

Аннотация

Технологический процесс изготовления обоймы-кулачка центра «Формула-Станок». Бакалаврская работа. Тольятти. Тольяттинский государственный университет, 2020.

Основными направлениями совершенствования в работе является создание алгоритмов автоматического проектирования процессов обработки отдельных поверхностей деталей с назначением режима резания. А также совершенствование алгоритмов построения технологического процесса в целом на базе принципов групповой технологии, типовых технологий обработки групп деталей, алгоритмов самообучения. В работе разработана система автоматического управления процессом резания на токарной 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.

Проведенный анализ показал технологичность детали, что дает возможность ее обработки. Рассмотрена возможность обработки материала, из которого выполнена заготовка. Соответствующим образом выбрано оборудование и инструмент для обеспечения качества механической обработки.

Пояснительная записка состоит из 58 страниц, графическая часть содержит семь листов А1 формата.

Abstract

The technological manufacturing process of the clip-cam in the center «Formula-Stanok». The bachelor thesis. Togliatti. Togliatti State University, 2020.

The main areas of improvement in the work are the creation of algorithms for computer-aided design of the processing process, the processing of different part surfaces with the assignment of cutting modes according to the technical requirements, as well as the improving of algorithms for building of the technological process in general. It is made basing on the principles of group technology, typical technologies for processing part groups and self-learning algorithms. The system for automatic management of the cutting process on the turning operation has been developed in this work. For the purpose the mathematical models connecting the parameters and modes of cutting with each other were shown. Based on this the structural and the functional schemes of the designed system were constructed.

The analysis has shown the manufacturability of the part that makes it possible to process it. The possibility of material processing was considered from which the work piece had been made. The appropriate equipment and tools were chosen for quality assurance of the mechanical processing.

The explanatory note consists of 58 pages. It includes 16 tables and 6 illustrations. The graphical part contains 7 sheets of A1 size.

Содержание

Введение.....	5
1 Анализ исходных данных.....	7
1.1 Служебное назначение детали.....	7
1.2 Задачи работы.....	11
2 Разработка технологической части работы.....	12
2.1 Проектирование заготовки.....	12
2.2 Проектирование технологических операций.....	22
3 Проектирование специальных средств оснащения.....	28
4 Безопасность и экологичность технического объекта.....	34
4.1 Конструктивно-технологическая и организационно-техническая характеристики рассматриваемого технического объекта.....	34
4.2 Идентификация профессиональных рисков.....	35
4.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков.....	36
4.4 Обеспечение пожарной безопасности технического объекта.....	37
4.5 Обеспечение экологической безопасности технического объекта.....	39
4.6 Заключение по разделу.....	41
5 Экономическая эффективность работы.....	42
Заключение.....	46
Список используемых источников.....	47
Приложение А. Маршрутная карта технологического процесса.....	50
Приложение Б. Операционные карты.....	53
Приложение В. Карта эскизов.....	56

Введение

Наиболее важным вопросом в машиностроении является автоматизация технологической подготовки производства. Такие системы чаще всего представляют собой интерактивную базу данных, их целью является автоматизация процесса создания технологической документации в виде маршрутных и операционных карт, карт контроля, ведомостей оснастки. В связи с отсутствием формализованного описания процесса проектирования технологий обработки, а также его многовариантностью и существенной зависимостью конкретного производства от оборудования, такие системы строятся по принципу самообучающихся систем.

Основными направлениями совершенствования являются создание алгоритмов автоматического проектирования процессов обработки отдельных поверхностей деталей с назначением режима резания, а также совершенствование алгоритмов построения технологического процесса в целом на базе принципов групповой технологии, типовых технологий обработки групп деталей, алгоритмов самообучения.

На этапе эксплуатации изделия важнейшим требованием современного рынка является его сопровождение комплектом электронной документации на различных носителях, преимущественно CD-ROM, обеспечивающей не только полное электронное описание продукта, но и упрощающей все техническое обслуживание и даже ремонт. Отмечается, что отсутствие такого сопровождения наукоемкой продукции делает ее неконкурентоспособной на рынке. В предлагаемой 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. 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 обоймы-кулачка и приведение его к оптимальному варианту. В ходе этой цели нужно сделать следующее:

- спроектировать заготовку, наименее затратную в изготовлении, с наибольшим коэффициентом использования материала;
- усовершенствовать технологический процесс обработки с помощью патентных исследований и методами технического творчества;
- спроектировать специальные средства оснащения, используемые в технологическом процессе;
- предложить необходимые мероприятия по безопасности и охране труда;
- показать экономическая эффективность предлагаемого технологического процесса.

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.

С помощью штифта 3 производится фиксация и упор в торец обоймы-кулачка 1 на валу 2. С помощью штифта 5 производится фиксация ступицы 4, которая установлена на обойме-кулачке 1. Болтами 8 крепится фланец 7, который установлен на шпонке 6 с торца. На оси 10 устанавливается ролик 9, который упирается в профиль обоймы-кулачка.

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

В качестве материала для изготовления обоймы-кулачка выбираем сталь 40Х по ГОСТу 4543. Она обычно выбирается при изготовлении деталей небольшого размера. Сталь качественная конструкционная низколегированная хромистая. Одним из существенных недостатков можно отнести отпускную хрупкость.

Основные характеристики материала заготовки для изготовления обоймы-кулачка приведены в таблице 1 и таблице 2.

Таблица 1 – Состав материала

Название элемента	Углерод	Никель	Медь	Фосфор	Сера	Кремний	Магний	Хром
		Не более						
Содержание	0.36-0,44	0.25	0,3	0.035	0.035	0.17-0.37	0.5-0.8	0.8-1.2

Таблица 2 – Свойства материала

Параметры	Диаметр, мм	σ_T , МПа	σ_B , МПа	δ_5 , %	ψ , %	КСУ, Дж/см ²	НВ не более
Прокат	25-55	940	800	13	55	85	217
Поковка	до 100	345	590	18	45	59	217

Анализ технологичности детали.

Необходимо провести классификацию поверхностей обоймы-кулачка, так как важно выявить все поверхности, которые влияют на выполнение обоймой-кулачком своего служебного назначения (рисунок 2).

