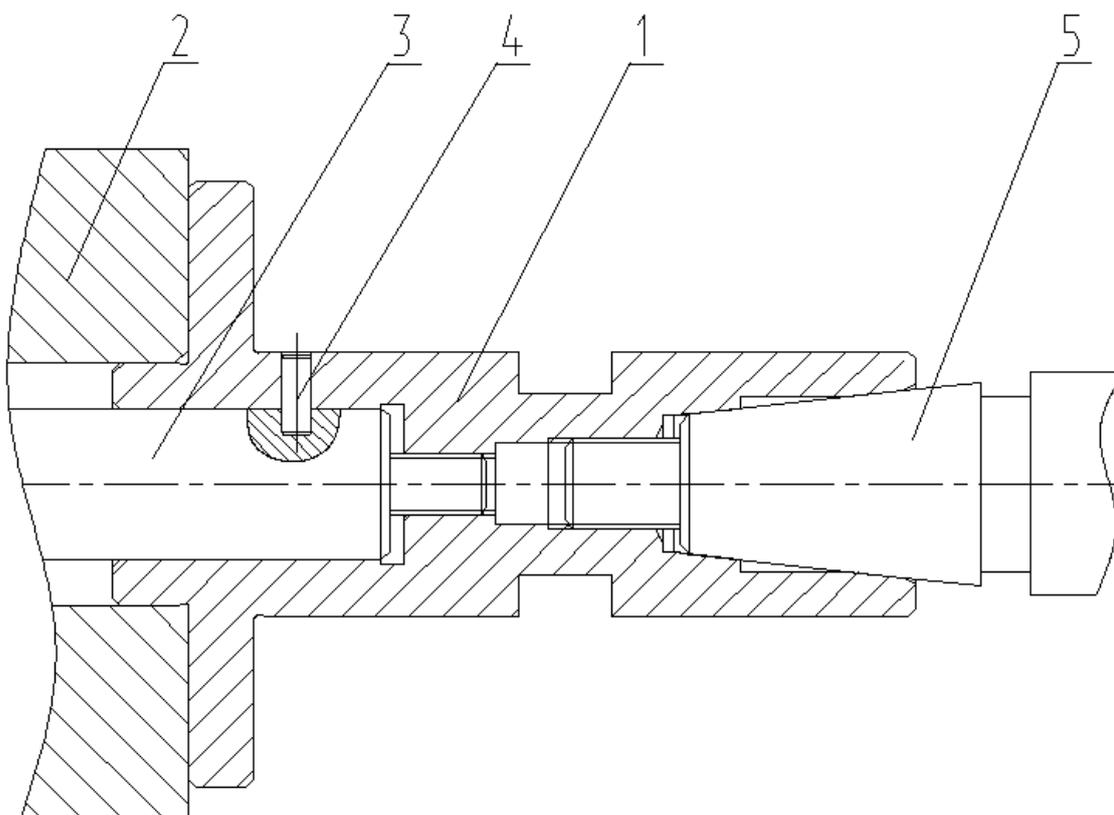


Рисунок 1 – Часть механизма

С упором в торец на шейке 2 устанавливается корпус 1. С помощью штифта 4 дополнительно происходит фиксация вала 3, который устанавливается на резьбовом конце во втулке с левого отверстия. Оправка 5 механизма загрузки устанавливается на резьбовом конце корпуса 1 в коническом отверстии с левого торца.

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. Механические и технологические свойства материала детали являются основным критерием, который определяет технологичность заготовки.

В качестве материала для изготовления корпуса выбираем сталь 19ХГН по ГОСТу 1414. Исходя из специфического служебного назначения корпуса, выбранный материал должен соответствовать предъявляемым к детали требованиям.

Основные характеристики материала заготовки для изготовления корпуса 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	σ_t , МПа	σ_b , МПа	δ_5 , %	ψ , %	KCU, Дж/см ²	НВ
Поковка	930	1180-1520	7	60	69	217

Анализ технологичности детали.

Проведем анализ поверхностей корпуса, так как важно выявить все специфические особенности поверхностей для выполнения деталью своего служебного назначения (рисунок 2).

