

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 цангового  
зажимного механизма

Студент

С.В. Купрацевич

(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 цангового зажимного механизма. Бакалаврская работа. Тольятти. Тольяттинский государственный университет, 2020.

Выпускная квалификационная работа состоит из 53 страниц пояснительной записки и семи листов А1 формата графической части.

Спроектирована заготовка, наименее затратная в изготовлении, с наибольшим коэффициентом использования материала. Усовершенствован технологический процесс обработки с помощью патентных исследований и методов технического творчества. Спроектированы специальные средства оснащения, используемые в технологическом процессе.

В работе предлагается система автоматического управления процессом резания на токарной технологической операции. Для чего были показаны математические модели, связывающие параметры и режимы резания между собой. На основе этого были построены структурная и функциональная схемы проектируемой системы.

В работе решается ряд вопросов по проектированию техпроцесса изготовления корпуса. 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.....	4
1 Анализ исходных данных.....	6
1.1 Служебное назначение детали.....	6
1.2 Задачи работы.....	9
2 Разработка технологической части работы.....	11
2.1 Проектирование заготовки.....	11
2.2 Проектирование технологических операций.....	18
3 Проектирование специальных средств оснащения.....	23
4 Безопасность и экологичность технического объекта.....	30
4.1 Конструктивно-технологическая и организационно-техническая характеристики рассматриваемого технического объекта.....	30
4.2 Идентификация профессиональных рисков.....	31
4.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков.....	32
4.4 Обеспечение пожарной безопасности технического объекта.....	33
4.5 Обеспечение экологической безопасности технического объекта.....	34
4.6 Заключение по разделу.....	36
5 Экономическая эффективность работы.....	38
Заключение.....	42
Список используемых источников.....	43
Приложение А. Маршрутная карта технологического процесса .....	46
Приложение Б. Операционные карты.....	49
Приложение В. Карта эскизов.....	52

## Введение

В машиностроении на этапе предварительного проектирования уже просто невозможно решить некоторые важные задачи без использования инженерных компьютерных систем. Такие системы включают в себя различные классические инженерные методы расчетов на прочность, устойчивость, динамические расчеты, определение переходных и частотных характеристик проектируемой системы. Производится математическое моделирование напряженно-деформированного состояния с применением метода конечных элементов, создание математического описания сложных геометрических поверхностей с использованием современных графических станций. 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, то для интеграции их согласно стратегии необходимо наличие стандартного интерфейса к представляемым ими данным. 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. Проведенный обзор и анализ стратегии виртуального предприятия и существующих систем показал, что ведущие фирмы стремятся создавать программные продукты, которые охватывают как можно больше областей деятельности человека и, в частности, как можно больше этапов жизненного цикла изделия.

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 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. 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:

- получить заготовку с наименьшими затратами и с наибольшим коэффициентом использования материала;
- предложить новый технологический процесс обработки корпуса;
- разработать специальные средства оснащения;
- предложить мероприятия по улучшению безопасности и охраны труда;
- увеличить экономическую эффективность.

Для инженерных расчетов использованы самые современные программные продукты, которые используются в реальном производстве на стадии проектирования и прототипирования.

## 1 Анализ исходных данных

### 1.1 Проектирование заготовки

В зажимном цанговом механизме корпус является основой для установки всех сопрягаемых деталей самого механизма.

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

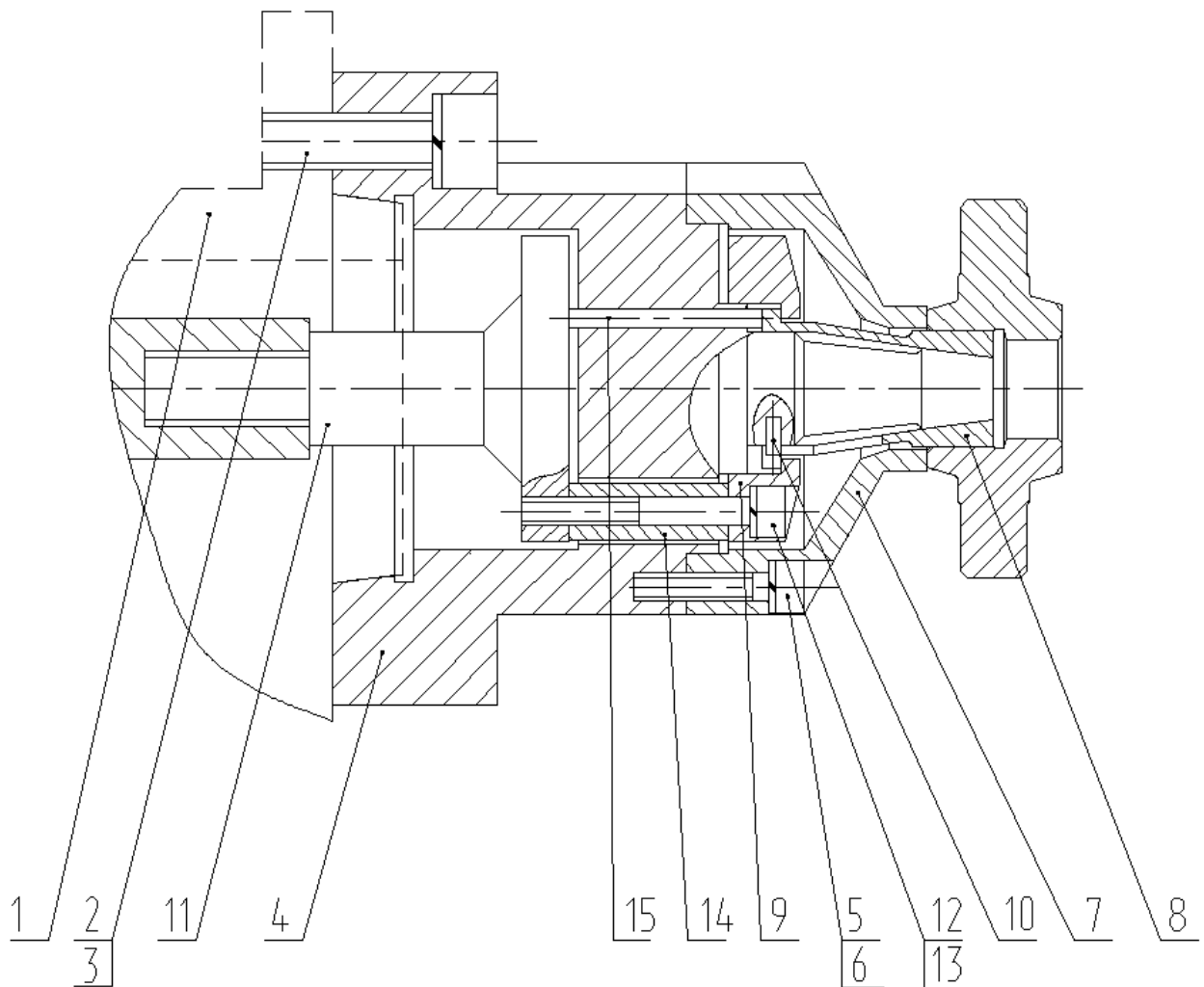


Рисунок 1 – Часть механизма

С помощью винтов 2 с шайбами 3 на конец шпинделя 1

устанавливается корпус зажимного механизма. Опора 7 закрепляется с помощью шайб 6 и винтов 5 к корпусу 4 зажимного механизма. Штифтом 10 и кольцом 9 закрепляется цапга 8, которая устанавливается в корпусе 4 на конусе. Через втулки 14 с помощью шайб 13 и винтов 12 к штоку 11 закрепляется кольцо 9. Плунжеры 15, которые устанавливаются в отверстия корпуса 4 одним концом упираются в опору 7, а другим концом в шток 11.