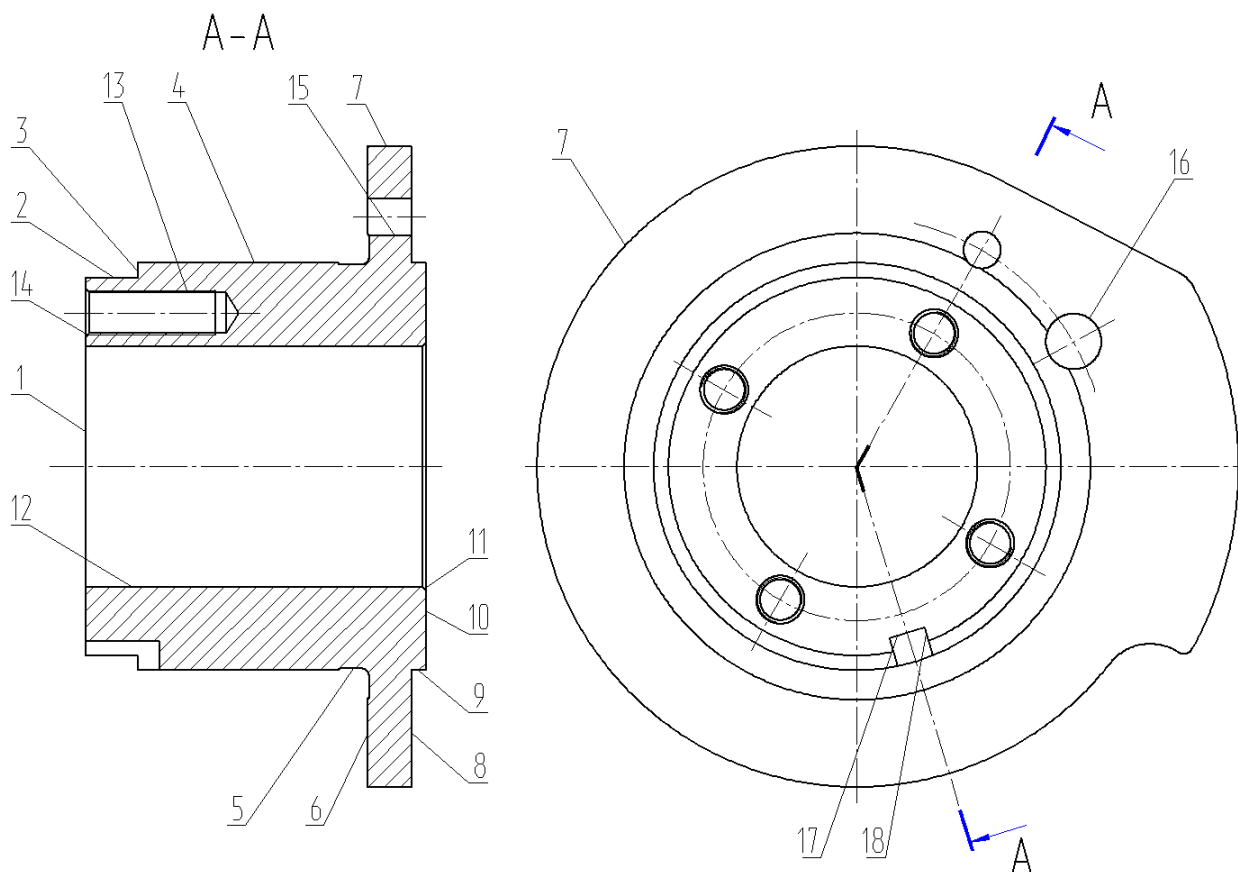


Рисунок 2 – Систематизация поверхностей обоймы-кулачка

Определим номера поверхностей и обозначим их служебное назначение. Только свободные поверхности оформляют деталь конструктивно, поэтому необходимо указать основные, вспомогательные

конструкторские базы и исполнительные поверхности, к которым предъявляются повышенные требования.

- ОКБ: 10, 12;
- ВКБ: 1, 2, 4, 6, 13, 17;
- ИП: 7, 15, 16, 18;
- СП: все остальные.

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

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

Основным преимуществом заготовки для обоймы-кулачка является простота ее геометрической формы, поэтому предоставляется возможность формирования без последующей обработки 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. Обеспечение свободного подхода инструмента осуществляется наличием фасок, которые расположены на поверхностях простого профиля.

Поверхности правого или левого конца обоймы-кулачка возможно обрабатывать на одном установе, как одним инструментом, так несколькими инструментами одновременно.

В результате проведенного анализа можно утверждать, что деталь обойма-кулачок технологична.

1.2 Задачи работы

После комплексного анализа можно сформулировать задачи работы:

- Проектирование заготовки и расчет припусков.
- Разработка технологического процесса изготовления обоймы-кулачка для механизма перемещения рабочего стола фрезерного станка.
- Проектирование специальных средств оснащения.
- Разработка мероприятий по охране и безопасности труда.
- Определение экономического эффекта.

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

2 Разработка технологической части работы

2.1 Проектирование заготовки

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

При массе обоймы-кулачка, которая составляет 5,59 кг. и годовой программе выпуска 5000 деталей определим тип производства как среднесерийное. Для такого среднесерийного типа производства форму организации технологического процесса определяем, как поточную или переменнo-поточную. Учитывая такие исходные данные, в технологическом процессе будем использовать универсальное и специальное оборудование.

Выбор метода получения заготовки.

Проведенный анализ в первом разделе показал, что, учитывая специфику конструкции обоймы-кулачка и материал, можно получить поковкой, штамповкой или с помощью проката.

Проведем соответствующие расчеты для выбора заготовки.

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

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

где $M_{д}$ – масса детали, кг;

K_p равен 1,6.

$$M_{шт} = 5,59 \cdot 1,6 = 8,94 \text{ кг.}$$

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

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

где V – объем заготовки, мм³;

γ – плотность материала заготовки, кг/мм³.

Размеры заготовки при прокате будем определять по формулам:

$$d_{\text{ПР}} = d_{\text{Д}}^{\text{max}} \cdot 1.05, \quad (3)$$

где $d_{\text{Д}}^{\text{max}}$ – максимальный диаметр заготовки равный 189.5 мм.

Тогда

$$d_{\text{ПР}} = 189,5 \cdot 1,05 = 199 \text{ мм}$$

Принимаем $d_{\text{Д}}^{\text{max}}$ равным 199 мм.

$$l_{\text{ПР}} = l_{\text{Д}}^{\text{max}} \cdot 1.05, \quad (4)$$

где $l_{\text{Д}}^{\text{max}}$ – максимальный линейный размер заготовки равный 92 мм.

Тогда

$$l_{\text{ПР}} = 92 \cdot 1,05 = 96,6 \text{ мм}$$

Принимаем $l_{\text{Д}}^{\text{max}}$ равным 96.6 мм.

Тогда:

$$V = \frac{\pi}{4} \cdot d_{\text{ПР}}^2 \cdot l_{\text{ПР}}. \quad (5)$$

$$V = \frac{3,14}{4} \cdot 199^2 \cdot 96,6 = 3033240 \text{ мм}^3$$

Масса заготовки из проката будет

$$M_{\text{ПР}} = 3033240 \cdot 7,85 \cdot 10^{-6} = 23,81 \text{ кг}$$

Принимаем прокат.

Оптимальный метод получения заготовки будем определять по минимальной себестоимости:

$$C_D = C_3 + C_{MO} - C_{ОТХ}, \quad (6)$$

где стоимость C_3 – заготовки;

C_{MO} – механической обработки;

$C_{ОТХ}$ – стружки.

При штамповке стоимость заготовки определяем по формуле:

$$C_3 = C_B \cdot M_{Ш} \cdot K_T \cdot K_{СЛ} \cdot K_B \cdot K_M \cdot K_{П}, \quad (7)$$

где C_B – цена 1 кг заготовки, руб./кг;

$M_{Ш}$ – масса заготовки, кг;

Коэффициенты, которые учитывают:

K_T – точность;

$K_{СЛ}$ – сложность;

K_B – массу;

K_M – материал;

$K_{П}$ – серийность.

Примем согласно [11] C_B равным 11,20 руб./кг, K_T равным 1,0, $K_{СЛ}$ равным 1,0, K_B равным 0,89, K_M равным 1,18 и $K_{П}$ равным 1,0

Тогда

$$C_3 = 11,20 \cdot 8,94 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 0,89 \cdot 1,18 \cdot 1,0 = 105,15 \text{ руб.}$$

Определим стоимость по формуле:

$$C_{MO} = (M_{Ш} - M_D) \cdot C_{ВД} \quad (8)$$

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

Удельные затраты:

$$C_{уд} = C_c + E_H \cdot C_K. \quad (9)$$

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

$$C_{МО} = (8,94 - 5,59) \cdot (14,8 + 0,16 \cdot 32,5) = 67 \text{ руб.}$$

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

$$C_{отх} = (M_{ш} - M_d) \cdot C_{отх} \quad (10)$$

$C_{отх}$ равна 0,35 руб./кг. Тогда

$$C_{отх} = (8,94 - 5,59) \cdot 0,35 = 1,17 \text{ руб.}$$

Получим:

$$C_d = 105,5 + 67 - 1,17 = 170,98 \text{ руб.}$$

Тогда стоимость заготовки из проката будет:

$$C_{лп} = C_{мп} \cdot M_{лп} + C_{оз}, \quad (11)$$

где $C_{мп}$ – стоимость 1 кг материала примем равным 13,5 руб./кг;

$C_{оз}$ – отрезка, руб.

$$C_{оз} = \frac{C_{пз} \cdot T_{шт}}{60}, \quad (12)$$

где $C_{пз}$ – рабочие затраты 30,2 руб./ч.

$T_{шт}$ определяется по формуле:

$$T_{шт} = T_0 \cdot \varphi_K, \quad (13)$$

где T_0 – машинное время, мин;

φ_K – коэффициент, учитывающий оснастку.