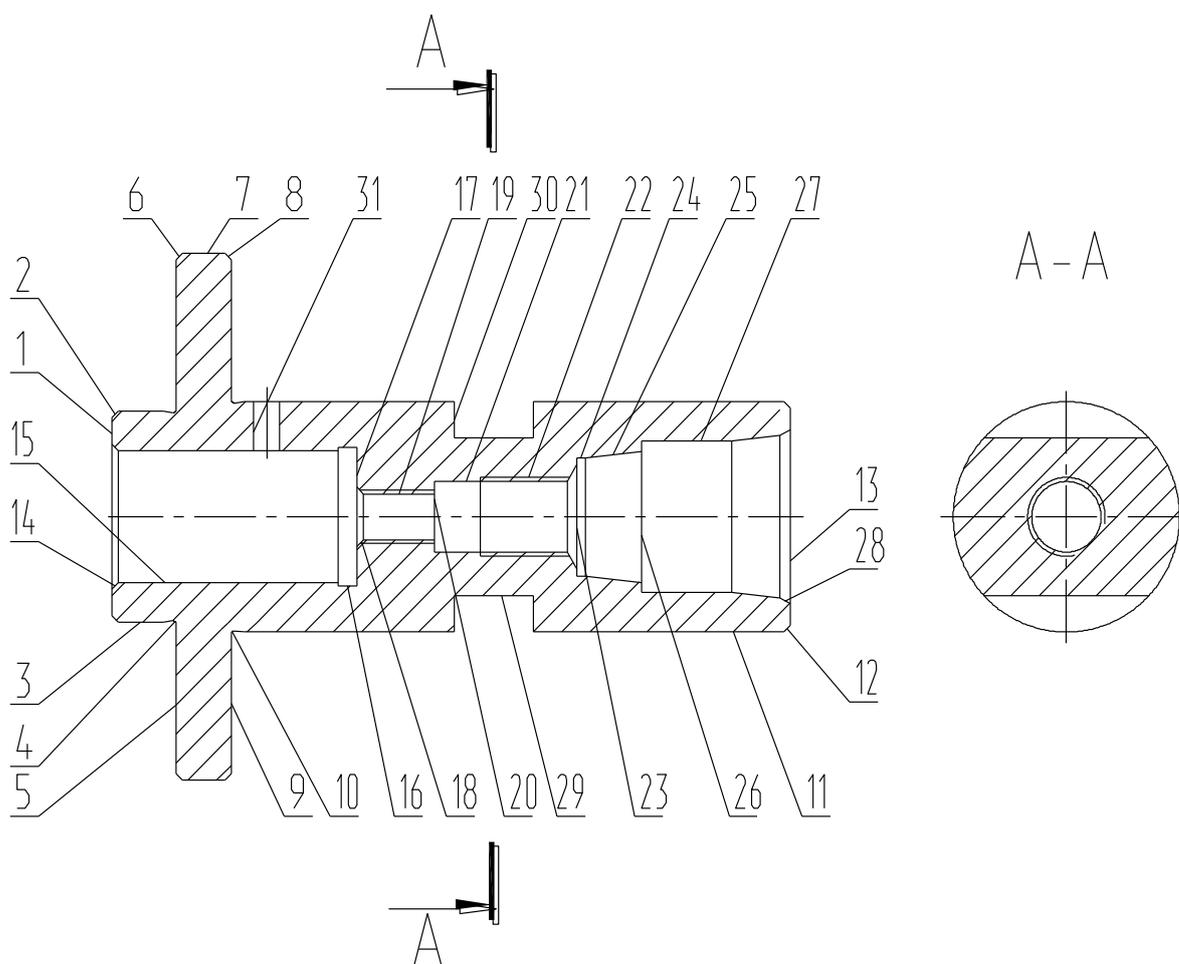


Рисунок 2 – Классификация поверхностей

Предлагаемые требования по точности и шероховатости: 6 квалитет, 0,4 Ra. Эти требования могут быть достигнуты при обработке на универсальном оборудовании без применения специальных методов обработки и использовать при этом стандартный режущий инструмент. Определим номера поверхностей и обозначим их служебное назначение. Так как только свободные поверхности оформляют деталь конструктивно, то необходимо указать основные, вспомогательные конструкторские базы и исполнительные поверхности, к которым предъявляются повышенные требования. Предлагаемая классификация: ОКБ – 3, 5; ВКБ – 15, 19, 22, 29 и 32; ИП – 25; СП – все остальные.

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 свободного подхода инструмента осуществляется наличием фасок, которые расположены на поверхностях простого профиля. Основным преимуществом заготовки для корпуса является простота ее геометрической формы, поэтому предоставляется возможность формирования нескольких поверхностей уже на заготовительной операции. 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.

В результате проведенного анализа можно утверждать, что деталь технологична.

1.2 Задачи работы

После комплексного анализа можно сформулировать задачи работы:

- Проектирование заготовки и расчет припусков.
- Разработка технологического процесса изготовления корпуса.
- Проектирование технологических операций, расчет режимов резания и определение норм времени на технологические операции.
- Проектирование специальных средств оснащения.
- Разработка мероприятий по охране и безопасности труда.
- Определение экономического эффекта.

В работе необходимо решить ряд вопросов по проектированию техпроцесса изготовления корпуса. 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 токарной операции. Поэтому необходимо разработать математические модели, связывающие параметры и режимы резания между собой. На основе чего построить структурную и функциональную схемы проектируемой системы. Провести анализ качества разработанной системы.

При расчетах будут использованы самые современные программные продукты, которыми пользуются в реальном производстве на стадии проектирования.

2 Разработка технологической части работы

2.1 Выбор типа производства

Тип производства выбирается на основе основных характеристик и существенных параметров, к которым можно отнести количество станков и их загруженность, последовательность обработки, трудоемкость изготовления, способ получения заготовки.

При массе равной 0,81 кг. а годовой программе выпуска 15000 штук определим тип производства как среднесерийное. Для такого типа производства определим поточную или переменнo-поточную форму организации.

Выбор метода получения заготовки.

Анализ чертежа детали, конфигурацию, а также физико-механические свойства материала показывает, что заготовку можно получить штамповкой или прокатом. Проведем соответствующие расчеты для выбора заготовки.

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

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

где $M_{д}$ – масса детали, кг;

K_p равен 1,6.

$$M_{ш} = 0,81 \cdot 1,6 = 1,3 \text{ кг.}$$

Для определения массы заготовки, полученной с помощью проката используем формулу:

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

где V – объем заготовки, мм³;

γ – плотность материала заготовки, кг./мм³.

Объем всех цилиндрических частей детали будет равен:

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

$$V = \frac{3,14}{4} \cdot (85,5^2 \cdot 110) = 631240 \text{ мм}^3$$

Масса заготовки из проката будет

$$M_{\text{пр}} = 631240 \cdot 7,85 \cdot 10^{-6} = 4,96 \text{ кг}$$

Принимаем штамповку.

Оптимальный метод получения заготовки будем определять по минимальной себестоимости:

$$C_{\text{д}} = C_3 + C_{\text{МО}} - C_{\text{ОТХ}}, \quad (4)$$

где стоимость C_3 – заготовки;

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

$C_{\text{ОТХ}}$ – стружки.

При штамповке стоимость заготовки определяем по формуле:

$$C_3 = C_{\text{Б}} \cdot M_{\text{ш}} \cdot K_{\text{Т}} \cdot K_{\text{СЛ}} \cdot K_{\text{В}} \cdot K_{\text{М}} \cdot K_{\text{П}}, \quad (5)$$

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;

$K_{\text{В}}$ – массу;

$K_{\text{М}}$ – материал;

K_{II} – серийность.

Примем C_B равным 0,4 руб./кг, K_T равным 1,0, $K_{СЛ}$ равным 0,84, K_B равным 1,29, K_M равным 1,21 и K_{II} равным 1,0

Тогда

$$C_3 = 0,4 \cdot 1,3 \cdot 1,0 \cdot 0,84 \cdot 1,29 \cdot 1,21 \cdot 1,0 = 0,68 \text{ руб.}$$

Определим стоимость обработки:

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

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

Удельные затраты:

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

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

$$C_{MO} = (M_{Ш} - M_{Д}) \cdot C_{уд} \quad (8)$$

Тогда

$$C_{MO} = (1,3 - 0,81) \cdot (14,8 + 0,16 \cdot 32,5) = 9,8 \text{ руб.}$$

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

$$C_{отх} = (M_{Ш} - M_{Д}) \cdot C_{отх} \quad (9)$$

$C_{отх}$ равна 0,35 руб./кг. Получим

$$C_{отх} = (1,3 - 0,81) \cdot 0,35 = 0,172 \text{ руб.}$$

В итоге:

$$C_d = 62,9 \text{ руб.}$$

Стоимость заготовки:

$$C_{\text{ИП}} = C_{\text{МПП}} \cdot M_{\text{ИП}} + C_{\text{ОЗ}}, \quad (10)$$

где $C_{\text{МПП}}$ – стоимость 1 кг 13,5 руб./кг;

$C_{\text{ОЗ}}$ – отрезка, руб.

$$C_{\text{ОЗ}} = \frac{C_{\text{ПЗ}} \cdot T_{\text{ИП}}}{60}, \quad (11)$$

где $C_{\text{ПЗ}}$ – приведенные затраты 30,2 руб./ч.