Механические и технологические свойства материала детали являются основным критерием, который определяет технологичность заготовки. 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 корпуса выбираем сталь 19ХГН по ГОСТу 4543. 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	Молибден	Фосфор	Сера	Кремний	Магний	Хром
				Не более				
Содержание	0.16-0,21	0.8-1.1	до 0,1	0.035	0.035	0.17-0.37	0.7-1.0	0.8-1.1

Таблица 2 – Свойства материала

Параметры	$\sigma_T$ , МПа	$\sigma_B$ , МПа	$\delta_5$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	НВ
Поковка	930	1180	7	60	690	217

## Анализ технологичности детали (рисунок 2).

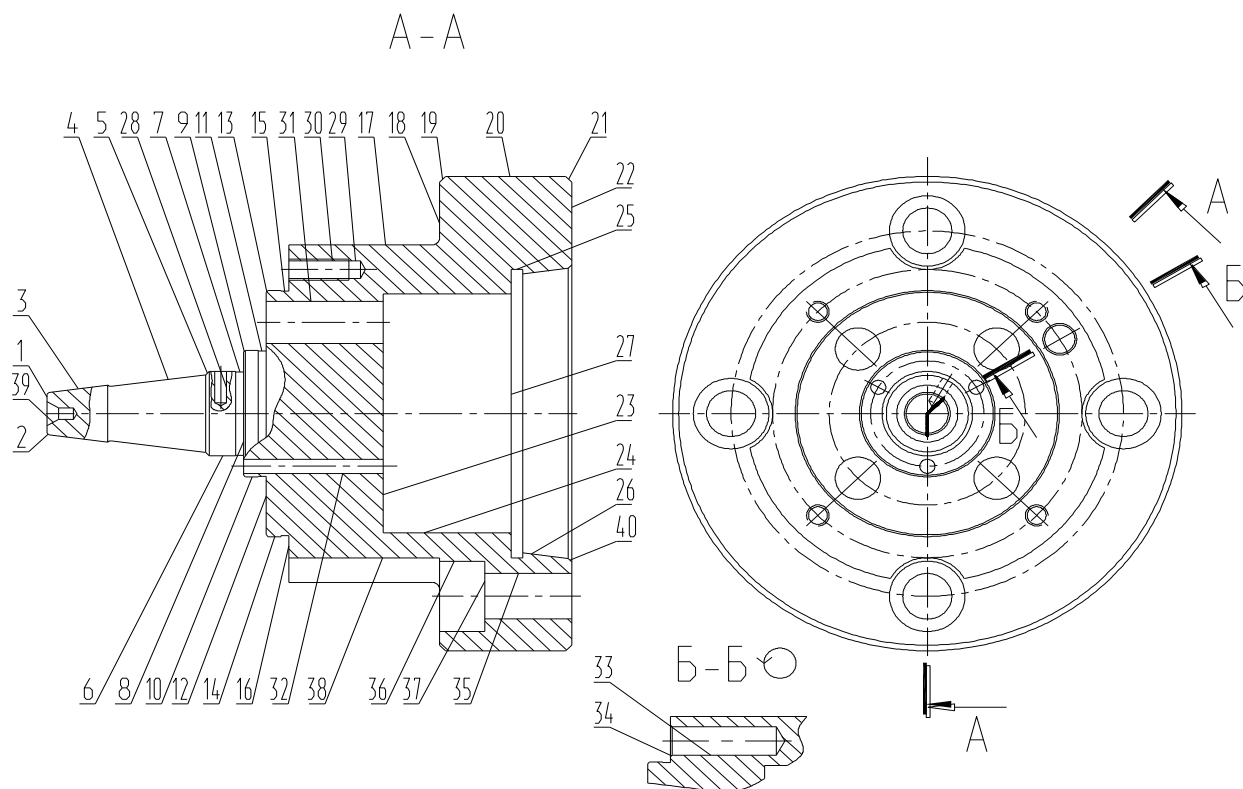


Рисунок 2 – Классификация поверхностей

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

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 корпуса является простота ее геометрической формы, поэтому предоставляется возможность формирования нескольких поверхностей уже на заготовительной операции.

Предлагаемые требования по точности и шероховатости могут быть достигнуты при обработке на универсальном оборудовании без применения специальных методов обработки и при этом обрабатывать поверхности стандартным режущим инструментом. 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. Классифицируем поверхности, исходя из служебного назначения: ОКБ – 22, 26; ВКБ – 10, 12, 14, 16, 23, 28, 30-33, 35 и 37; ИП – 3 и 6; СП – все остальные.

В результате проведенного анализа можно утверждать, что деталь технологична.

## **1.2 Задачи работы**

После комплексного анализа можно сформулировать задачи работы:

- Проектирование заготовки с учетом получения отверстия.
- Проектирование технологических операций, расчет режимов резания и определение норм времени на технологические операции.
- Разработка технологического процесса изготовления корпуса.
- Проектирование специальных средств оснащения в виде системы автоматического управления процессом резания на токарной операции.
- Учесть мероприятия по охране и безопасности труда.
- Показать экономическую целесообразность.

Рассмотреть возможность обработки материала, из которого выполнена заготовка. Соответствующим образом выбрать оборудование и инструмент для обеспечения качества механической обработки. В работе необходимо решить ряд вопросов по проектированию техпроцесса изготовления корпуса. Провести анализ на технологичность, то есть возможность обработки рассматриваемой детали. 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. Предложить оптимальный вариант структурной схемы системы автоматического управления и провести анализ ее качества.

Использовать самые современные прикладные программы, которые используются в реальном производстве на стадии проектирования с учетом современных инженерных методов расчета.

## 2 Разработка технологической части работы

### 2.1 Выбор типа производства

При массе равной 4,55 кг. а годовой программе выпуска 10000 штук определяем тип производства, как среднесерийное. 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.

Выбор метода получения заготовки.

Проведенный анализ базового технологического процесса, чертежа детали, конфигурации, а также физико-механических свойств материала показывает, что заготовку можно получить штамповкой двумя способами – на ГКМ и на КГШП. Проведем соответствующие расчеты для выбора заготовки.

Для определения массы заготовки  $M$  при штамповке будем пользоваться формулой

$$M = M_d \cdot K_p, \quad (1)$$

где  $M_d$  – масса детали, кг;

$K_p$  равен 1,5.

$$M = 4,55 \cdot 1,5 = 6,82 \text{ кг.}$$

Определим диаметр и высоту заготовки:

$$D = 135 \cdot 1,05 = 142 \text{ мм}$$

$$\text{и } H = 139 \cdot 1,05 = 146 \text{ мм.}$$

Расчетная масса определяется по формуле:

$$m = V \cdot \gamma, \quad (2)$$

где  $V$  – объем заготовки, мм<sup>3</sup>;

$\gamma$  – плотность материала заготовки, кг/мм<sup>3</sup>.

Объем всех цилиндрических частей детали будет равен:

$$V = \frac{\pi}{4} \cdot d_{\text{ПР}}^2 \cdot l_{\text{ПР}} = \frac{3,14}{4} \cdot (142^2 \cdot 146) = 2310996 \text{ мм}^3.$$

Масса заготовки будет

$$m = 2310996 \cdot 7,85 \cdot 10^{-6} = 18,10 \text{ кг.}$$

$$\frac{M}{m} = \frac{6,82}{18,10} = 0,37.$$

Определим коэффициент использования материала:

$$K_{\text{ИМ}} = \frac{M_{\text{Д}}}{M_{\text{З}}}. \quad (3)$$

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:

$K_T$  – точность;

$K_{СЛ}$  – сложность;

$K_B$  – массу;

$K_M$  – материал;

$K_{II}$  – серийность.

Примем  $C_B$  равным 0,315 руб./кг,  $K_T$  равным 1,05,  $K_{СЛ}$  равным 1,00,  $K_B$  равным 0,89,  $K_M$  равным 1,21 и  $K_{II}$  равным 1,0

Тогда

$$C_{31} = 0,315 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 0,89 \cdot 1,21 \cdot 1,0 = 0,339 \text{ руб.}$$

$$C_{32} = 0,315 \cdot 1,05 \cdot 1,0 \cdot 0,89 \cdot 1,21 \cdot 1,0 = 0,356 \text{ руб.}$$

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:

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

Тогда технологическая себестоимость на ГКМ будет:

$$C_{T1} = 0,339 \cdot 8,1 + 0,273 \cdot (8,1 - 4,55) - 0,0298 \cdot (8,1 - 4,55) = 3,609 \text{ руб.}$$

На КГШП будет:

$$C_{T2} = 0,356 \cdot 6,5 + 0,273 \cdot (6,5 - 4,55) - 0,0298 \cdot (6,5 - 4,55) = 2,788 \text{ руб.}$$

Штамповка на ГКМ:  $K_{ИМ} = \frac{4,55}{8,1} = 0,56.$

Штамповка на КГШП:  $K_{ИМ} = \frac{4,55}{6,5} = 0,70.$

Исходя из полученного результата, делаем вывод: штамповка на КГШП выгоднее штамповки на ГКМ.

Определим годовой экономический эффект по формуле:

$$\mathcal{E}_Г = (C_{Дпр} - C_{Дш}) \cdot N_Г \quad (8)$$

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

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

Тогда

$$\mathcal{E}_Г = (3,609 - 2,788) \cdot 10000 \cdot 60 = 492600 \text{ руб.}$$

Выбор методов обработки.