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

$$T_0 = 0.19 \cdot d_{шп}^2 \cdot 10^{-3} \quad (14)$$

Тогда окончательно получим:

$$T_0 = 0.19 \cdot 199^2 \cdot 10^{-3} = 7,60 \text{ мин};$$

$$T_{шт} = 7,60 \cdot 1.5 = 11,40 \text{ мин};$$

$$C_{оз} = \frac{30,2 \cdot 11,40}{60} = 5,74 \text{ руб.};$$

$$C_{шп} = 13,5 \cdot 23,81 + 5,74 = 327,17 \text{ руб.};$$

$$C_{мо} = (23,81 - 5,59) \cdot (14,8 + 0,16 \cdot 32,5) = 364,40 \text{ руб.};$$

$$C_{отх} = (23,81 - 5,59) \cdot 0,35 = 6,38 \text{ руб.}$$

Тогда $C_d = C_3 + C_{мо} - C_{отх} = 685,19 \text{ руб.}$

Сравним варианты исходных заготовок. Для этого определим

$$K_{им} = \frac{M_d}{M_3} \quad (15)$$

Штамповка:

$$K_{им} = \frac{5,59}{8,94} = 0,62.$$

Прокат:

$$K_{им} = \frac{5,59}{23,81} = 0,23.$$

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

Определим годовой экономический эффект по формуле:

$$\mathcal{E}_Г = (C_{Дпр} - C_{Дш}) \cdot N_Г \quad (16)$$

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

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

Тогда $\mathcal{E}_Г = (685.19 - 170.98) \cdot 5000 = 2076050$ руб.

Выбор методов обработки.

Проведенный расчет показал технологичность обоймы-кулачка, 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. Пользуясь расчетами и справочными данными, заполним таблицу 3.

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

Таблица 3 – Методы обработки

Поверхность	Операционные размеры, мм		Технологический маршрут	Ra, мкм	HВ
	диаметр	длина			
1	102/65	18,5	T(13)-T _ч (10)-ТО	6,3	220
2	102f7	14	T(13)-T _ч (10)-ТО-Ш(8)-Ш _ч (7)	1,25	220
3	110/102	4	T(13)-T _ч (10)-ТО	6,3	220
4	112f7	14	T(13)-T _ч (10)-ТО-Ш(8)-Ш _ч (7)	1,25	220
5	8×0,5	8	T _ч (10)-ТО	6,3	220
6	206/110	48	T(13)-T _ч (10)-ТО-Ш(9)-Ш _ч (8)	1,25	220
7	173/103	12	Φ(13)-Φ _ч (10)-ТО-Ш _ч (8)-П(8)	0,63	60 HRC

Продолжение таблицы 3

Поверхность	Операционные размеры, мм		Технологический маршрут	Ra, мкм	НВ
	диаметр	длина			
8	206/110	48	T(13)-T _ч (10)-ТО	6,3	220
9	110	4	T(13)-T _ч (10)-ТО	6,3	220
10	110/65	22,5	T(13)-T _ч (10)-ТО	6,3	220
11	1×45°	1	P _ч (10)-ТО	6,3	220
12	65H7	92	C(14)-P(13)-P _ч (10)-Ш(8)-ТО-Ш _ч (7)	2,5	220
13	M12	38	C(13)-Рез(7H)-ТО	6,3	220
14	1×45°	1	C(13)-ТО	6,3	220
15	10H7	12	C(13)-3(10)-Pаз(8)-ТО-Ш _ч (7)	1,25	220
16	15H7	12	C(13)-3(10)-Pаз(8)-ТО-Ш _ч (7)	1,25	220
17	10	20	Φ(13)-ТО	6,3	220
18	8	20	Φ(13)-ТО	6,3	220

Проектирование заготовки.

Рассчитаем припуски на диаметральный размер 110f7 мм и данные внесем в таблицу 4 и таблицу 5, где укажем все технологические требования для обработки на технологических операциях.

Таблица 4 – Припуски

Переход		Припуск			Допуск Td/IT	Предельные размеры		Предельные припуски	
		Rz ⁱ⁻¹	ρ ⁱ⁻¹	ε _{уст} ⁱ⁻¹		d ⁱ _{max}	d ⁱ _{min}	2Z _{max}	2Z _{min}
1	Штамповать	0.160	1.025	-	2.8	116.47	113.67	-	-
					T3	7	7		
2	Точить начерно	0.050	0.062	0.440	0.540	111.26	110.72	5.211	2.951
					13	6	6		
3	Точить начисто	0.025	0.041	0.100	0.140	110.43	110.29	0.835	0.435
					h10	1	1		
4	Шлифовать начисто	0.010	0.021	0.050	0.054	110.11	110.06	0.315	0.229
					h8	6	2		
5	Шлифовать начисто	0.005	0.010	0.030	0.035	109.96	109.92	0.152	0.133
					f7	4	9		

Таблица 5 – Припуски

Операция	Переход	Припуск Z, мм	Поверхности
005	Точение	1,4	3, 4-6
010	Точение	1,1	1, 2
015	Точение	1,1	3-6
020	Точение	0,35	1, 2, 7
025	Шлифование	0,35	12
030	Шлифование	0,10	2, 4, 6
065	Шлифование	0,10	12
070	Шлифование	0,05	2, 4, 6
075	Шлифование	0,05	7, 15, 16

Принимаем следующие параметры для заготовки: оборудование - КГШП; индукционный нагрев; класс Т3; группа М2; степень С3; конфигурация П, индекс 13.

При расчете суммы объемов цилиндрических элементов заготовки получим:

$$V = 1174812 \text{ мм}^3$$

Тогда масса штамповки равна:

$$M_{ш} = 9,21 \text{ кг};$$

$$K_{шм} = \frac{5,59}{9,21} = 0,60$$

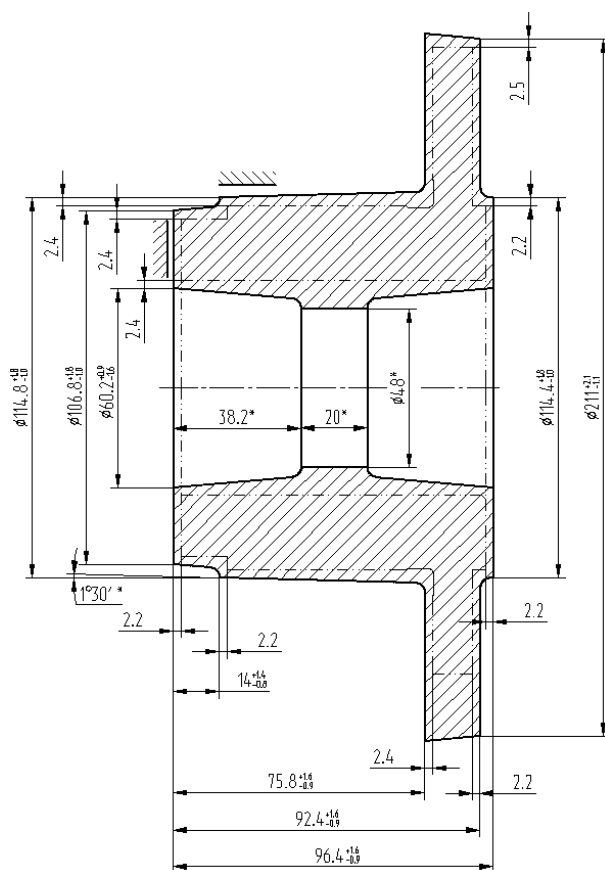


Рисунок 3 – Эскиз заготовки

Разработка технологического маршрута.

В качестве баз при сверлении и фрезеровании выбираем торец – поверхность 1 и отверстие – поверхность 12. В качестве базы для центровки торца – поверхность 10 выбираем отверстие – поверхность 15. Поверхность 4 и торец – поверхность 1 выбираем в качестве баз при обработке на координатно-шлифовальной операции. Отверстие – поверхность 12 и торец – поверхность 10 выбираем в качестве баз при обработке на внутришлифовальной операции.

Рассчитанные припуски на диаметральный размер 110f7 мм позволяют указать все технологические требования для обработки на технологических операциях.