$T_{\text{ИП}}$ определяется по формуле:

$$T_{\text{ИП}} = T_0 \cdot \varphi_K, \quad (12)$$

где T_0 – машинное время, мин;

φ_K – коэффициент, учитывающий оснастку.

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

$$T_0 = 0,19 \cdot d_{\text{ИП}}^2 \cdot 10^{-3} \quad (13)$$

Штамповка:

$$K_{\text{ИМ}} = \frac{0,81}{1,3} = 0,62.$$

Прокат:

$$K_{\text{ИМ}} = \frac{0,81}{4,96} = 0,16.$$

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

Определим годовой экономический эффект по формуле:

$$\mathcal{E}_Г = (C_{Дпр} - C_{Дш}) \cdot N_Г \quad (14)$$

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

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

Тогда

$$\mathcal{E}_Г = (219,1 - 77,3) \cdot 15000 = 2127000 \text{ руб.}$$

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

Поверхности	Размеры, мм		Маршрут	HRC	Ra, мкм
	длина	диаметр			
1	8	32/20	T(13)-Tч(10)-ТО	61	6,3
2	1	1x45°	Tч(11)-ТО	61	6,3
3	10	32	T(13)-Tч(10)-Ш(8)-ТО-Шч(7)	61	0,8
4	2	0,2x2	Tч(11)+ТО	61	6,3
5	24	80/32	T(13)-Tч(10)-ТО	61	0,8
6	1	1x45°	Tч(11)-ТО	61	6,3
7	8,5	80	T(13)-Tч(10)-Ш(9)-ТО-Шч(8)	61	6,3
8	1	1x45°	Tч(11)-ТО	61	6,3
9	22,5	80/35	T(13)-Tч(10)-Ш(9)-ТО	61	3,2
10	2	0,2x2	Tч(11)-ТО	61	6,3
11	86,5	35	T(13)-Tч(10)-Ш(9)-ТО	61	3,2
12	1	1x45°	Tч(11)-ТО	61	6,3

Продолжение таблицы 3

Поверхности	Размеры, мм		Маршрут	HRC	Ra, мкм
	длина	диаметр			
13	10	35/25	T(13)-Tч(10)-ТО	61	6,3
14	1	1×45°	Pч(11)+ТО	61	6,3
15	35	20	C(13)-Pч(10)-Ш(8)-ТО-Шч(7)	61	0,8
16	3	21	Pч(11)-ТО	61	6,3
17	6,5	21/8	C(14)-P(13)-Pч(10)-ТО	61	6,3
18	1	1×45°	Pч(11)-ТО	61	6,3
19	11	M8	C(13)-Pез(10)-ТО	61	6,3
20	4,5	17/8	C(13)-Pч(10)-ТО	61	6,3
21	22	17	C(13)-ТО	61	6,3
22	11	M12	C(13)-Pч(10)-Ш(8)-ТО-Шч(6)	61	6,3
23	1	18/16	C(13)-Pч(10)-ТО	61	6,3
24	1,3	18	C(13)-Pч(10)-ТО	61	6,3
25	30	25×6°20'	C(13)-Pез(10)-ТО	61	0,4
26	1,5	23/20	C(13)-Pч(10)-ТО	61	6,3
27	14	23	C(13)-Pч(10)-ТО	61	6,3
28	1,6	1,6×30°	Pч(11)-ТО	61	6,3
29	25,5	12,2	Ф(13)-ТО	61	6,3
30	25,5	5,5	Ф(13)-ТО	61	6,3
31	7,5	4	C(13)-3(10)-P3(8)-P3ч(7)-ТО	61	1,25

Проектирование заготовки.

Рассчитаем припуски на диаметральный размер 40H7 мм и данные внесем в таблицы 4 и 5.

Таблица 4 – Припуски

Переход		Припуск			Допуск Td/IT	Предельные размеры		Предельные припуски	
		$\epsilon_{уст}^{i-1}$	Rz^{i-1}	ρ^{i-1}		d_{min}^i	d_{max}^i	$2Z_{min}$	$2Z_{max}$
1	Штамповать	567	160	200	1200 15	35,833	34,633	-	-
2	Точить	34	50	50	390 13	33,001	32,611	2,022	2,832
3	Точить	23	25	25	100 10	32,355	32,255	0,356	0,646

Продолжение таблицы 4

Переход		Припуск			Допуск Td/IT	Предельные размеры		Предельные припуски	
		$\varepsilon_{уст}^{i-1}$	Rz^{i-1}	ρ^{i-1}		d_{min}^i	d_{max}^i	$2Z_{min}$	$2Z_{max}$
4	Шлифов ать	11	10	20	39 8	32,110	32,071	0,184	0,245
5	Шлифов ать	6	5	10	25 7	32,000	31,975	0,096	0,110

Таблица 5 - Припуски на обработку поверхностей

Операция	Переход	Припуск Z, мм	Поверхности
005 010	Обтачивание	1,05max	1, 3, 5, 7, 9, 11, 13
015 020	Обтачивание	0,35 0,35	1-13 15, 17, 20-28
025 030	Шлифование	0,14 0,15	3, 5 9, 11
035	Шлифование	0,14	25
065	Шлифование	0,06	3, 5
070 075	Шлифование	0,15 0,06	15 25

Схему припусков на размер 40H7 покажем на рисунке 3 и эскиз заготовки на рисунке 4.