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

Таблица 3 – Методы обработки поверхностей

Маршрут	Поверхности	IT	Ra, мкм
Т-Тч-ТО	1, 2, 4, 5, 7, 8, 9, 11, 13, 15, 17- 21	14	12,5
Ц-ТО-Шч	39	7	1,25
Т-Тч-ТО-Шч	10	9	1,25
Т-Тч-ТО-Шч	12	9	2,5
Т-Тч-Ш-ТО-Шч	14,16	8	1,25
Т-Тч-Ш-ТО-Шч	3,6	7	0,63
Т-Тч-Ш-ТО-Шч	22	6	0,63
Рч-ТО-Шч	40	7	1,25
Р-Рч-Ш-ТО-Шч	26	5	0,63
Р-Рч-ТО	24,25	14	12,5
Р-Рч-ТО	23	12	2,5
С-З-ТО	32	9	1,25
С-З-РВ-ТО	28, 33	7	1,25
С-ТО	31, 34-37	14	12,5
С-Рз-ТО	29, 30	10	12,5
Ф-ТО	38	14	12,5

Проектирование заготовки.

Рассчитаем припуски на диаметральный размер 82,563 мм и данные внесем в таблицу 4 и таблицу 5.

Таблица 4 – Припуски

Переход		Припуск			Допуск Td/IT	Предельные размеры		Предельные припуски	
		$\varepsilon_{уст}^{i-1}$	Rz <sup>i-1</sup>	$\rho^{i-1}$		d <sup>i</sup> <sub>min</sub>	d <sup>i</sup> <sub>max</sub>	2Z <sub>min</sub>	2Z <sub>max</sub>
1	КГШП	-	360	944	3600 16	75,696	79,296	-	-
2	Точить	120	90	56	540 13	81,379	81,919	6,223	2,083
3	Точить	60	50	38	140 10	82,123	82,263	0,884	0,204
4	Шлифовать	30	30	19	35 7	82,424	82,459	0,336	0,161
5	Шлифовать	15	15	9	10 4	82,557	82,567	0,143	0,098

Таблица 5 – Припуски на обработку поверхностей

Операция	Переход	Припуск Z, мм	Поверхности
005	Обтачивание	2,3	1, 3, 6, 8, 10, 12, 14, 16- 18
010	Обтачивание	2,3	20, 22- 24, 26, 27
015	Обтачивание	0,4	1-19
020	Обтачивание	0,4	20-27
025	Шлифование	0,17	3, 6, 14, 16
030	Шлифование	0,15	26
		0,17	22
065	Шлифование	0,08	3, 6, 14, 16
070	Шлифование	0,10	10, 12
075	Шлифование	0,08	22, 26

Рассчитанные припуски на диаметральный размер 82,563 мм, указанные в таблицах 4 и 5, позволят получить при механической обработке качество поверхности согласно техническим требованиям.

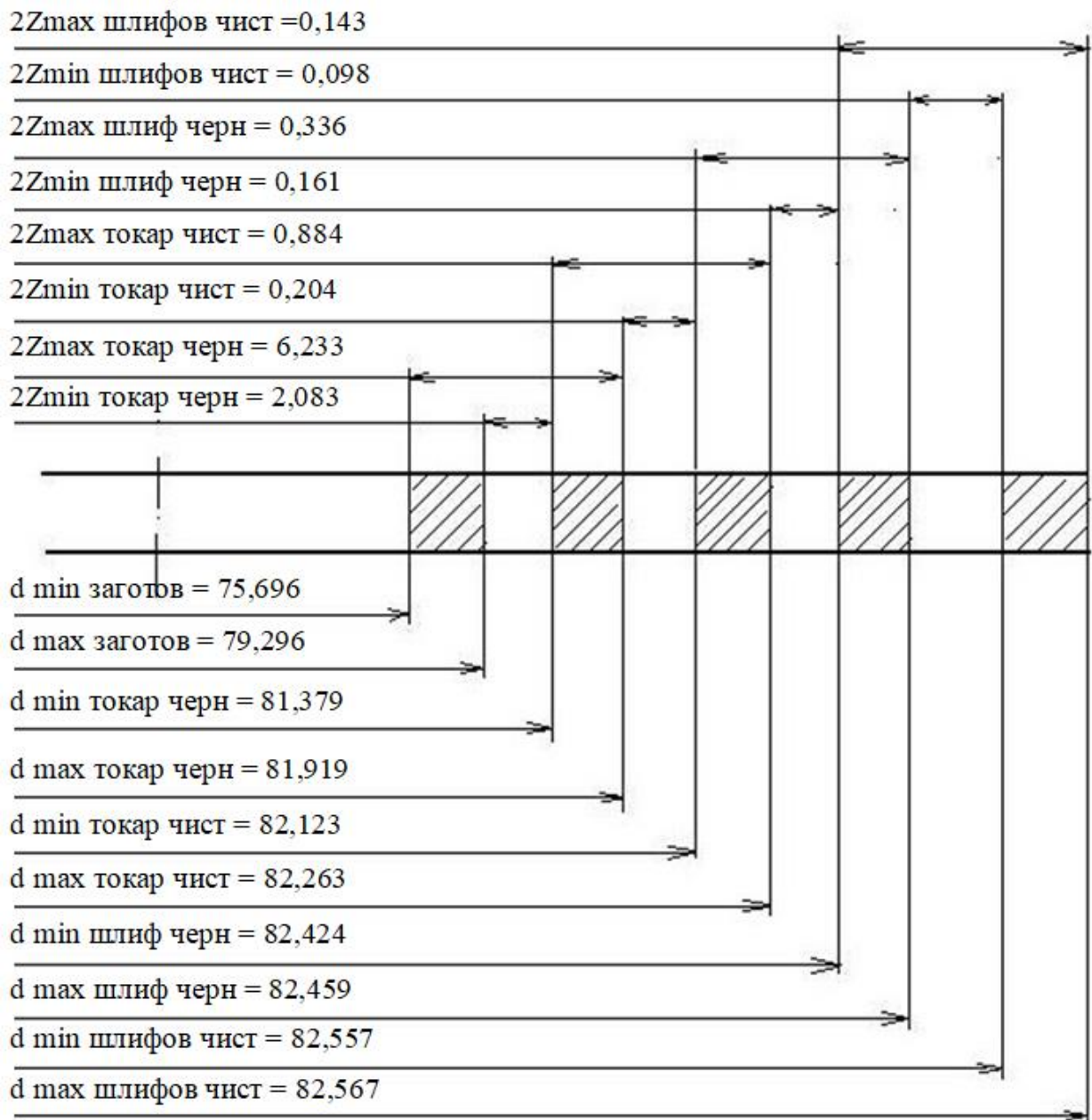


Рисунок 3 – Схема припусков на размер 40H7

Разработка технологического маршрута.

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



Таблица 6 – Выбор оборудования и инструмента

№	Операция	Оборудование	Технологическая оснастка		
			приспособление	инструмент	контрольно-измерительные средства
005 010	Токарная черновая	16А20Ф3 с ЧПУ	Патрон токарный ГОСТ 2675-80.	Проходной резец. Пластина Т5К10 ОСТ. Расточной резец. Канавочный резец. Центровочное сверло	Калибр-скоба ГОСТ 18355-73. Калибр-пробка ГОСТ 14807-69. Шаблон ГОСТ 2534-79.
015 020	Токарная чистовая				
025	Круглошлифовальная	ЗБ153Т	Патрон поводковый ГОСТ 18259-72.	Шлифовальный круг ГОСТ Р 52781-2007.	Калибр-скоба ГОСТ 18355-73. Шаблон ГОСТ 2534-79.
030	Внутришлифовальная	ЗК227В	Патрон цанговый	Шлифовальный круг ГОСТ Р 52781-2007.	Мерительное приспособление с индикатором ГОСТ 5584-61.
035	Сверлильная	6906ВМФ2 с ЧПУ	СНП ГОСТ 12195-66	Концевая фреза. Центровочное сверло. Спиральные сверла. Машинный метчик. Зенкер. Развертка.	Калибр-пробка ГОСТ 18355-73. Шаблон ГОСТ 2534-79. Пробка резьбовая ГОСТ 17756-72.
040	Слесарная	4407	ПС		
045	Моечная	Камерная моечная машина			
060	Центрошлифовальная	3925	СНП ГОСТ 12195-66.	Шлифовальный круг ГОСТ 8027-86.	Калибр-скоба ГОСТ 18355-73. Шаблон ГОСТ 2534-79.
065 070	Круглошлифовальная	ЗБ153Т	Поводковый патрон ГОСТ 18259-72.	Шлифовальный круг ГОСТ Р 52781-2007.	Микроинтерферометр МИИ-6. Приспособление мерительное с индикатором ГОСТ 5584-61.

Будем использовать оборудование и инструмент из таблицы 6, согласно техническим требованиям, указанным в плане обработки.

## 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 16А20Ф3 токарный.

Припуск равен 0,4 мм.

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

Определяем скорость резания:

$$V = \frac{C_U}{T^m \cdot t^x \cdot S^y} \cdot K_U, \quad (9)$$

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 0,20;

коэффициент, обеспечивающий условия обработки  $K_U$  примем равным 0,77.