Таблица 6 – Выбор оборудования и инструмента

№	Операция	Оборудование	Технологическая оснастка		
			приспособление	инструмент	Контрольно-измерительные средства
005 010	Токарная	SAMAT 135 NC	Патрон токарный ГОСТ 2675- 80	Проходной резец. Пластина T15K6 ОСТ 2И.101-83. Расточной резец.	Калибр-скоба ГОСТ 18355-73. Шаблон ГОСТ 2534-79.
015 020	Токарная	SAMAT 135 NC	Патрон токарный ГОСТ 2675- 80	Проходной резец. Пластина ромбическая T15K6 ОСТ 2И.101-83. Расточной резец.	Калибр-скоба ГОСТ 18355-73. Шаблон ГОСТ 2534-79. Калибр-пробка ГОСТ14827-69.
025	Внутриш лифоваль ная	3K227B	Патрон цанговый ГОСТ 17200- 71	Шлифовальный круг ГОСТ Р 52781-2007.	Калибр-пробка ГОСТ 14807-69. Мерительное приспособление с индикатором.
030	Кругло- шлифоваль ная	3T153F1			
035	Фрезерная	СТЦ 50 (S500) с ЧПУ	Специальное приспособление ГОСТ 12195-66. Поворотный стол.	Концевая фреза ГОСТ 17026-71. Центровочное сверло ГОСТ 14952-75. Спиральное сверло ГОСТ 10903-77. Зенкер с коническим хвостовиком ГОСТ 12489-71. Машинная развертка ГОСТ 1672-80.	Шаблон ГОСТ 2534-79. Калибр-пробка ГОСТ14827-69.
040				Ступенчатое специальное сверло ОСТ 2И21-2-76. Машинный метчик ГОСТ 3266-81. Шпоночная фреза ГОСТ 9140-78.	
045	Слесарная	Электрохимический станок 4407			

Продолжение таблицы 6

№	Операция	Оборудование	Технологическая оснастка		
			приспособление	инструмент	Контрольно-измерительные средства
050 085	Моечная	Камерная моечная машина			
065	Внутришлифовальная	3К227В	Патрон мембранный ОСТ 3-3443-76.	Шлифовальный круг ГОСТ Р 52781-2007.	Калибр-пробка ГОСТ 14807-69. Мерительное приспособление с индикатором.
070	Круглошлифовальная	3Т153Ф1	Патрон цанговый ГОСТ 17200-71.		Шаблон ГОСТ 2534-79. Калибр-скоба ГОСТ 18355-73. Приспособление мерительное с индикатором.
075	Координатно-шлифовальная	Аэрошлиф 400	Специальное приспособление ГОСТ 12195-66.		Калибр-пробка ГОСТ 14807-69. Шаблон ГОСТ 2534-79. Приспособление мерительное с индикатором.
080	Полировальная	3В854	Патрон ГОСТ 2675-80.	Лента полировальная	Микроинтерферометр МИИ-6

2.2 Проектирование технологических операций

Расчет режимов на токарную операцию 010.

Обточить поверхности, выдержать размеры согласно рабочему чертежу.

Инструмент выбираем в таблице 6.

Выбираем станок модели SAMAT 135 NC токарный.

Припуск равен 2 мм.

Задаем величину перемещения инструмента за один оборот заготовки равной 0,5 мм/об.

Определяем скорость резания:

$$V = \frac{C_U}{T^m \cdot t^x \cdot S^y} \cdot K_U, \quad (17)$$

где выберем базовую величину C_U равную 350;

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 0,83.

Тогда

$$V = \frac{350}{60^{0,2} \cdot 2^{0,15} \cdot 0,5^{0,2}} \cdot 0,83 = 146 \text{ м/мин.}$$

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

Тогда при точении поверхности диаметром 103,4 мм:

$$n_1 = \frac{1000 \cdot 146}{3,14 \cdot 103,4} = 450 \text{ мин}^{-1}.$$

При точении поверхности диаметром 111,4 мм:

$$n_2 = \frac{1000 \cdot 146}{3,14 \cdot 111,4} = 420 \text{ мин}^{-1}.$$

При точении поверхности диаметром 208 мм:

$$n_3 = \frac{1000 \cdot 146}{3,14 \cdot 208} = 220 \text{ мин}^{-1}.$$

Определим составляющие силы резания по формуле:

$$P_Z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p, \quad (19)$$

где C_p – коэффициент обработки равный 300 [17];

x, y, n – табличные значения соответственно равные 1,0, 0,75, 0,15;
 K_p – коэффициент коррекции.

$$K_p = K_{MP} \cdot K_{\phi P} \cdot K_{\gamma P} \cdot K_{\lambda P} \cdot K_{rP} \quad (20)$$

где $K_{MP}, K_{\phi P}, K_{\gamma P}, K_{\lambda P}$ и K_{rP} равны 0,83, 0,89, 1,0, 1,0 и 1,0.

Тогда

$$P_z = 10 \cdot 300 \cdot 2^{1,0} \cdot 0,5^{0,75} \cdot 146^{-0,15} \cdot 0,83 \cdot 0,89 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 1250 \text{ Н.}$$

Определим требуемую мощность по формуле:

$$N = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60} \quad (21)$$

Тогда

$$N = \frac{1250 \cdot 146}{1020 \cdot 60} = 2,98 \text{ кВт.}$$

Выбираем оптимальные параметры режимов резания. Для этого сравним полученные результаты с паспортными данными и техническими характеристиками выбранного оборудования. Расчеты показали, что скорость резания при точении – 146 м/мин требует от обрабатывающего оборудования силу резания – 1250 Н. Это может быть достигнуто, если выбранное оборудование будет развивать обороты при точении соответственно равные 450 мин^{-1} , 420 мин^{-1} и 220 мин^{-1} . Эти параметры могут установиться при обработке при минимальной мощности 2,98 кВт. У станка SAMAT 135 NC мощность намного выше и равна 7,5 кВт, то есть использование оборудования возможно. Обточить поверхности, выдержать размеры согласно рабочему чертежу.

В таблицу 7 внесем режимы резания.

Таблица 7 – Режимы резания

Операция	Переход	t, мм	S, мм/об.	V _т , м/мин	n _т , об./мин	n _{пр} , об./мин	V _{пр} , м/мин
05 Токарная	Точить Ø111	2,0	0,5	146	420	420	146
	Точить Ø208	2,0	0,5	146	220	220	146
	Расточить Ø63,6	2,0	0,5	132	660	660	132
10 Токарная	Точить Ø103,4	2,0	0,5	146	450	450	146
	Точить Ø111,4	2,0	0,5	146	420	420	146
	Подрезать торец до Ø208	2,0	0,5	146	220	220	146
15 Токарная	Точить Ø110	0,5	0,25	344	1000	1000	344
	Подрезать торец до Ø208	0,5	0,25	344	530	530	344
	Расточить Ø64,56	0,5	0,25	310	1530	1530	310
20 Токарная	Точить Ø102,44	0,5	0,25	344	1070	1070	344
	Точить Ø110,44	0,5	0,25	344	1000	1000	344
	Подрезать торец до Ø208	0,5	0,25	344	530	530	344
25 Внутришлифовальная	Шлифовать Ø64,86	0,15	4400 0,008	25	120	120	25
30 Круглошлифовальная	Шлифовать Ø 110,14	0,15	1,25/0,35	25	70	70	25
35 Фрезерная	Фрезеровать Ø26	8	0,9	35	430	430	35
	Фрезеровать Ø26	0,5	0,3	55	670	670	55
	Центровать Ø4	2	0,08	24	1900	1900	24
	Сверлить Ø9	4,5	0,2	28	1000	1000	28
	Сверлить Ø14	7	0,3	32	730	730	32
	Зенкеровать Ø9,7	0,35	0,4	16	520	520	16
	Зенкеровать Ø14,7	0,35	0,5	18	390	390	18
	Развернуть Ø9,9	0,1	0,6	11	400	400	11
	Развернуть Ø14,9	0,1	0,6	12	260	260	12
40 Фрезерная	Фрезеровать паз Ø10	8	0,08	25	800	800	25
	Сверлить Ø11	5,5	0,25	30	870	870	30
	Нарезать резьбу М12	1	1	8	210	210	8
65 Внутришлифовальная	Шлифовать Ø65	0,07	5400 0,005	35	170	170	35
70 Круглошлифовальная	Шлифовать Ø 110	0,07	1,0/0,25	35	100	100	35

Рассчитанные нормы времени на все операции сведем в таблицу 8.

Таблица 8 – Нормы времени

Наименование операции	T_0 , мин	T_B , мин	$T_{оп}$, мин	$T_{об,от}$, мин	$T_{п-з}$, мин	$T_{шт}$, мин	n	$T_{шт-к}$, мин
05Токарная	0,774	0,763	1,537	0,092	17	1,629	472	1,665
10 Токарная	0,913	0,647	1,150	0,094	17	1,244	472	1,280
15 Токарная	0,747	0,703	1,450	0,087	21	1,537	472	1,581
20 Токарная	0,940	0,647	1,587	0,095	21	1,682	472	1,726
25 Внутришлифовальная	0,857	0,644	1,501	0,143	21	1,644	472	1,688
30 Кругло- шлифовальная	2,289	0,921	3,210	0,193	29	3,403	472	3,464
35 Фрезерная	0,391	0,824	1,215	0,116	24	1,331	472	1,382
40 Фрезерная	5,818	1,164	6,982	0,419	40	7,401	472	7,485
65 Внутришлифовальная	0,519	0,644	1,163	0,107	21	1,270	472	1,314
70 Кругло- шлифовальная	0,319	0,826	1,145	0,105	24	1,250	472	1,301
75 Координатно- шлифовальная	4,618	0,911	5,529	0,486	21	6,015	472	6,059
80 Полировальная	0,642	0,648	1,290	0,077	21	1,367	472	1,411

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 010.