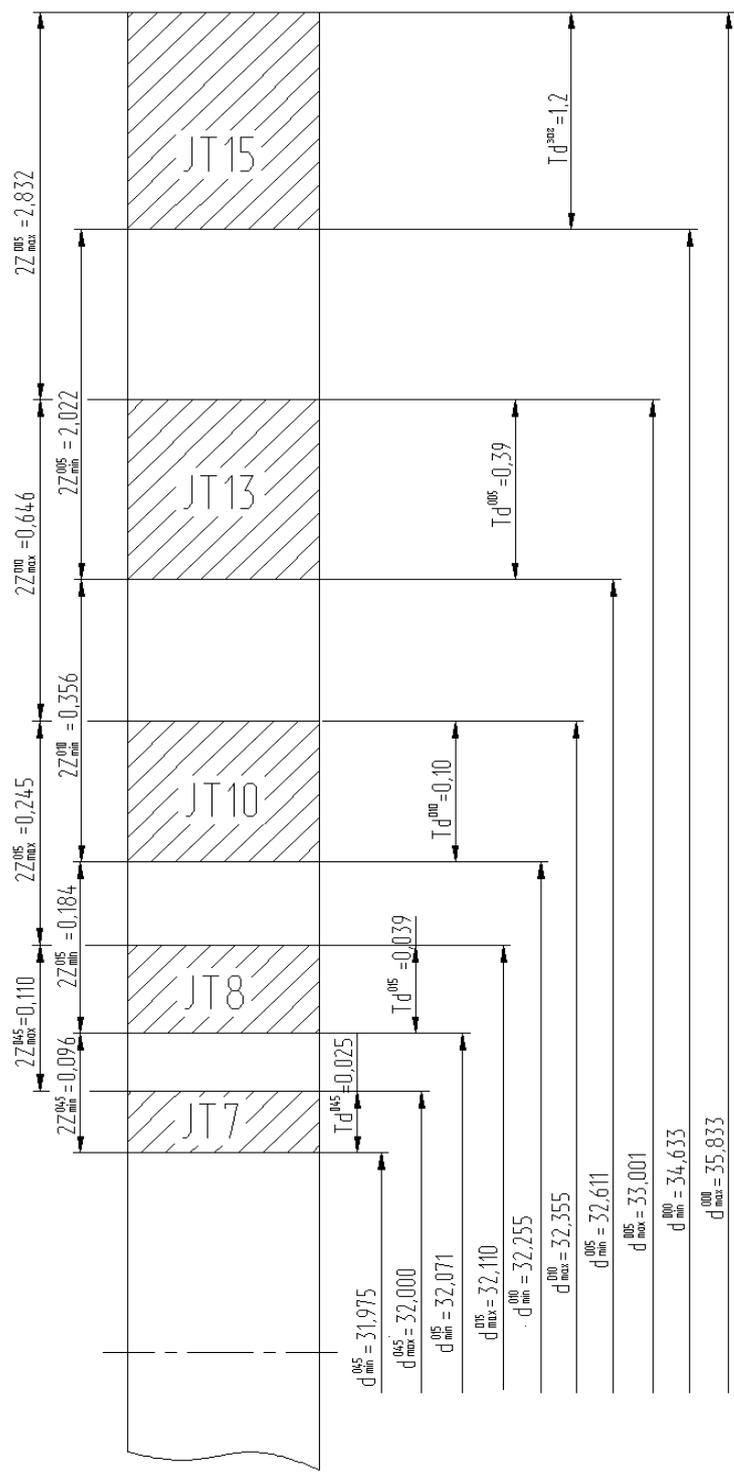


Рисунок 3 – Схема припусков на размер 40Н7

Таблица 6 – Выбор оборудования и инструмента

№	Операция	Оборудование	Технологическая оснастка		
			приспособление	инструмент	контрольно-измерительные средства
005 010	Токарная черновая	ВСТ-625-21 CNC с ЧПУ	Патрон токарный.	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 чистовая				
025	Круглошлифовальная	Полуавтомат 3Б153Т	Патрон мембранный ОСТ 3-3443-76.	Шлифовальный круг ГОСТ Р 52781-2007.	Калибр-скоба ГОСТ 18355-73. Шаблон ГОСТ 2534-79. Мерительное приспособление с индикатором.
030	Круглошлифовальная	Полуавтомат 3М151			
035	Внутришлифовальная черновая	Полуавтомат 3К227В			
040	Фрезерная	500Н с ЧПУ	СП ГОСТ 17205-71	Центровочное сверло ГОСТ 14952-75 Р6М5К5. Спиральное сверло ГОСТ 10903-77 Р6М5К5. Цельный зенкер ГОСТ 12489-71. Концевая фреза ГОСТ 17025-71.	Шаблон ГОСТ 2534-79. Мерительное приспособление с индикатором.
045	Слесарная	4407			
050 080	Моечная	Камерная моечная машина			

Продолжение таблицы 6

№	Операция	Оборудование	Технологическая оснастка		
			приспособление	инструмент	контрольно-измерительные средства
065	Круглошлифовальная	Полуавтомат 3Б153Т	Цанговый патрон ГОСТ 17200-71.	Шлифовальный круг ГОСТ Р 52781-2007.	Шаблон ГОСТ 2534-79. Калибр-пробка ГОСТ 14827-69. Приспособление мерительное с индикатором.
070 075	Внутришлифовальная чистовая	Полуавтомат 3К227В	Мембранный патрон ОСТ 3-3443-76		

2.2 Проектирование технологических операций

Расчет режимов на токарную операцию 015.

Обточить поверхности, выдержать размеры согласно рабочему чертежу.

Инструмент выбираем в таблице 6.

Выбираем станок модели ВСТ-625-21 CNC токарный.

Припуск равен 0,35 мм.

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

Определяем скорость резания:

$$V = \frac{C_U}{T^m \cdot t^x \cdot S^y} \cdot K_U, \quad (15)$$

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 0,63.

Тогда для первого перехода:

$$V_T = \frac{420}{60^{0,2} \cdot 0,35^{0,15} \cdot 0,25^{0,2}} \cdot 0,63 = 180,2 \text{ м/мин.}$$

Для второго перехода:

$$V_P = \frac{420}{60^{0,2} \cdot 0,35^{0,15} \cdot 0,25^{0,2}} \cdot 0,63 \cdot 0,9 = 162,1 \text{ м/мин.}$$

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D}. \quad (16)$$

Тогда при точении поверхности диаметром 32,4 мм на первом переходе:

$$n_1 = \frac{1000 \cdot 180,2}{3,14 \cdot 32,4} = 1771 \text{ мин}^{-1}.$$

При точении поверхности диаметром 80 мм на первом переходе:

$$n_2 = \frac{1000 \cdot 180,2}{3,14 \cdot 80} = 717 \text{ мин}^{-1}.$$

При растачивании поверхности диаметром 19,7 мм на втором переходе:

$$n_3 = \frac{1000 \cdot 162,1}{3,14 \cdot 19,7} = 2622 \text{ мин}^{-1}.$$

При корректировке частоты вращения получим для первого перехода скорость резания при обработке поверхности диаметром 32,4 мм равную 162,8 м/мин, при обработке поверхности диаметром 80 мм – 158,2 м/мин, а для второго перехода при обработке поверхности диаметром 19,7 мм – 123,7 м/мин.