Тогда для точения:

$$V_T = \frac{420}{60^{0,2} \cdot 0,4^{0,15} \cdot 0,25^{0,2}} \cdot 0,77 = 215,9 \text{ м/мин.}$$

Для расточки:

$$V_P = V_T \cdot 0,9 = 194 \text{ м/мин.}$$

Частота:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D}. \quad (10)$$

Тогда при точении поверхности диаметром 135 мм на первом переходе:

$$n_1 = \frac{1000 \cdot 215,9}{3,14 \cdot 135} = 509 \text{ мин}^{-1}.$$

При растачивании поверхности диаметром 82,1 мм на третьем переходе:

$$n_2 = \frac{1000 \cdot 194}{3,14 \cdot 82,1} = 752 \text{ мин}^{-1}.$$

При растачивании поверхности диаметром 68 мм на третьем переходе:

$$n_3 = \frac{1000 \cdot 194}{3,14 \cdot 68} = 908 \text{ мин}^{-1}.$$

При корректировке частоты вращения получим для первого перехода скорость резания при обработке поверхности диаметром 135 мм равную 211,9 м/мин, для третьего перехода при обработке поверхности диаметром 82,1 мм равную 206,2 м/мин, при обработке поверхности диаметром 68 мм равную 170,8 м/мин.

Определим составляющие силы резания по формуле:

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p, \quad (11)$$

где  $C_p$  – коэффициент обработки равный 300;

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

$K_p$  – коэффициент коррекции.

$$K_p = K_{MP} \cdot K_{\phi P} \cdot K_{\gamma P} \cdot K_{\lambda P} \cdot K_{rP} \quad (12)$$

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

Тогда

$$P_z = 10 \cdot 300 \cdot 0,4^{1,0} \cdot 0,25^{0,75} \cdot 211,9^{-0,15} \cdot 1,4 \cdot 0,89 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 236 \text{ Н}.$$

Определим требуемую мощность по формуле:

$$N = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60} \quad (13)$$

Тогда

$$N = \frac{236 \cdot 211,9}{1020 \cdot 60} = 0,82 \text{ кВт.}$$

У станка 16К20Ф3 мощность намного выше и равна 7,5 кВт, то есть использование возможно.

Таблица 7 – Режимы резания

Операция	Переход	t, мм	S, мм/об.	V <sub>т</sub> , м/мин	n <sub>т</sub> , об./мин	n <sub>пр</sub> , об./мин	V <sub>пр</sub> , м/мин
05 Токарная	Обточить Ø13,3	2,2	0,5	120	2873	2000	83,5
	Обточить Ø25,3	2,2	0,5	120	1510	1600	127,1
	Обточить Ø96,8	2,2	0,5	120	394	400	121,5
	Обточить Ø71,3	2,2	0,5	120	535	500	111,9
	Обточить Ø37	2,2	0,5	120	1032	1000	116,2
10 Токарная	Обточить Ø135,8	2,2	0,5	120	281	315	134,3
	Расточить Ø67,2	2,2	0,5	108	511	500	105,5
	Расточить Ø81,3	2,2	0,5	108	423	400	102,1
15 Токарная	Центровать Ø3,15	1,57	0,10	12,0	1213	1250	12,3
	Обточить Ø96,0	0,4	0,25	215,9	716	630	189,9
	Обточить Ø70,5	0,4	0,25	215,9	975	1000	221,4
	Обточить Ø37,2	0,4	0,25	215,9	1848	1600	186,9
	Обточить Ø24,5	0,4	0,25	215,9	2806	2000	153,8
	Обточить Ø12,5	0,4	0,25	215,9	5500	2000	78,5
20 Токарная	Подрезать торец Ø68	0,4	0,15	194	908	800	170,8
	Расточить Ø68	0,4	0,25	194	908	800	170,8
	Расточить Ø81,2	0,4	0,25	194	752	800	206,2
	Расточить фаску Ø81,2	0,4	0,15	215,9	752	800	206,2
	Расточить канавку В=3 Ø82	1,4	0,10	140	543	500	128,7
	Обточить Ø135	0,4	0,25	215,9	509	500	211,9
25 Круглошлифовальная	Шлифовать Ø70,16	0,17		35	158	158	35,0
	Шлифовать Ø12,16	0,17	1,8/0,5	35	916	158	6,0
	Шлифовать Ø24,16	0,17		35	461	158	12,0
30 Внутришлифовальная	Шлифовать торец 135/82,4	0,17	5400 0,010	35	82	82	35
	Шлифовать Ø82,4	0,17	5400 0,008	35	135	135	35

Продолжение таблицы 7

Операция	Переход	t, мм	S, мм/об.	V <sub>т</sub> , м/мин	n <sub>т</sub> , об./мин	n <sub>пр</sub> , об./мин	V <sub>пр</sub> , м/мин
35 Сверлильная	Центровать Ø3,15	1,57	0,10	12	1213	1250	12,3
	Сверлить Ø13/20	6,7/3	0,30	28	685/44	500	20,4/3
	Сверлить Ø12	6,0	0,25	26	690	630	23,7
	Сверлить Ø7,7	3,85	0,20	22	909	800	19,3
	Сверлить Ø5,5	2,75	0,15	20	1158	1000	17,3
	Сверлить Ø3,7	1,85	0,12	18	1549	1600	18,6
	Сверлить Ø2,7	1,35	0,10	18	2123	2000	16,9
	Фрезеровать паз R11	7,0	0,50	26	376	315	21,7
	Зенкеровать Ø7,9	0,1	0,35	15	604	630	15,6
	Зенкеровать Ø3,9	0,1	0,30	14	1143	1000	12,2
	Зенкеровать Ø2,9	0,1	0,30	14	1537	1600	14,5
	Развернуть Ø8	0,05	0,50	10	398	400	10,0
	Развернуть Ø4	0,05	0,50	8	636	630	7,9
	Развернуть Ø3	0,05	0,50	8	849	800	7,5
Нарезать резьбу М6	0,5	0,50	7	371	400	7,5	
65 Круглошлифовальная	Шлифовать Ø70	0,08		45	204	204	45,0
	Шлифовать Ø24	0,08		45	597	204	15,4
	Шлифовать Ø12	0,08	1,1/0,3	45	1194	204	7,7
70 Круглошлифовальная	Шлифовать Ø36	0,10	1,6/0,4	45	398	398	45,0
75 Внутришлифовальная	Шлифовать торец 135/82,56	0,08	4200 0,005	45	106	106	45
	Шлифовать Ø82,56	0,08	4200 0,003	45	173	173	45

При корректировке частоты вращения получим для первого перехода скорость резания при обработке поверхности диаметром 135 мм равную 211,9 м/мин, для третьего перехода при обработке поверхности диаметром 82,1 мм равную 206,2 м/мин, при обработке поверхности диаметром 68 мм равную 170,8 м/мин.

Проведем анализ затрачиваемого времени на технологические операции технологического процесса. Рассчитанные нормы времени на 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	0,517	0,362	0,879	0,053	17	0,932	236	1,004
10 Токарная	0,809	0,318	1,127	0,068	20	1,195	236	1,279
15 Токарная	0,750	0,481	1,231	0,074	20	1,305	236	1,390
20 Токарная	1,210	0,425	1,635	0,098	23	1,733	236	1,830
25 Круглошлифовальная	0,278	0,388	0,666	0,076	14	0,742	236	0,801
30 Внутришлифовальная	0,223	0,329	0,552	0,062	10	0,614	236	0,656
35 Сверлильная	6,456	0,684	7,14	0,428	49	7,568	236	7,775
60 Центрошлифовальная	0,24	0,407	0,647	0,071	7	0,718	236	0,747
65 Круглошлифовальная	0,310	0,573	0,883	0,152	14	1,035	236	1,094
70 Круглошлифовальная	0,265	0,407	0,672	0,075	7	0,747	236	0,777
75 Внутришлифовальная	0,451	0,490	0,941	0,112	10	1,053	236	1,095

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.

Итого получим затраченное время: 0,750 мин – машинное; 0,481 мин – на управление станком; 1,231 мин – операционное; 0,074 мин – на удаление стружки и замену инструмента; 20 мин – на ознакомление с чертежом; 1,305 мин – штучное; 1,390 мин – на выполнение технологической операции.

### 3 Проектирование специальных средств оснащения

Для разработки системы автоматического управления процессом резания на 015 токарной операции, используем станок модели 16А20Ф3 токарный. В отличие от известного подхода при выводе условий моделирования из частных контактных задач обобщим подход путем вывода аналогичных условия подобия из уравнений краевой основной задачи теории упругости. Получим математическую модель контактной задачи при механической обработке.

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  $\sigma_{ij}$  деформации  $\varepsilon_{ij}$  ( $i, j=1,2,3$ ) и вектора перемещения  $u_i$  с модели на натуре 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.