Обточить поверхности, выдержать размеры согласно рабочему чертежу.

Инструмент выбираем в таблице 6.

Выбираем станок модели SAMAT 135 NC токарный.

Припуск равен 2 мм.

Задаем величину перемещения инструмента за один оборот заготовки равной 0.5 мм/об.

Получаем затраченное время: 0,913 мин – машинное; 0,647 мин – на управление станком; 1,150 мин – операционное; 0,094 мин – на удаление стружки и замену инструмента; 17 мин – на ознакомление с чертежом; 1,244 мин – штучное; 1,280 мин – на выполнение технологической операции.

Согласно полученным параметрам применяем рассчитанные режимы резания на технологических операциях в плане обработке.

Выводы по разделу.

Разработан технологический процесс согласно исходным данным. Получена заготовка. Предложен новый план обработки. Проведен расчет режимов резания для всех технологических операций. Рассчитаны нормы времени для технологических операций, реализующих предлагаемый маршрут обработки.

3 Проектирование специальных средств оснащения

Для разработки системы автоматического управления процессом резания на 010 токарной операции при обработке на станке модели SAMAT 135 NC токарном необходимо провести математическое моделирование контактной задачи двух тел (обрабатываемая заготовка и режущий инструмент, выполненных из различных конструкционных материалов).

Для получения условий моделирования и критериев подобия запишем систему уравнений, формирующих математическую постановку краевой линейной упругости контактной задачи. Эта система состоит из соотношений линейной упругости между компонентами тензоров напряжения и деформации.

$$\begin{aligned} \sigma_{ij} = & (k_0 - 2G/3)\theta + 2G\varepsilon_{ij} - \delta_{ij} \int_0^t \left[\Gamma_1(t-\tau) \frac{1}{3} \Gamma(t-\tau) \right] dr - \\ & - \int_0^t \Gamma(t-\tau) \varepsilon_{ij}(\tau) dr. \end{aligned} \quad (22)$$

Обратные выражения деформации через напряжения, имеют вид

$$\begin{aligned} \varepsilon_{ij} = & \left(\frac{1}{3k_0} - \frac{2}{G} \right) \sigma \delta_{ij} + \frac{1}{2G} G_{ij} + \varepsilon + \\ & \delta_{ij} \int_0^t \left[\frac{1}{3} k_1(t-\tau) - k(t-\tau) \right] \sigma(\tau) d\tau + \int_0^t k_0(t-\tau) \sigma_{ij} d\tau \end{aligned} \quad (23)$$

Соотношения между компонентами тензоров деформаций и напряжения в изотропном упругом теле для плоского напряженного состояния запишем в виде:

$$\begin{aligned}
\varepsilon_x(t) &= 1/E \left\{ \sigma_x(t) + \int_0^t k_1(t-\tau) \sigma_x(\tau) d\tau - \mu \left[\sigma_y(t) - \int_0^t k_2(t-\tau) \sigma_y(\tau) d\tau \right] \right\}; \\
\varepsilon_g(t) &= 1/E \left\{ \sigma_y(t) + \int_0^t k_1(t-\tau) \sigma_y(\tau) d\tau - \mu \left[\sigma_x(t) - \int_0^t k_2(t-\tau) \sigma_x(\tau) d\tau \right] \right\}; \\
\varepsilon_{xy}(t) &= 1/2 \nu \left[\tau_{xy}(t) + \int_0^t k(t-\tau) \tau_{xy}(\tau) d\tau \right],
\end{aligned} \tag{24}$$

где

$$k(t) = 1/1 + \mu k_1(t) + \frac{\mu}{1+\mu} k_2(t), t_0 \leq \tau \leq t. \tag{25}$$

В основные типы граничных условий входит величина

$$\beta = (1 - 2\mu)/2(1 - \mu). \tag{26}$$

Введем в систему уравнений соответствующие масштабы подобия.

Для того, чтобы система уравнений была идентична для природы и модели очевидно необходимо положить равными единице все множители в виде масштабов подобия. Необходимо ввести систему индикаторов подобия.

Индикаторы подобия тождественны индикаторам подобия, полученным из соотношений Коши. Система индикаторов получена с учетом условия, что масштаб относительного изменения объема равен масштабу относительных деформаций, который равен единице, как имеющий нулевую размерность, то есть как безразмерной величины. Масштаб подобия для коэффициента Пуассона по той же причине равен единице, что следует также из сравнительного анализа индикаторов подобия системы. Индикаторы подобия обуславливают равенство масштабов для соответствующих ядер: ядра объемной и сдвиговой релаксации должны моделироваться в одном масштабе подобия.

Если условия контакта двух тел влияют на исследуемые напряжения, линейные размеры площадок контакта в модели должны моделироваться в соответствии с масштабом геометрического подобия k_l . При моделировании это условие удовлетворяют подбором радиусов зоны контакта в модели взаимодействующих тел или нагрузок p_m , прикладываемых к ним. Условие подобия и вытекающие из него частные случаи удовлетворяют подбором численных значений, входящих в них величин. В зонах контакта модели можно также применить начальные радиусы контактирующих поверхностей, выполненные с соблюдением масштаба геометрического подобия. В этом случае должно выполняться условие моделирования контактных задач.

Анализ системы критериев подобия показывает, что упругие свойства материала, при моделировании контактных задач, отражают лишь два критерия, посредством входящих в них в общем виде ядер объемной и сдвиговой релаксации.

Для объемного модуля имеем

$$\sigma \beta k_0 = E / (1 - \mu) \quad (27)$$

Зависимость (27), записанная через масштабы подобия принимает вид

$$k_\sigma k_\beta k_{k_0} = k_E / k(1 - \mu), \quad (28)$$

где k_β равен 1, как масштаб безразмерной величины.

В соответствии с зависимостью (28) при обозначении ядер $\Gamma(t)$ и $\Gamma_1(t)$, получим соотношение между масштабами подобия

$$k_\Gamma = k_{\Gamma_1} / k(1 + \mu). \quad (29)$$

Из системы индикаторов подобия получим:

$$k_{\Gamma_1} k_l k_{\tau} / k_{\sigma} = k_{k_0} k_{\varepsilon} / k_{\sigma}, \quad (30)$$

откуда, с учетом (29) и (30) получаем

$$1/k_{\tau} = k(1 - \mu^2) k_{\Gamma} / k_{\varepsilon}, \quad (31)$$

Окончательно получаем выражение для условия подобия при моделировании контактной поверхности при взаимодействии упругих тел

$$\frac{k_{\Gamma} k(1 - \mu^2)}{k_{\Gamma_1} k_E} = \frac{k_l k_u}{k_p} = \frac{k_l k_s k_b}{k_p k_R}, \quad (32)$$

где S - величина сближения контактирующих тел,

b - размер зоны контакта,

R - кривизна (радиус) поверхности контакта.

Зависимость (32) связывает упругие свойства тел (левая) часть этого равенства с силовым и геометрическим параметрами задачи.

При контакте двух тел зависимость (32) принимает вид:

$$\frac{(\Gamma/\Gamma_1)_n}{(\Gamma_1/\Gamma)_m} \cdot \frac{k_n}{k_m} = \frac{k_l k_n}{k_p}. \quad (33)$$

Согласно анализу размерностей, масштаб контактного давления равен

$$k_p = k_{\sigma} = k_p / k_l k_b. \quad (34)$$

С учетом этого соотношения, выражение в правой части равенства (33) можно представить в виде, удобном для моделирования контактных

напряжений

$$k_l k_s k_b / k_p k_R = k_s / k_R k_\sigma. \quad (35)$$

Правая часть выражения (35) получена при равенстве линейных масштабов подобия, то есть величины одинаковой размерности моделируются в одном и том же масштабе, что находится в соответствии с требованием теории размерностей.