Определим составляющие силы резания по формуле:

$$P_Z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p, \quad (17)$$

где C_p – коэффициент обработки равный 300;

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

K_p –коэффициент коррекции.

$$K_p = K_{MP} \cdot K_{\varphi P} \cdot K_{\gamma P} \cdot K_{\lambda P} \cdot K_{rP} \quad (18)$$

где K_{MP} , $K_{\varphi P}$, $K_{\gamma P}$, $K_{\lambda P}$ и K_{rP} равны 1,4, 0,89, 1,0, 1,0 и 1,0.

Тогда

$$P_z = 10 \cdot 300 \cdot 0,35^{1,0} \cdot 0,25^{0,75} \cdot 158,2^{-0,15} \cdot 1,4 \cdot 0,89 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 216 \text{ Н.}$$

Определим требуемую мощность по формуле:

$$N = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60} \quad (19)$$

Тогда

$$N = \frac{216 \cdot 158,8}{1020 \cdot 60} = 0,55 \text{ кВт.}$$

Параметры режимов резания необходимо сравнить с паспортными данными и техническими характеристиками выбранного оборудования. Расчеты показали, что скорость резания на первом переходе – 180,2 м/мин, а на втором – 162,1 м/мин требует от обрабатывающего оборудования силу резания – 216 Н. Это может быть достигнуто, если выбранное оборудование будет развивать обороты при точении и расточке соответственно равные 1771 мин⁻¹, 717 мин⁻¹ и 2622 мин⁻¹. Эти параметры могут установиться при обработке при минимальной мощности 0,55 кВт. У станка ВСТ-625-21 CNC мощность намного выше и равна 7,5 кВт, то есть использование возможно.

Придерживаясь этих параметров (таблица 7) необходимо обточить поверхности, выдержать размеры согласно рабочему чертежу.

Таблица 7 – Режимы резания

Операция	Переход	t, мм	S, мм/об.	V _т , м/мин	n _т , об./ми н	n _{пр} об./ми н	V _{пр} м/мин
05 Токарная	Точить Ø33,1	0,95	0,5	82	788	630	65,5
	Точить Ø80,7	1,05	0,5	81	319	315	79,8
	Сверлить Ø19	9,5	0,35	17	284	250	14,9
	Сверлить Ø7	3,5	0,15	22	1001	1000	22,0
	Расточить торец Ø19	2,0	0,5	72	1206	1250	74,5
10 Токарная	Точить Ø36	0,9	0,5	83	734	630	71,2
	Подрез. торец до Ø80,7	0,9	0,5	83	327	315	79,8
	Сверлить Ø24	12	0,40	17	225	200	15,1
	Сверлить Ø17	8,5	0,35	16	299	250	13,3
	Расточить Ø22,3	1,5	0,5	75	1071	1000	70,0
15 Токарная	Точить Ø32,4	0,35	0,25	180	1771	1600	162,8
	Точить Ø80	0,35	0,25	180	717	630	158,2
	Расточить Ø19,7	0,35	0,25	162	2622	2000	123,7
20 Токарная	Точить Ø35,3	0,35	0,25	180	1623	1600	177,3
	Подрез. торец до Ø80	0,35	0,25	180	716	630	158,2
	Расточить 24,6	0,35	0,25	162	2097	2000	154,5
	Нарезать резьбу М8	1,0	1,0	8	318	315	7,9
	Нарезать резьбу М12	1,0	1,0	9	238	200	7,5
25 Круглошлиф овальная	Шлифовать Ø32,12	0,14	2,0/0,5	45	446	446	45
30 Круглошлиф овальная	Шлифовать Ø 35	0,15	0,01 5	45	409	409	45
35 Внутришлиф овальная	Шлифовать отв. Ø24,88	0,14	5400 0,006	35	448	448	35
40 Фрезерная	Фрезер. фрезой Ø12,2	5,5	0,5	28	730	630	24,1
	Центровать Ø2	1,0	0,1	16	2547	2000	12,5
	Сверлить Ø3,3	1,65	0,1	19	1833	1600	16,5
	Зенкеровать Ø3,7	0,2	0,5	14	1205	1250	14,5
	Развернуть Ø3,9	0,1	0,7	11	898	800	9,8
	Развернуть Ø4	0,05	0,6	8	636	630	7,9
60 Круглошлиф овальная	Шлифовать Ø32	0,06	1,4/0,3 **	35	348	348	35
70 Внутришлиф овальная	Шлифовать отв. Ø25	0,06	4600 0,004	35	445	445	35
75 Внутришлиф овальная	Шлифовать Ø20	0,15	5400 0,005	35	557	557	35

Нормы времени на рассчитанные 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	0,885	0,344	1,229	0,074	23	1,303	708	1,335
10 Токарная	1,300	0,374	1,674	0,100	23	1,774	708	1,806
15 Токарная	0,367	0,444	0,811	0,049	21	0,860	708	0,889
20 Токарная	0,760	0,499	1,259	0,076	23	1,335	708	1,367
25 Круглошлифовальная	0,265	0,374	0,639	0,073	20	0,712	708	0,740
30 Круглошлифовальная	0,594	0,374	0,968	0,107	20	1,075	708	1,103
35 Внутришлифовальная	0,190	0,414	0,604	0,064	21	0,668	708	0,697
40 Фрезерная	0,320	0,333	0,653	0,039	32	0,692	708	0,737
65 Круглошлифовальная	0,228	0,373	0,601	0,067	20	0,668	708	0,696
70 Внутришлифовальная	0,156	0,414	0,570	0,056	21	0,626	708	0,655
75 Внутришлифовальная	0,305	0,307	0,612	0,074	20	0,686	708	0,714

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 ВСТ-625-21 CNC токарный.

Припуск равен 0,35 мм.

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

При корректировке частоты вращения получим для первого перехода скорость резания при обработке поверхности диаметром 32,4 мм равную 162,8 м/мин, при обработке поверхности диаметром 80 мм – 158,2 м/мин, а для второго перехода при обработке поверхности диаметром 19,7 мм – 123,7 м/мин. Таблица 8 показывает оптимальное время обработки.