Постановка объемной статической краевой задачи теории упругости определяется следующими системами уравнений: равновесия

Для постановки краевой задачи линейной теории упругости должны быть известны граничные условия.

$$\sigma_{ijn} \Big|_{S_\sigma} = \sigma_{io}. \quad (14)$$

На другой части поверхности  $S_u$  заданы перемещения

$$u_i \Big|_{S_u} = u_{io}. \quad (15)$$

Система уравнений этой задачи в замкнутой форме содержит уравнения равновесия, при малых деформациях, соотношения Коши, условия совместимости деформаций, уравнения закона Гука и граничные условия. Более общими граничными условиями являются контактные граничные условия:

$$\begin{aligned} \alpha_{im}^{(1)} &= \delta_{im}; \beta_{im}^{(1)} = 0; N_i^{(1)} = P_{io}; \\ \alpha_{im}^{(2)} &= 0; \beta_{im}^{(2)} = \delta_{im}; N_i^{(2)} l / E_x = u_{io}. \end{aligned} \quad (16)$$

Выполнив инвариантные преобразования, относительно линейно-однозначного соответствия  $x_n = k_x x_m$  замкнутой системы уравнений смешанной основной краевой задачи теории упругости, получим следующую систему индикаторов подобия:



$$k_p k_g kl / k_e k_\varepsilon = 1; k_u k_\varepsilon kl = 1; k_{uo} k_e kl / k_p = 1; k_p / kl^2 k_e k_\varepsilon = 1, \quad (17)$$

где  $kl = l_n / l_m$  - масштаб геометрического подобия,

$k_p$  - масштаб подобия отношения плотностей тела,

$k_g$  - масштаб подобия ускорения свободного падения.

Запишем в координатной форме первое уравнение равновесия без учета объемных сил для плоской задачи:

$$\partial \sigma_x / \partial x = -\partial \tau_{xy} / \partial y. \quad (18)$$

Введем в зависимость (3.4) масштабы подобия

$$\frac{k \sigma_x}{k_x} \frac{\partial \sigma_x}{\partial x} = -\frac{k \tau_{xy}}{k_y} \frac{\partial \tau_{xy}}{\partial y}. \quad (19)$$

Чтобы зависимость (19) была тождественная для природы и модели, необходимо принять

$$k \sigma_x / k_x = k \tau_{xy} / k_y = 1. \quad (20)$$

С учетом равенства

$$k_x = k_y = kl$$

далее

$$k \sigma_x = k \tau_{xy}, \quad (21)$$

То есть нормальные и касательные компоненты тензора напряжения моделируются в одном масштабе подобия. Равенство (21) следует также из анализа размерностей, входящих в него величин.

Выражение компонентов напряженного состояния в изотропном теле через компоненты деформации имеет вид

$$\tau_{xy} = E\varepsilon_{xy} / 2(1 + \mu). \quad (22)$$

Систему уравнений, определяющую постановку задачи механики деформируемого твердого тела, можно представить, как соотношения безразмерных величин. Число безразмерных комплексов и симплексов равно разности  $t_\pi$ , а количество безразмерных комплексов  $\pi$  равно  $t_\pi$ . 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  $t_\pi$ .

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  $\pi$  - теоремы, с целью образования безразмерных комплексов и уменьшения числа независимых параметров, используют как математические способы матричного исчисления, так и эвристические методы фракционного анализа. Лишь с помощью анализа размерностей можно эффективно рассмотреть размерности, их однородность, свойства однозначности функций и другие основные понятия, используемые при математическом описании физических процессов. Анализ размерностей позволяет установить список основных безразмерных комплексов  $\pi_i$ , 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.

Для этого служат безразмерные множители. Эти 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

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

где  $L, P, t, U, \sigma$  - физические величины: длина, сила, время, скорость, напряжение;  
К - 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: если стороны угла пересечь параллельными

прямыми, то отношение отрезков, отсеченных на одной из сторон, равно отношению соответствующих отрезков на другой стороне угла.

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.

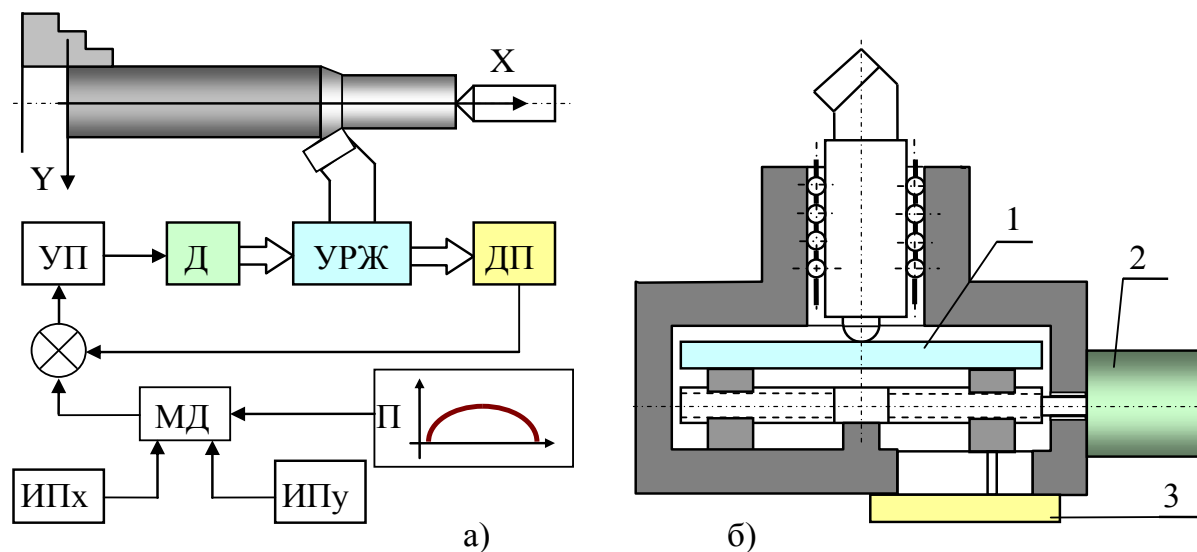
Целесообразно определить подобие физических явлений (процессов, систем, сред, тел). Таким образом, подобие физических явлений определяется, помимо геометрического подобия, также подобием соответствующих полей переменных величин. Выше показано, что между двумя физическими явлениями возможно линейное взаимно-однозначное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

$$x_n = K_x \cdot x_m, \quad (24)$$

где  $K_x$  - множитель подобного преобразования, называемый масштабом величины  $x$ .

Это соотношение определяет связь между сходственными скалярными, векторными или тензорными величинами. Обычно для природы и ее модели имеют место разные типы соответствия, различающиеся видами используемых преобразований. Необходимо учитывать основные типы соответствий, применяемых при моделировании системы автоматического управления суппортом токарного станка 16A20Ф3 на токарной операции 015. С помощью математического аппарата при обработке в реальном режиме

времени производится расчет оптимальной системы автоматического управления процессом резания (рисунок 4, а). Здесь обозначено УП – усилитель-преобразователь, Д – двигатель, УРЖ – узел регулируемой жесткости, ДП – датчик перемещения, МД – масштабный делитель, ИПх – измерительный прибор по координате х, ИПу – измерительный прибор по координате у, П – программа управления (задатчик).



1 – Упругий элемент, 2 – Двигатель, 3 – Измерительный прибор обратной связи.

Рисунок 4 – Структурная схема системы управления

Цель разработки автоматической системы управления достигнута и позволяет использование данной системы в техпроцессе.

## 4 Безопасность и экологичность технического объекта

Объектом исследования в разделе является технологический процесс изготовления корпуса цангового зажимного механизма. 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	Штамповка	Штамповщик	КГШП	Сталь 19ХГН по ГОСТу 4543-2016
Техпроцесс изготовления корпуса	Токарная операция	Оператор станков с ЧПУ	16А20Ф3 с ЧПУ, Патрон токарный ГОСТ 2575-80	Сталь 19ХГН по ГОСТу 4543-2016, СОЖ, ветошь
Техпроцесс изготовления корпуса	Сверлильная операция	Сверловщик	6906ВМФ2 с ЧПУ, СНП ГОСТ 12195-66	Сталь 19ХГН по ГОСТу 4543-2016, СОЖ, ветошь

В качестве объекта, для которого разрабатывались мероприятия по

осуществлению безопасности, экологичности и охране труда выбран технологический процесс изготовления корпуса цангового зажимного механизма. Рассматриваются три технологические операции: заготовительная, токарная и сверлильная.