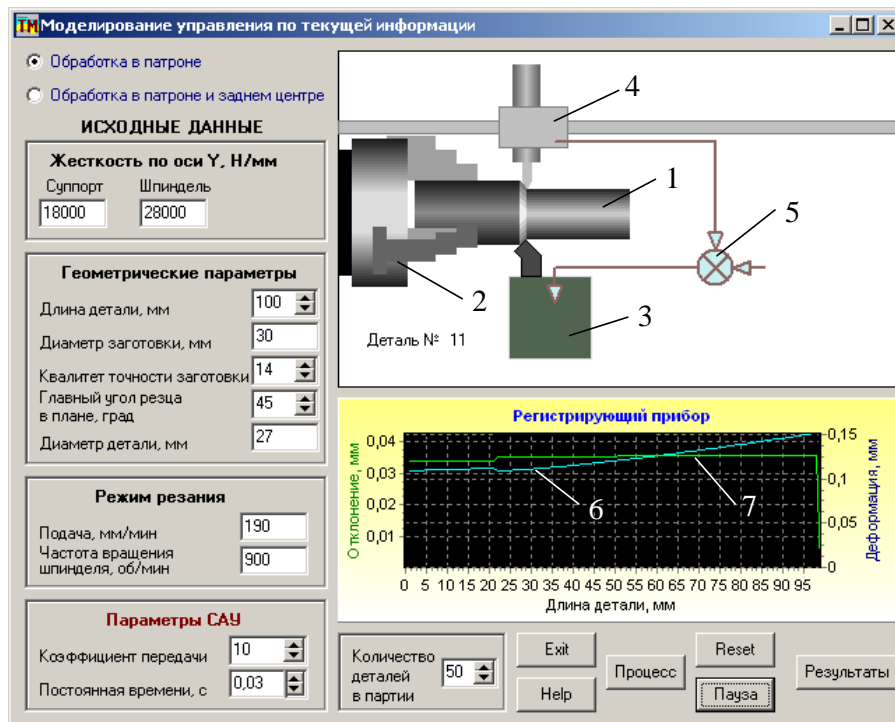
В развернутом виде, путем замены масштабов подобия отношениями соответствующих величин в натуре и модели, выражение (33) преобразуется следующим образом:

$$\left[\frac{\Gamma^{(1)} + \Gamma^{(2)}}{\Gamma_1^{(1)} + \Gamma_1^{(2)}} \right] \cdot \left[\frac{\Gamma^{(1)} + \Gamma^{(2)}}{\Gamma_1^{(1)} + \Gamma_1^{(2)}} \right] \left[\frac{(1 - \mu_1^2)/E_1 + (1 - \mu_2^2)/E_1}{(1 - \mu_1^2)/E_1 + (1 - \mu_2^2)/E_1} \right]_n = \frac{(IS_b / pR)_n}{(IS_b / pR)_m}. \quad (36)$$

При совпадении в натуре и модели ядер сдвиговой и объемной релаксации эти зависимости соответствуют условию подобия для моделирования упругих контактных задач.

Данная математическая модель позволяет смоделировать процесс резания при контакте режущего инструмента и заготовки выполненных из разных конструкционных материалов. Соответственно, это позволяет разработать систему автоматического управления процессом резания.

Полученная математическая модель позволяет разработать систему автоматического управления процессом резания на рассматриваемой технологической операции. Компьютерное моделирование этого процесса можно провести с помощью прикладной программы, интерфейс которой представлен на рисунке 4.



1 – обрабатываемая деталь, 2 – патрон, 3 – суппорт станка, 4 – измерительное устройство, 5 – сравнивающее устройство, 6 – отклонение размера детали, 7 – упругая деформация технологической обрабатывающей системы.

Рисунок 4 – Интерфейс прикладной программы

Выводы по разделу

Предлагаемые расчеты и мероприятия по автоматизации позволили существенным образом сократить время обработки на станке SAMAT 135 NC токарном при обработке на лимитирующей токарной операции 015. При этом сама обработка на токарной операции 015 позволила за минимальное время получить требуемое качество поверхностного слоя, соответствующее техническим требованиям технологической документации.

4 Безопасность и экологичность технического объекта

Объектом исследования в разделе является технологический процесс изготовления обоймы-кулачка. 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 обоймы-кулачка	Токарная операция	Оператор станков с ЧПУ	SAMAT-135NC, патрон токарный ГОСТ 2675-80	Сталь 40X по ГОСТу 4543, СОЖ, ветошь
Техпроцесс изготовления обоймы-кулачка	Фрезерная	Фрезеровщик	Фрезерный СТЦ 50 (S500), СНП ГОСТ 12195-66, поворотный стол	Сталь 40X по ГОСТу 4543, СОЖ, ветошь
Техпроцесс изготовления обоймы-кулачка	Координатно-шлифовальная	Шлифовщик	Аэрошлиф 400, СНП ГОСТ 12195-66	Сталь 40X по ГОСТу 4543, СОЖ, ветошь

В качестве объекта, для которого разрабатывались мероприятия по осуществлению безопасности, экологичности и охране труда выбран технологический процесс изготовления обоймы-кулачка. Рассматриваются три технологические операции: токарная, фрезерная и координатно-шлифовальная.

4.2 Идентификация профессиональных рисков

В таблице 10 показаны и идентифицированы производственные риски, связанные с изготовлением обоймы-кулачка.

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, внутришлифовальная, кругло-шлифовальная, фрезерная, координатно-шлифовальная, полировальная	<p>Факторы физического воздействия:</p> <p>Неподвижные части колющие, режущие, обдирающие части твердых объектов. Движущиеся объекты ОВПФ, связанные с чрезмерным высоким уровнем температуры, ОВПФ, связанные с чрезмерным загрязнением воздушной среды в зоне дыхания,</p> <p>ОВПФ, связанные с механическими колебаниями твердых тел</p> <p>ОВПФ, связанные с акустическими колебаниями твердых тел</p> <p>ОВПФ, связанные с электрическим током</p> <p>ОВПФ, связанные с электромагнитными полями</p> <p>Факторы химического воздействия: токсического, раздражающего (через органы дыхания)</p> <p>Факторы, обладающие свойствами психофизиологического воздействия:</p> <p>Статическая нагрузка</p> <p>Перенапряжение анализаторов</p>	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 обоймы-кулачка.

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]
Неподвижные части колющие, режущие, обдирающие части твердых объектов Движущиеся твердые объекты ОВПФ, связанные с чрезмерным высоким уровнем температуры объектов	Защитный кожух на станке, ограждения Инструктажи по охране труда	Костюм для защиты от загрязнений, перчатки с полимерным покрытием, ботинки кожаные, очки защитные
Факторы химического воздействия: токсического, раздражающего (через органы дыхания)	Организация вентиляции Инструктажи по охране труда	-
ОВПФ, связанные с механическими колебаниями твердых тел	Виброгасящие опоры снизить время контакта с поверхностью подверженной вибрации Инструктажи по охране труда	Резиновые виброгасящие покрытия
ОВПФ, связанные с чрезмерным загрязнением воздушной среды в зоне дыхания	Организация вентиляции Инструктажи по охране труда	-
ОВПФ, связанные с акустическими колебаниями твердых тел	Использование звукопоглощающих Материалов Инструктажи по охране труда	Применение противозумных вкладышей

Продолжение таблицы 11

«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]
ОВПФ, связанные с электрическим током ОВПФ, связанные с электромагнитными полями	Заземление станка изоляция токоведущих частей применение предохранителей Инструктажи по охране труда Соблюдение периодичности и продолжительности регламентированных перерывов	Резиновые напольные покрытия, перчатки с полимерным покрытием
Статическая нагрузка Перенапряжение анализаторов	Организация освещения Инструктажи по охране труда	-

Здесь показаны профессиональные риски.

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.

«Проводится идентификация классов и опасных факторов пожара, рассматриваются технические средства обеспечения пожарной безопасности и организационные (организационно-технические) мероприятия по обеспечению пожарной безопасности» [5].