Получаем затраченное время: 0,367 мин – машинное; 0,444 мин – на управление станком; 0,811 мин – операционное; 0,049 мин – на удаление стружки и замену инструмента; 21 мин – на ознакомление с чертежом; 0,860 мин – штучное; 0,889 мин – на выполнение технологической операции 015.

3 Проектирование специальных средств оснащения

Для проектирования системы автоматического управления процессом резания на 015 токарной операции при механической обработке на станке модели ВСТ-625-21 CNC токарном проведем моделирование объекта управления. Модернизируем оборудование путем повышения степени автоматизации за счет применения системы управления. Улучшение качественных и экономических показателей технологического оборудования связано с возросшими технологическими возможностями и высокой степенью автоматизации производственных процессов, обуславливающих интенсификацию рабочих режимов и тем самым предъявляющих повышенные требования к качеству основных сопряжений и деталей, образующих технологическую систему машины. Наиболее существенными факторами, определяющие работоспособность неподвижных сопряжений машины, являются контактные напряжения и форма взаимодействующих поверхностей. 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). При этой зависимости, необходимые для пересчета сходственных величин компонентов тензоров напряжения σ_{ij} деформации ε_{ij} ($i, j=1,2,3$) и вектора перемещения u_i с модели на натуру устанавливаются методами размерности и подобия. Все уравнения механики деформируемого твердого тела и граничные условия являются взаимосвязями различных размерных величин, которые могут быть представлены в разных системах единиц измерения. Правила образования формул размерности вторичных величин через размерность первичных величин определяют общий вид этих формул. Все они представляют собой простые степенные комплексы - одночлены в общем виде:

$$[x] = a_1^{\alpha_1} \cdot a_2^{\alpha_2} \dots a_{n-1}^{\alpha_{n-1}} \cdot a_n^{\alpha_n}, \quad (20)$$

где $[x]$ - символ для обозначения размерности величины X

x - физическая величина;

a_i – единицы измерения основных физических величин;

$\alpha_1, \alpha_2 \dots \alpha_n$ - показатели степени.

Функции, удовлетворяют условию

$$\varphi(k_1 a_1, k_2 a_2, \dots, k_n a_n) = \varphi(k_1 k_2 \dots k_n) \varphi(a_1 a_2 \dots a_n) \quad (21)$$

Постулат об однозначности функций является фундаментальным в анализе размерностей, основополагающим в теории подобия, основанной на рассмотрении непрерывных групп преобразований. Одночленные степенные функции и формулы размерности обладают свойством однозначности, также как суммы степенных комплексов одинаковой размерности и трансцендентные функции, если их аргумент представляет собой безразмерную однородную функцию вида:

$$b / a_1^{\alpha_1} \dots a_n^{\alpha_n}. \quad (22)$$

Систему уравнений, определяющую постановку задачи механики деформируемого твердого тела, можно представить как соотношения безразмерных величин. Число безразмерных комплексов и симплексов равно разности t_π , а количество безразмерных комплексов π равно t_π . В соответствии с этим число безразмерных комплексов является наименьшим числом безразмерных комплексов, которые можно получить из величин, входящих в исходное уравнение. Очевидно, что наименьшее число симплексов, которые можно получить из рассматриваемых величин, равно

нулю, а наибольшее число комплексов равно t_π .

Этот метод ограничен, так как не позволяет определить необходимые данные для этого метода - перечень существенных физических величин, включая одну зависимую и достаточное число независимых физических величин. Для практического применения π - теоремы, с целью образования безразмерных комплексов и уменьшения числа независимых параметров, используют как математические способы матричного исчисления, так и эвристические методы фракционного анализа. Анализ размерностей позволяет установить список основных безразмерных комплексов π_i , но не позволяет выявить перечень всех физических величин, характеризующих постановку исследуемой задачи. Недостатки анализа размерностей компенсируются применением теории подобия.

Теоретической основой физического моделирования явлений (процессов), являются методы подобия и анализа размерностей базирующиеся на общей теории непрерывных групп преобразований. В зависимости от вида соответствующей группы непрерывного преобразования, между сходственными величинами двух систем, переводящего их из одной системы в другую, в механике деформируемого твердого тела используются разновидности подобия. Так, например, две фигуры (тела) геометрически подобны, если существует преобразование подобия, переводящее одну из них в другую.

Безразмерные множители в общем случае различны для разных величин, но все одноименные величины в соответственных точках обеих систем и (если явления неустановившиеся) в соответственные моменты времени имеют одинаковые масштабы подобия, а масштабы подобия безразмерных величин (углов, коэффициентов Пуассона) равны единице. Следовательно, при простом подобии двух явлений имеют место соотношения

$$\begin{aligned}
 L_1/L_2 = K_L, P_1/P_2 = K_P, t_1/t_2 = K_t, U_1/U_2 \\
 = K_U, \sigma_1/\sigma_2 = K_\sigma, \dots
 \end{aligned}
 \tag{23}$$

где L, P, t, U, σ - физические величины: длина, сила, время, скорость, напряжение;
 K - коэффициенты пропорциональности (сомножители), являющиеся константами подобия и представляющие собой масштабы соответствующих величин.

Подобие явлений обусловлено, прежде всего, их геометрическим подобием. В исследовании подобных фигур основную роль играет теорема о параллельных секущих.

Геометрически подобные системы обладают следующим свойством: если в качестве масштабов выбрать сходственные геометрические параметры, то функции или уравнения, описывающие подобные геометрические системы, после приведения их путем масштабных преобразований к безразмерному виду становятся тождественными.

Приведенное определение простого подобия является универсальным и его можно отнести к любым явлениям, однако в зависимости от характера явления различают подобие: статическое, механическое, кинематическое, энергетическое, тепловое, электрическое, динамическое, гидродинамическое, аэродинамическое, термодинамическое, электродинамическое и другие виды.

Целесообразно определить подобие физических явлений (процессов, систем, сред, тел). Таким образом, подобие физических явлений определяется, помимо геометрического подобия, также подобием соответствующих полей переменных величин. Выше показано, что между двумя физическими явлениями возможно линейное взаимно-однозначное соответствие:

$$x_n = K_x \cdot x_m, \tag{24}$$

где K_x - множитель подобного преобразования, называемый масштабом

величины x .

Это соотношение определяет связь между сходственными скалярными, векторными или тензорными величинами.