## 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, точение черновое и чистовое, подрезка торца, шлифовальная, шлифование торца, круглошлифовальная, внутришлифовальная, сверлильная, сверление отверстий, зенкерование отверстий, развертка отверстий, нарезание резьбы	Подвижные части производственного оборудования; передвигающиеся изделия, заготовки; опасные и вредные производственные факторы, которые могут вызвать ожоги тканей организма человека; острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок, инструментов и оборудования; части твердых объектов; 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]
«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
Острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок, инструментов и оборудования	Удаление острых кромок и заусенцев на слесарных переходах	Перчатки
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	Спецодежда, резиновые напольные покрытия, перчатки
Динамические нагрузки, вызванные монотонностью	Соблюдение периодичности и продолжительности перерывов	



Здесь показаны профессиональные риски» [5].

#### 4.4 Обеспечение пожарной безопасности технического объекта

Таблица 12 – «Идентификация классов и опасных факторов пожара»

Участок, подразделение	Оборудование	Класс пожара	Опасные факторы при пожаре	Сопутствующие проявления факторов пожара» [5]
Участок механической обработки	16А20ФЗ.6906ВМФ2	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	Воздействие огнетушащих веществ; части изделий и иного имущества; вынос высокого напряжения на токопроводящие части

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	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 корпуса. КГШП. Токарный станок. Сверлильный станок.	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]

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.

Предложенные в подразделе меры организационного характера для исследуемого технического объекта по устранению пожарной опасности позволяют существенным образом снизить возможные риски возникновения таковой.

#### **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 цангового зажимного механизма на окружающую среду.

Таблица 15 – «Идентификация негативных экологических факторов технического объекта»

Наименование технического объекта, производственно-технологического техпроцесса	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»	16А20Ф3. 6906ВМФ2	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. Предлагаемые мероприятия позволят значительно снизить антропогенное воздействие на окружающую среду.

Для снижения негативного антропогенного воздействия технического объекта на окружающую среду предложены дополнительные и альтернативные мероприятия организационно-технического характера (таблица 16).

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 цангового зажимного механизма 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 цангового зажимного механизма. Рассматриваются три технологические операции: заготовительная, токарная и сверлильная (таблица 9).

В таблице 10 показаны производственные риски, связанные с изготовлением корпуса. Здесь приводится систематизация производственно-технологических и эксплуатационных рисков, источником которых являются оборудование – КГШП, токарно-винторезный с ЧПУ 16А20Ф3, сверлильный 6906ВМФ2; приспособления – патрон токарный ГОСТ 2675-80, СНП ГОСТ 12195-66; инструмент – резец проходной Т5К10, спиральное сверло и материалы – сталь 19ХГН 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 цангового зажимного механизма 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) продольной подачи на токарной операции 015 технологического процесса изготовления корпуса цангового зажимного механизма.

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 5.

Анализируя, представленные на рисунке 5, данные, можно сделать вывод о том, что по основным показателям технологической себестоимости достигнуто снижение в среднем на 21,4 %. Наибольшее изменение в ходе

совершенствования было получено по заработной плате основных работников, оно составило 30,4 %, это в денежном эквиваленте соответствует 1,42 рубля. Максимально влияние на величину технологической себестоимости оказывают расходы на содержание и эксплуатацию оборудования, для базового варианта эта доля составила 55,4 %, а для проектируемого – 63,3 %. Следующая величина, это заработная плата основных рабочих, доля которой в базовом варианте составляет – 34,3 %, а в проектном – 28,2 %.

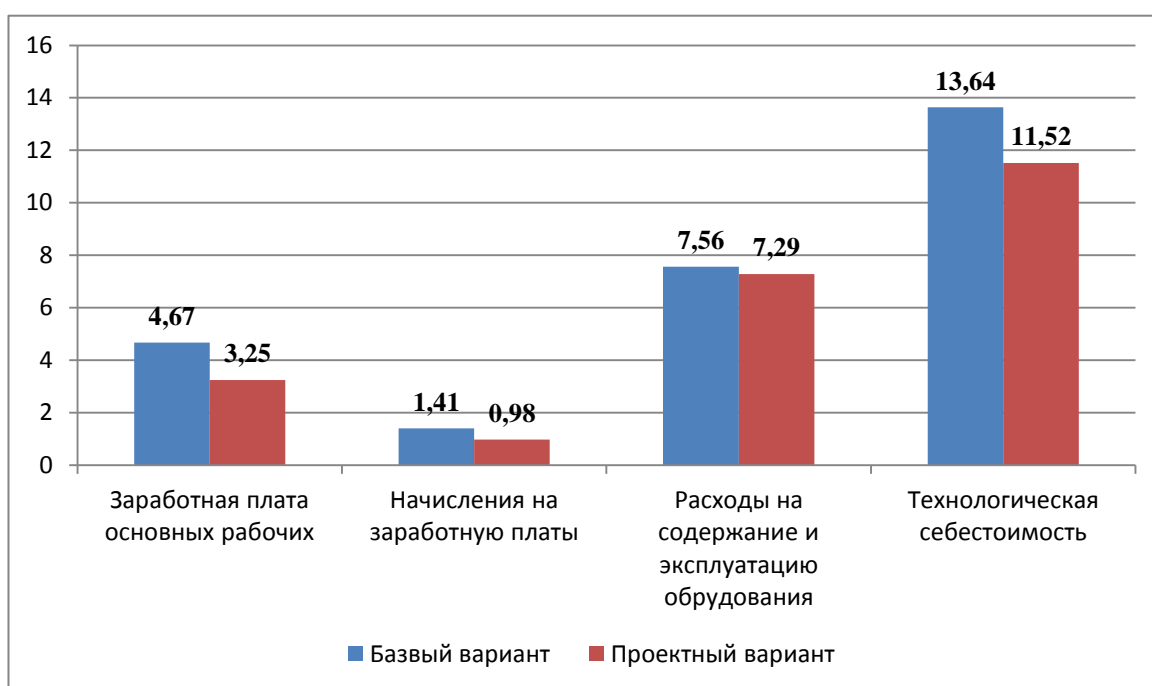


Рисунок 5 – Расчет технологической себестоимости, руб.

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 6.

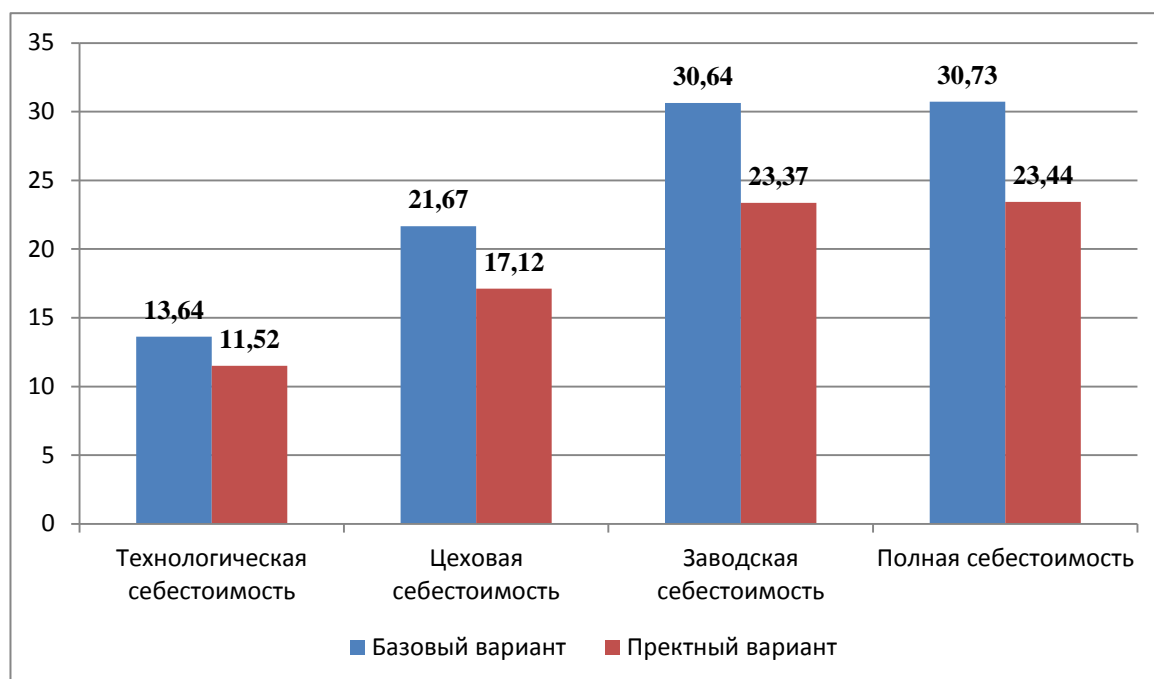


Рисунок 6 – Калькуляция себестоимости, руб.

Как видно из рисунка 6, 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 15,5 % меньше базового значения, цеховая себестоимость проектного варианта уже на 21 % меньше базового варианта, изменения по заводской себестоимости составили еще больше – 23,7 %, а полная себестоимость по изменениям не отличается от изменений заводской себестоимости и составляет столько же 23,7 %.