Таблица 12 – «Идентификация классов и опасных факторов пожара»

Участок, подразделение	Оборудование	Класс пожара	Опасные факторы при пожаре	Сопутствующие проявления факторов пожара» [5]
Производственный участок	SAMAT-135NC. СТЦ 50 (S500). Аэрошлиф 400.	Класс В, Е	Пламя и искры; неисправность электропроводки; возгорание промасленной ветоши	Части оборудования, изделий и иного имущества; Вынос напряжения на токопроводящие части станка; воздействие огнетушащих веществ

Таблица 13 – «Технические средства обеспечения пожарной безопасности»

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

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

Наименование технологического процесса, используемого применяемого оборудования, в составе технического объекта	Наименование видов реализуемых организационных (организационно-технических) мероприятий	Предъявляемые нормативные требования по обеспечению пожарной безопасности, реализуемые эффекты» [5]
Изготовление обоймы-кулачка. SAMAT-135NC. СТЦ 50 (S500). Аэрошлиф 400.	Применение смазочно-охлаждающих жидкостей с использованием негорючих веществ Хранение промасленной ветоши в несгораемых ящиках; Общее руководство и контроль за состоянием пожарной безопасности на предприятии.	Наличие пожарной сигнализации, Наличие автоматической системы пожаротушения, первичные средств пожаротушения, проведение инструктажей

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 обоймы-кулачка на окружающую среду (таблица 16) для снижения негативного антропогенного воздействия технологического процесса изготовления обоймы-кулачка на окружающую среду.

Также приводятся мероприятия, которые позволят снизить влияние негативных экологических факторов на окружающую среду.

Таблица 15 – «Идентификация негативных экологических факторов технического объекта»

Наименование технического объекта, производственно-технологического процесса	Структурные составляющие объекта производственно-технологического процесса (производственное здание 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 обоймы-кулачка	SAMAT-135NC. СТЦ 50 (S500). Аэрошлиф 400.	Стружка Токсические испарения Масляный туман	Взвешенные вещества и нефтепродукты отработанные жидкие среды	Отходы стружки Промасленная ветошь Растворы жидкостей

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 обоймы-кулачка
«Мероприятия по снижению воздействия на атмосферу	Фильтрационные системы для системы вентиляции участка.
Мероприятия по снижению воздействия на гидросферу	Локальная многоступенчатая очистка сточных вод.
Мероприятия по снижению воздействия на литосферу» [5]	Разделение, сортировка, утилизация на полигонах отходов.

Предложены дополнительные и альтернативные мероприятия организационно-технического характера для снижения негативного антропогенного воздействия технологического процесса изготовления обоймы-кулачка 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 обоймы-кулачка. Рассматривались три технологические операции: токарная, фрезерная и координатно-шлифовальная (таблица 9). В таблице 10 показаны производственные риски, связанные с изготовлением обоймы-кулачка. Здесь приводится систематизация производственно-технологических и эксплуатационных рисков, источником которых являются оборудование - токарно-винторезный с ЧПУ SAMAT-135NC, фрезерный с ЧПУ СТЦ 50 (S500), координатно-шлифовальный Аэрошлиф 400; приспособления – патрон токарный ГОСТ 2675-80, цанговый патрон ГОСТ 17200-71, СНП ГОСТ 12195-66; инструмент – резец проходной с пластиной по ОСТу 2И.101-83, концевая фреза ГОСТ 17026-71 и материалы – сталь 40Х по ГОСТу 4543, СОЖ, ветошь, используемые при изготовлении обоймы-кулачка. Для снижения рисков предложены методы и средства, которые необходимо и достаточно использовать при защите от вредных и опасных производственных факторов при изготовлении обоймы-кулачка (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.

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) процесса резанья на токарной операции 010 технологического процесса изготовления обоймы кулачка центра «Формула-Студент».

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, входящих в технологическую себестоимость достигнуто снижение в среднем на 19,19 %. Наибольшее изменение в ходе совершенствования было получено по заработной плате основных работников, оно составило 25,93 %, это в денежном эквиваленте

соответствует 1,11 рубля. Максимальное влияние на величину технологической себестоимости по обоим вариантам оказывают расходы на содержание и эксплуатацию оборудования, доля которых для базового варианта составила 66,4 %, а для проектируемого варианта – 71,55 %.

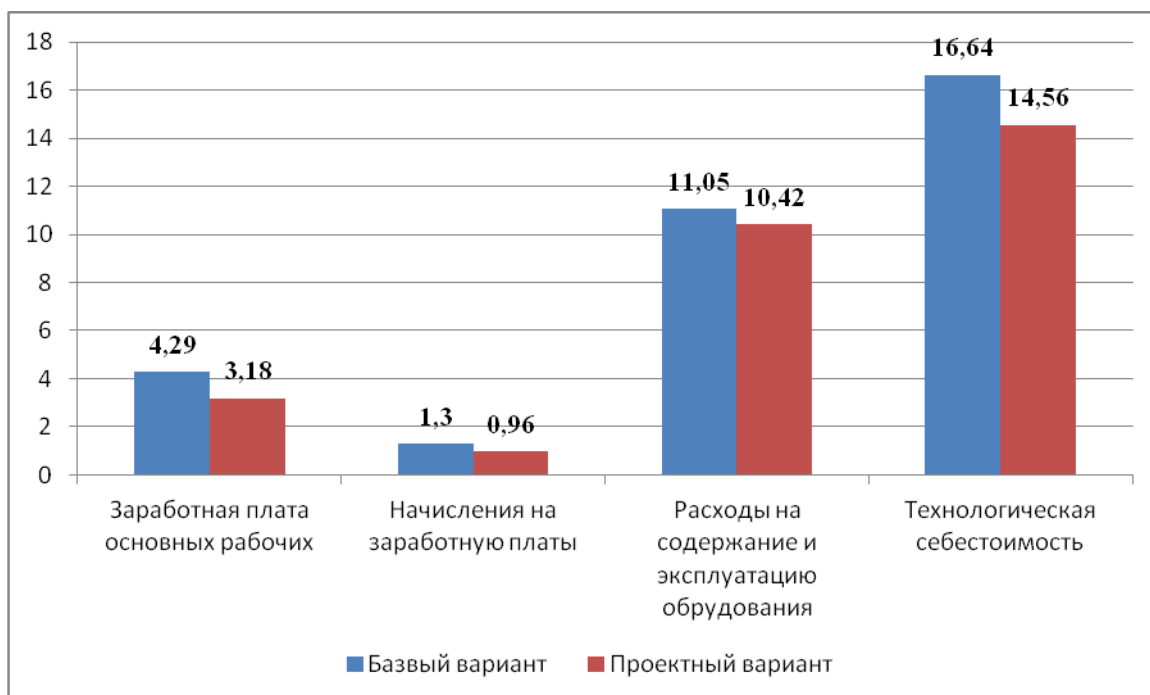


Рисунок 5 – Расчет технологической себестоимости, руб.

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.

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 12,51 % меньше

базового значения, цеховая себестоимость проектного варианту уже на 16,64 % меньше базового варианта, изменения по заводской себестоимости составили еще больше – 19,01 %, а полная себестоимость по изменениям не отличается от изменений заводской себестоимости и составляет так же 19,01 %.

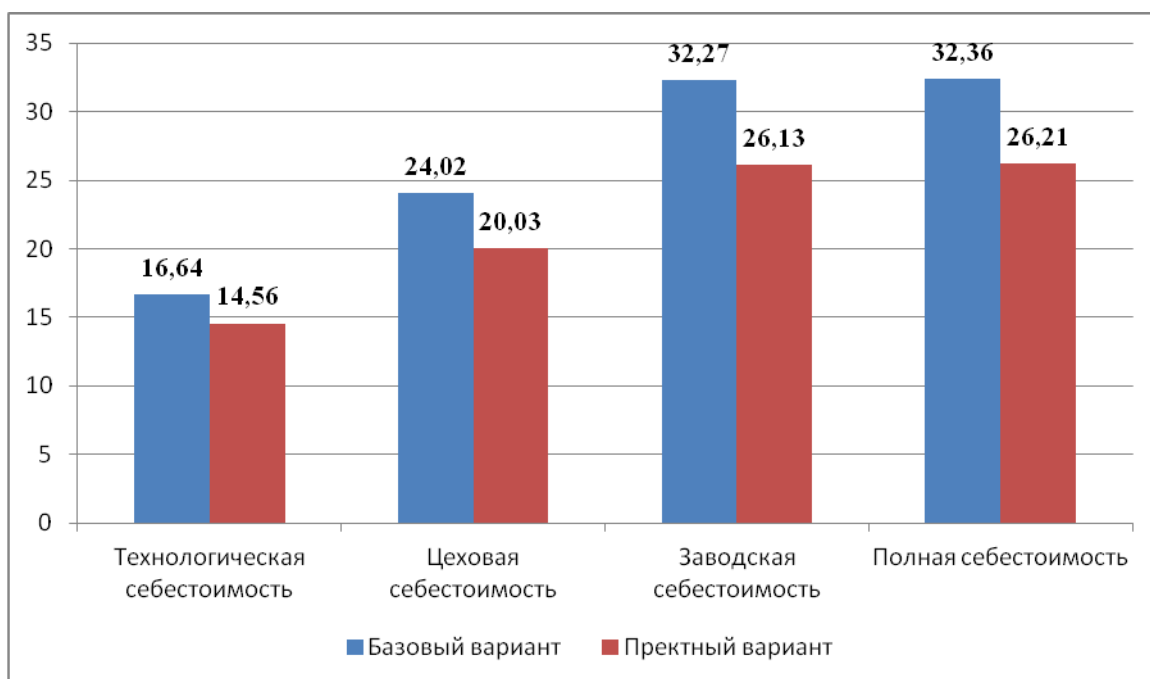


Рисунок 6 – Калькуляция себестоимости, руб.