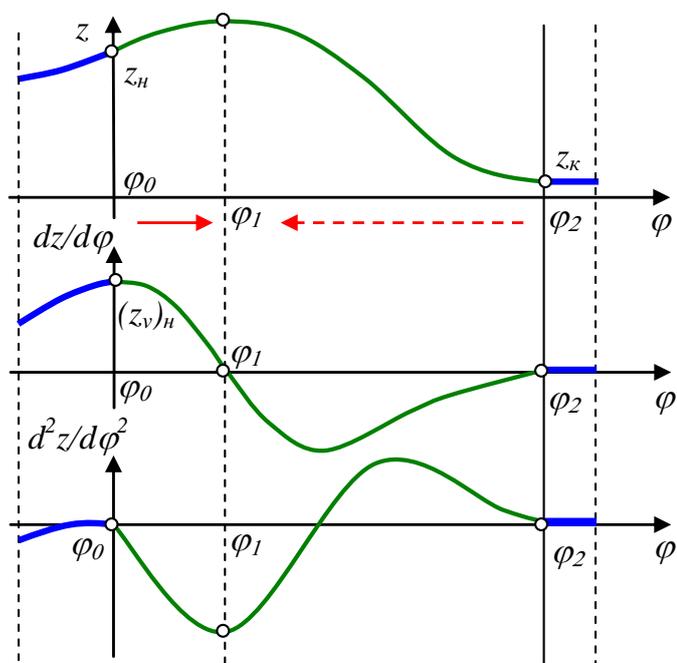


Рисунок 5 – Оптимальная траектория движения инструмента и ее параметры

Обычно для натур и ее модели имеют место разные типы соответствия, различающиеся видами используемых преобразований. С помощью математического аппарата при обработке в реальном режиме времени производится расчет оптимальной траектории движения инструмента для получения требуемого качества обрабатываемой поверхности за минимальное число переходов (рисунок 5)

Необходимо учитывать основные типы соответствий, применяемых при моделировании системы автоматического управления суппортом токарного станка ВСТ-625-21 CNC на токарной операции 015.

4 Безопасность и экологичность технического объекта

Объектом исследования в разделе является технологический процесс изготовления корпуса механизма загрузки автоматической линии. 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 корпуса	Токарная операция	Оператор станков с ЧПУ	ВСТ-625-21 CNC с ЧПУ, патрон токарный	Сталь 19ХГН ГОСТ 1414, СОЖ, ветошь
Техпроцесс изготовления корпуса	Круглошлифовальная	Шлифовщик	3Б153Т с ЧПУ, патрон мембранный ОСТ 3-3443-76	Сталь 19ХГН ГОСТ 1414, СОЖ, ветошь
Техпроцесс изготовления корпуса	Внутришлифовальная	Шлифовщик	3К227В с ЧПУ, цанговый патрон ГОСТ 17200-71	Сталь 19ХГН ГОСТ 1414, СОЖ, ветошь

В качестве объекта, для которого разрабатывались мероприятия по осуществлению безопасности, экологичности и охране труда выбран технологический процесс изготовления корпуса механизма загрузки автоматической линии. Рассматриваются две технологические операции:

токарная и фрезерная.

4.2 Идентификация профессиональных рисков

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

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, шлифовальная, круглошлифовальная, внутришлифовальная, фрезерная, слесарная	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, характеризующиеся 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 корпуса.

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	ВСТ-625-21 СНС. ЗБ153Т. ЗК227В.	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 немеханизованный)	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 при применении оборудования, в составе технического объекта	Наименование видов реализуемых организационных (организационно-технических) мероприятий	Предъявляемые нормативные требования по обеспечению пожарной безопасности, реализуемые эффекты» [5]
«Изготовление корпуса. ВСТ-625-21 CNC. 3Б153Т. 3К227В.	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 корпуса механизма загрузки автоматической линии 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 корпуса	ВСТ-625-21 CNC. 3Б153Т. 3К227В.	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 корпуса
«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 корпуса механизма загрузки автоматической линии 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 корпуса механизма загрузки автоматической линии. Рассматриваются две технологические операции: токарная и фрезерная (таблица 9). В таблице 10 показаны производственные риски, связанные с изготовлением корпуса. Здесь приводится систематизация производственно-технологических и эксплуатационных рисков, источником которых являются оборудование - токарно-винторезный с ЧПУ ВСТ-625-21

CNC, круглошлифовальный полуавтомат 3Б153Т, внутришлифовальный полуавтомат 3К227В; приспособления – патрон токарный, патрон мембранный, цанговый патрон, СНП ГОСТ 17205-71; инструмент – резец проходной по ОСТу 2И.101-83, шлифовальный круг ГОСТ Р 52781-2007 и материалы – сталь 20Х по ГОСТу 4543-2016, СОЖ, ветошь, используемые при изготовлении корпуса. Для снижения рисков предложены методы и средства, которые необходимо и достаточно использовать при защите от вредных и опасных производственных факторов при изготовлении корпуса (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 корпуса механизма загрузки автоматической линии 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) приводом суппорта на фрезерной операции 020 технологического процесса изготовления корпуса механизма загрузки автоматической линии.

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 технологической себестоимости достигнуто снижение в среднем на 16,54 %. Наибольшее изменение в ходе совершенствования было получено по заработной плате основных работников, оно составило 18,73 %, это в денежном эквиваленте

соответствует 3,38 рубля. Максимально влияние на величину технологической себестоимости оказывают расходы на содержание и эксплуатацию оборудования, для базового варианта эта доля составила 45,95 %, а для проектируемого – 47,89 %. Следующая величина, это заработная плата основных рабочих, в доле в базовом варианте – 41,53 %, а в проектном – 40,03 %.