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 63598,72 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 7813,53 рублей. Если величина этого показателя положительная, то проект можно считать эффективным. И третий – индекс доходности, со значением 1,12 руб./руб. Данное значение показывает, сколько предприятие получит прибыли, на каждый вложенный рубль, то есть, вложив 1 рубль предприятие получить 1,12 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 с минимальными затратами на ее обработку.
- Усовершенствован технологический процесс изготовления корпуса с помощью патентных исследований и с помощью использования современных методов технического творчества.
- Спроектированы специальные средства оснащения, используемые в технологическом процессе для увеличения степени автоматизации обработки на технологических операциях.
- Проведены мероприятия по обеспечению безопасности и охране труда.
- Полностью доказана целесообразность технологического процесса с помощью экономического расчета.

## 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. Сулов 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. Bozina P. Vorrichtungen im Werkzeugmaschinenbau: Grundlagen, Berechnung und Konstruktion. Springer Berlin Heidelberg, 2013. 245 p. - ISBN3642327060, 9783642327063.
21. Bryant M.D. Entropy and dissipative processes of friction and wear – FME Transactions, 2009. № 37(2) – pp.55–60.
22. 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.

23. Davim J.P. Modern Machining Technology. A practice guide Woodhead Publishing, 2011. 412 p.
24. 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.
25. Nee A. Y. C. Handbook of Manufacturing Engineering and Technology / A. Y. C. Nee. – London : Springer Reference, 2015. 3491 p.
26. 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.
27. 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.	Курацевич															
Пров.	Гуляев															
ТГУ																
Н. Контр.	Гуляев															
Корпус																
M01 Сталь 19ХГН ГОСТ 4543-71																
	Код	ЕВ	МД	ЕН	Н.расх.	КИМ	Код.загот.	Профиль и размеры	КД	МЗ						
M02	-	166	4,55		0,70	41211XXX		∅140,2x144,5	1	6,5						
А	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	ИОТИ	37.101.7034-93	2	15929	411	1P	1	1	1	236	1	17
02Б	391148XXX			16A20Ф3												
03																
04А	XXXXXX	010	4110	Токарная	ИОТИ	37.101.7034-93										
05Б	391148XXX			16A20Ф3			2	15929	411	1P	1	1	1	236	1	20
06																
07А	XXXXXX	015	4110	Токарная	ИОТИ	37.101.7034-93										
08Б	391148XXX			16A20Ф3			2	15929	411	1P	1	1	1	236	1	20
09																
10А	XXXXXX	020	4110	Токарная	ИОТИ	37.101.7034-93										
11Б	391148XXX			16A20Ф3			2	15929	411	1P	1	1	1	236	1	23
12																
13А	XXXXXX	025	4131	Шлифовальная	ИОТИ	37.101.7419-85										
14Б	38132XXX			3Б153Т			2	18873	411	1P	1	1	1	236	1	14
МК																

Продолжение приложения А

ГОСТ 3.1118-82 Форма 1

Дубл. Взам. Побп.																											
																								Обозначение документа			
																								А	цех	Уч.	РМ
Б	Код, наименование оборудования																										
01А	XXXXXX	030	4132	Шлифовальная	ИОТ И 37.101.7419-85																						
02Б	38132XXX			3К227В		2	18873	411	1Р	1	1	1	1	236	1	10		0,614									
03																											
04А	XXXXXX	035	4121	Сверлильная	ИОТ И 37.101.71111-89																						
05Б	391213XXX			2Р135Ф2-1		2	17335	411	1Р	1	1	1	1	236	1	49		7,568									
06																											
07А	XXXXXX	040	0190	Слесарная																							
08Б	XXXXXX			4407																							
09																											
10А	XXXXXX	045	0100	Моечная																							
11Б	XXXXXX			КММ																							
12																											
13А	XXXXXX	050	0200	Контрольная																							
14																											
15А	XXXXXX	055	0511	Термическая																							
16																											
17А	XXXXXX	060	4130	Шлифовальная	ИОТ И 37.101.7419-85																						
18Б	38132XXX			3925		2	18873	411	1Р	1	1	1	1	236	1	7		0,718									
МК																											

Продолжение приложения А

ГОСТ 3.1118-82 Форма 1

Дубл.	Взам.	Подп.																
А		цех	Уч.	РМ	Опер.	Код, наименование операции				Обозначение документа								
Б		Код, наименование оборудования			СМ	Проф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Кшт	Тпз.	Тшт.			
01А	XXXXXX	065	4131	Шлифовальная	ИОТ И 37.101.7419-85	2	18873	411	1Р	1	1	1	236	1	14	1,035		
02Б	38132XXX			3Б153Т		2	18873	411	1Р	1	1	1	236	1	14	1,035		
03																		
04А	XXXXXX	070	4131	Шлифовальная	ИОТ И 37.101.7419-85	2	18873	411	1Р	1	1	1	236	1	7	0,747		
05Б	38132XXX			3Б153Т		2	18873	411	1Р	1	1	1	236	1	7	0,747		
06																		
07А	XXXXXX	075	4132	Шлифовальная	ИОТ И 37.101.7419-85	2	18873	411	1Р	1	1	1	236	1	10	1,053		
08Б	38132XXX			3К227В		2	18873	411	1Р	1	1	1	236	1	10	1,053		
09																		
10А	XXXXXX	080	0100	Моечная														
11Б	XXXXXX			КММ														
12																		
13А	XXXXXX	085	0200	Контрольная														
14																		
15																		
16																		
17																		
18																		
																	МК	



## Приложение Б

### Операционные карты

ГОСТ 3.1404-86 Форма 3

Дубл.																					
Взам.																					
Любл.																					
Разраб.	Кулрацевич																				
Пров.	Гуляев	ТГУ																			
Н. Контр.	Гуляев	Корпус																			
Наименование операции	Материал	твердость	ЕВ	МД	Профиль и размеры															МЗ	КСИД
4110 Токарная	Сталь 19ХГН	220 НВ	166	4,55	Ø140, 2x144, 5															6,5	1
Оборудование, устройство ЧПУ	Обозначение программы	To	Te	Tnз	СОЖ															Укринол-1	
16A20Ф3	XXXXXX	1,210	0,425	23																	
		PM	Д или В	L	t	i	s	n	v												
01					MM	MM	MM	MM/об	об/мин	М/мин											
002	1. Установить и снять заготовку																				
T03	396111XXX- патрон 3-х кулачковый																				
004	2. Точить поверхн., выдерж. разм. 1-3																				
T05	392110XXX- резец-вставка 25x25 ОСТ 2.И. 10.1-83 Т5К10; 393120XXX- шаблон ГОСТ 9038-83;																				
T06	393120XXX- калибр-скоба ГОСТ 2216-84																				
P07		XX	135	61	0,4	1	0,25	500	211,9												
008	3. Расточить канавку, выдерж. разм. 4-6																				
T09	392110XXX- резец-вставка канавочный 25x25 ОСТ 2.И. 10.1-83 Т5К10; 393120XXX- шаблон ГОСТ 9038-83;																				
P10		XX	82	7	1,4	1	0,15	500	128,7												
011	4. Расточить отв., выдерж. разм. 7-12																				
T12	392110XXX- резец-вставка канавочный 25x25 ОСТ 2.И. 10.1-83 Т5К10; 393120XXX- шаблон ГОСТ 9038-83;																				
ОКП																					

Продолжение приложения Б

ГОСТ 3.1404-86 Форма 2а

Р	Дубл.	Взам.	Подп.	D или B	L	t	i	S	n	V	мм/об	
											мм	мм
01												
T02	393120XXX- калибр-пробка ГОСТ 14807-69											
P03				82,1	1,25	1,25	1	0,15	800	206,2		
P04				82,1	12,0	0,40	1	0,25	800	206,2		
P05				68,0	34,0	0,40	1	0,25	800	170,8		
P06				68,0	34,0	0,40	1	0,15	800	170,8		
07												
08												
09												
10												
11												
12												
13												
14												
15												
16												
17												
11												
19												
ОКП												

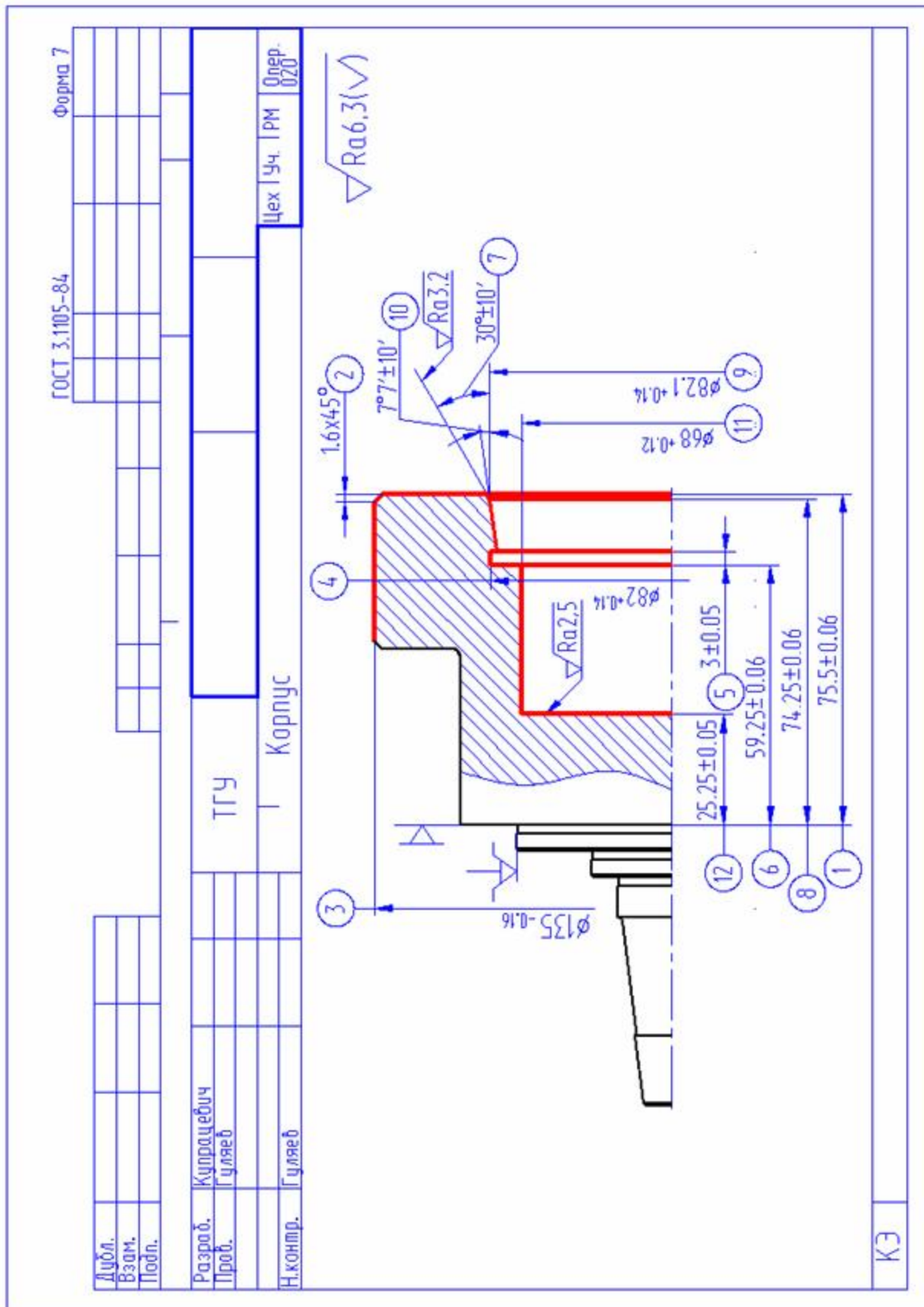
Продолжение приложения Б

ГОСТ 3.1404-86 Форма 3

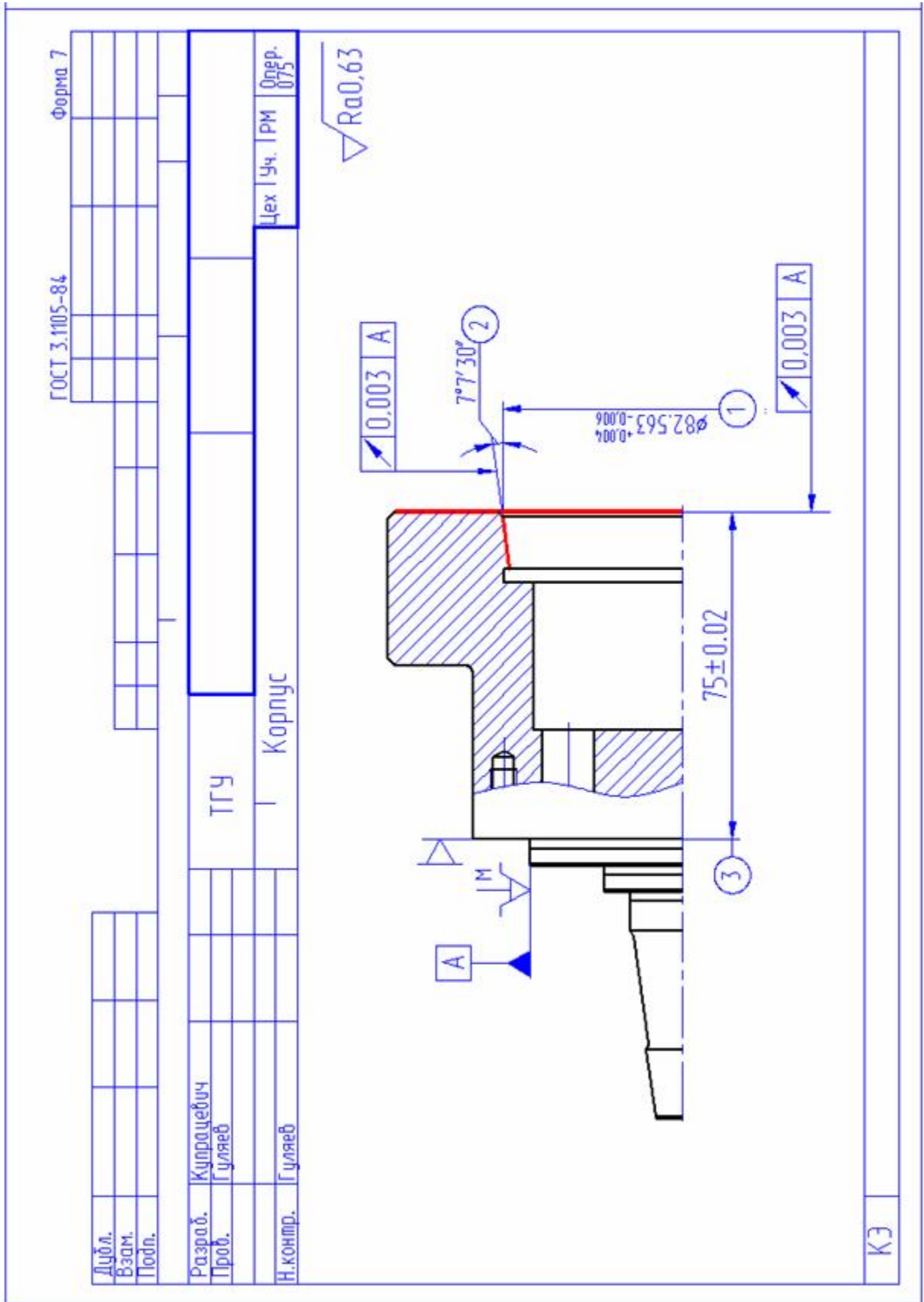
Дубл.																				
Взам.																				
Подп.																				
Разраб.	Купрацевич		ТГУ			Шпindel														
Пров.	Гуляев																			
Н. Контр.	Гуляев																			
Наименование операции		Материал		твердость		ЕВ		МД		Профиль и размеры					МЗ		КОИД			
4132 Шлифовальная		Сталь 19ХГН		220 НВ		166		4,55		Ø140,2x144,5					6,5		1			
Оборудование, устройство ЧПУ		Обозначение программы		То		Те		Тпз		Тшт					СОЖ					
3К227В		XXXXXX		0,451		0,490		10		1,053					Укринол-1					
P	ПИ		D или B		L		t		i		S					n		V		
01	MM		MM		MM		MM		MM/ХОД					об/мин		м/мин				
O02	1. Установить и снять заготовку																			
T03	396111XXX- патрон мембранный																			
O04	2. Шлифовать отв., выдерж. разм. 1-2																			
T05	391810XXX- 391810XXX- шлифовальный круг ПВ 50x25x12 91A16HCT16K7K26 ГОСТ 2424-83; 393120XXX- калибр-пробка																			
T06	393126XXX- приспособление мерительное с индикатором																			
P00	XX		82,56		12,1		0,08		1		0,003					173		45		
O08	3. Шлифовать торец, выдерж. разм. 3																			
T09	391810XXX- шлифовальный круг ЧК 60x25x18 91A16HCT16K7 ГОСТ 2424-83; 393120XXX- шаблон ГОСТ 9038-83;																			
T10	393126XXX- приспособление мерительное с индикатором																			
P11	XX		135/82		26,5		0,08		1		0,005					106		45		
12																				
OKП																				

# Приложение В

## Карта эскизов



Продолжение приложения В



КЭ