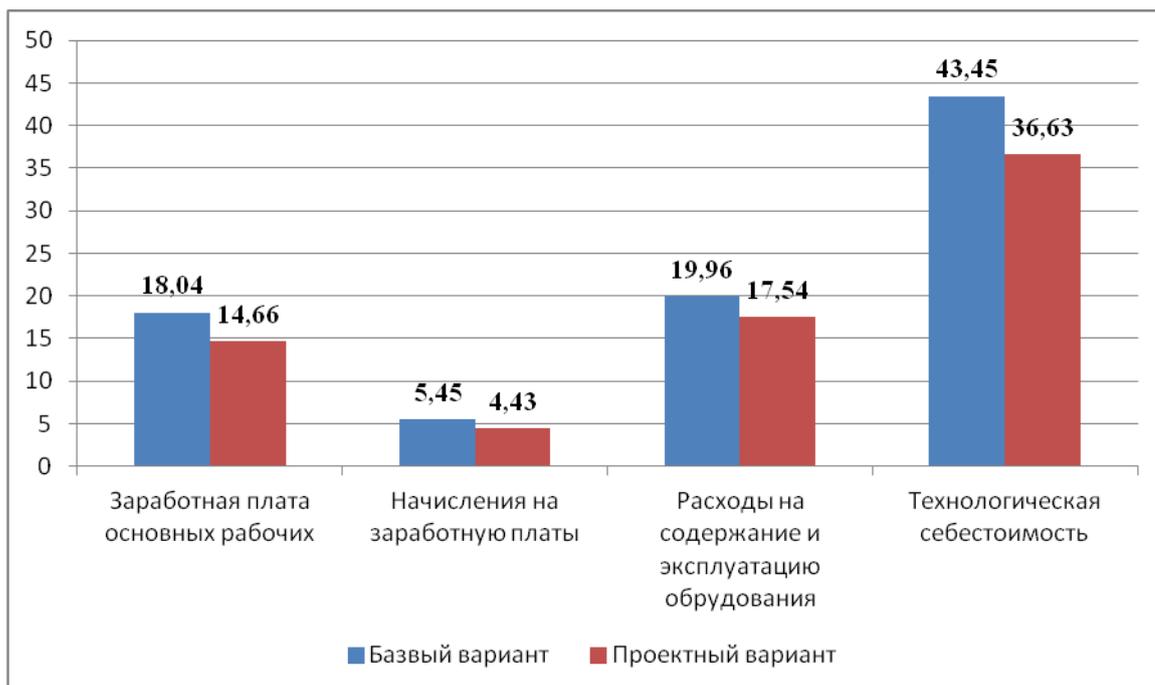


Рисунок 6 – Расчет технологической себестоимости, руб.

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.

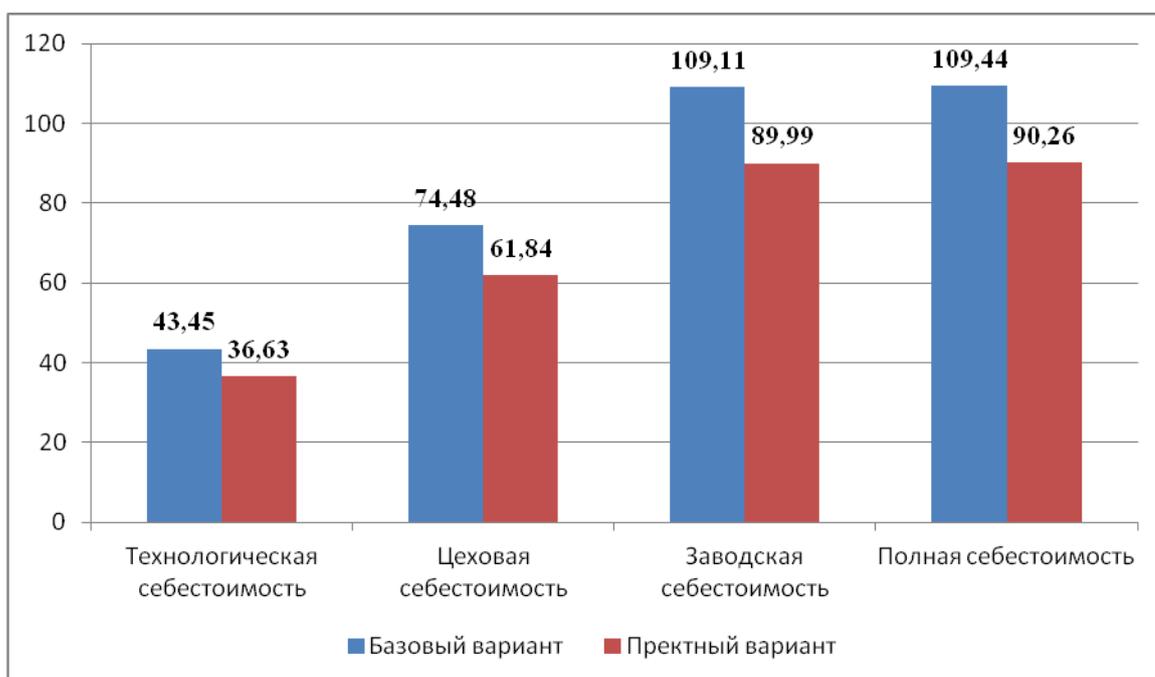


Рисунок 7 – Калькуляция себестоимости, руб.

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 15,71 % меньше базового значения, цеховая себестоимость проектного варианта уже на 16,97 % меньше базового варианта, изменения по заводской себестоимости составили еще больше – 17,53 %, а полная себестоимость по изменениям не отличается от изменений заводской себестоимости и составляет столько же 17,53 %.

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 193725,27 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 1 год, что позволяет говорить об эффективности предлагаемых мероприятий. Второй – интегральный экономический эффект, с величиной значения 25474,73 рублей. Если величина этого показателя положительная, то проект можно считать эффективным. И третий – индекс доходности, со значением 1,13 руб./руб. Данное значение показывает, сколько предприятие получит прибыли, на каждый вложенный рубль, то есть, вложив 1 рубль, предприятие получит 1,13 рублей. Подводя общий итог, можно сказать, что предлагаемые совершенствования рекомендуются к внедрению, потому что расчеты доказали его эффективность.

Заключение

В выпускной квалификационной работе были решены ряд вопросов по проектированию техпроцесса изготовления корпуса. 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.

При выполнении выпускной квалификационной работы были получены следующие результаты:

- Спроектирована заготовка, экономически обоснована, с наибольшим коэффициентом использования материала.
- Усовершенствован технологический процесс изготовления корпуса с помощью патентных исследований и методами технического творчества.
- Спроектированы специальные средства оснащения, используемые в технологическом процессе.
- Проведены мероприятия по обеспечению безопасности и охране труда.

При выполнении инженерных расчетов в работе были применены самые современные компьютерные технологии и программы.

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. Колокатов. – 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. Bertsche B. Reliability in Automotive and Mechanical Engineering: Determination of Component and System Reliability / B. Bertsche, A. Schauz, K. Pickard. – Berlin Heidelberg : Springer-Verlag, 2015. 502 p.
20. 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.
21. Nee A. Y. C. Handbook of Manufacturing Engineering and Technology / A. Y. C. Nee. – London : Springer Reference, 2015. 3491 p.
22. 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.

23. 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

Приложение Б

Операционные карты

Приложение В

Карта эскизов