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 34216,07 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.

Выводы по разделу.

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 5776,37 рублей. Если величина этого показателя положительная, то проект можно считать эффективным. И третий – индекс доходности, со значением 1,17 руб./руб. Данное значение показывает, сколько предприятие получит прибыли, на каждый вложенный рубль, то есть, вложив 1 рубль, предприятие получит 1,17 рублей. Подводя общий итог, можно сказать, что предлагаемые совершенствования рекомендуются к внедрению, потому что расчеты доказали его эффективность.

Заключение

При выполнении выпускной квалификационной работы были получены следующие результаты:

- спроектирована заготовка, экономически обоснована, с наибольшим коэффициентом использования материала;
- усовершенствован технологический процесс изготовления обоймы-кулачка механизма перемещения рабочего стола фрезерного стана центра «Формула-Станок» с помощью патентных исследований и методами технического творчества;
- спроектированы специальные средства оснащения, используемые в технологическом процессе;
- проведены мероприятия по обеспечению безопасности и охране труда технологического процесса;
- получен экономический эффект.

Предлагаемые расчеты и мероприятия по автоматизации позволили существенным образом сократить время обработки на станке SAMAT 135 NC токарном при обработке на лимитирующей токарной операции 015. При этом сама обработка на токарной операции 015 позволила за минимальное время получить требуемое качество поверхностного слоя, соответствующее техническим требованиям технологической документации.

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.

Список используемых источников

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

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

22. Grote K.-H. Springer Handbook of Mechanical Engineering / K.-H. Grote, E.K. Antonsson. – New York : Springer Science+Business Media, 2008. 1589 p.
23. Nee A. Y. C. Handbook of Manufacturing Engineering and Technology / A. Y. C. Nee. – London : Springer Reference, 2015. 3491 p.
24. Rösler J. Mechanical Behaviour of Engineering Materials: Metals, Ceramics, Polymers, and Composites / J. Rösler, H. Harders, M. Bäker. – Berlin Heidelberg New York : Springer, 2007. 540 p.
25. Silberschmidt V. Mechanics of Advanced Materials: Analysis of Properties and Performance / V. Silberschmidt, V. Matveenko. Switzerland : Springer International Publishing, 2015. 205 p.

Приложение А

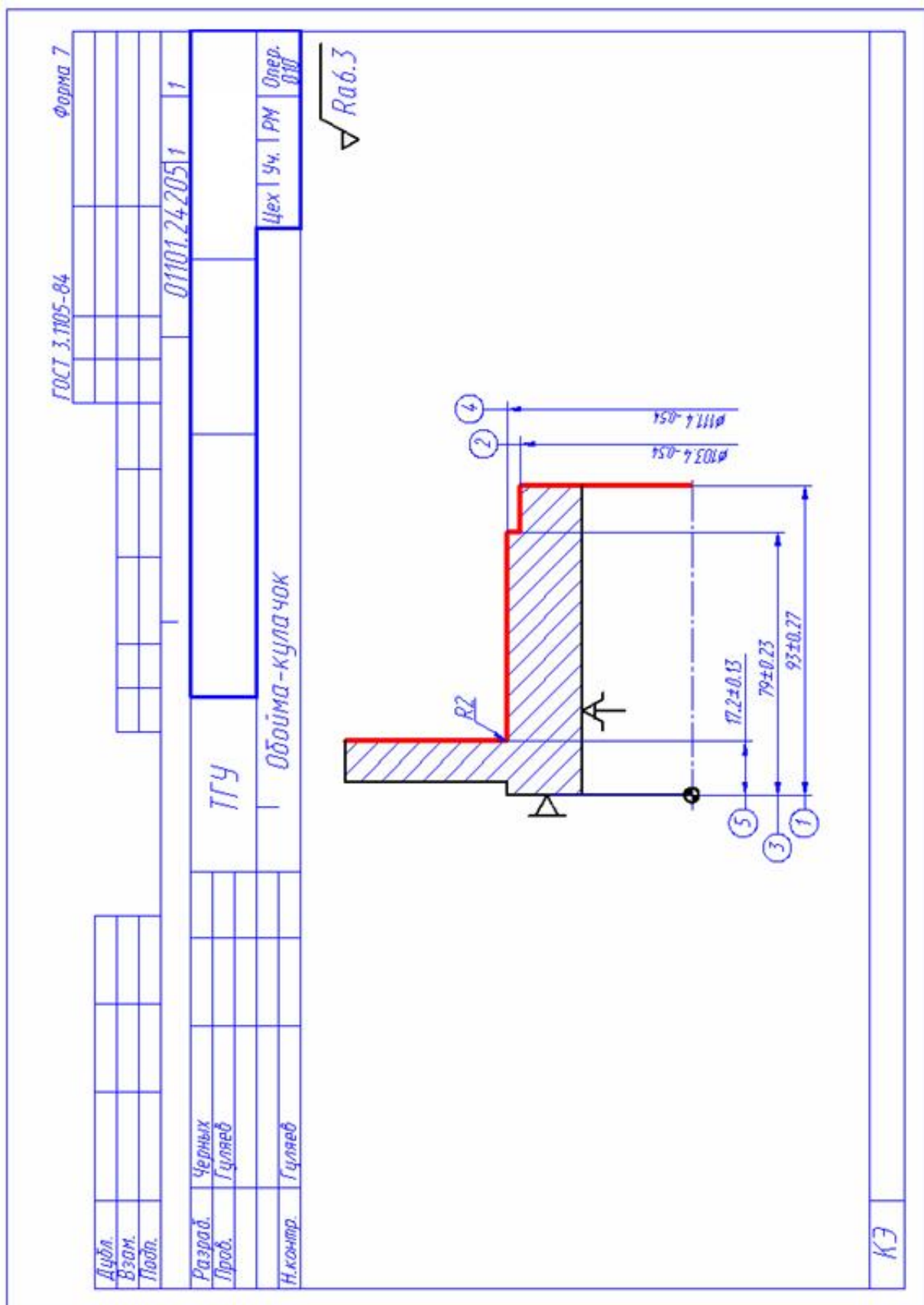
Маршрутная карта технологического процесса

ГОСТ 3.1118-82 Форма 1

Дубл.		Взам.		Подп.		01101 25211		1		3					
								XXXX		XXXX					
								10141		00001					
Разраб.		Черных		ТГУ											
Пров.		Гуляев													
Н. Контр.		Гуляев													
Обойма-кулачок															
M01 Сталь 40X ГОСТ 4543-2016															
M02		Код	EB	МД	ЕН	Н.расх.	КИМ	Код загот.	Профиль и размеры	КД	МЗ				
		-	166	5,59		0,60	41211XXX	Ø211x96,4		1	9,21				
А		цех	Уч.	РМ	Опер.	Код, наименование операции		Обозначение документа							
Б		Код, наименование оборудования		СМ	Проф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Кшт	Тшт.		
01А	XXXXXX	005	4110	Токарная	ИОТ И 37.101.7034-93	2	15929	411	1Р	1	1	472	1	21	1,682
02Б	391148XXX			SAMAT 135 NC											
03Т															
04Т	XXXXXX	010	4110	Токарная	ИОТ И 37.101.7034-93										
05Т	391148XXX			SAMAT 135 NC		2	15929	411	1Р	1	1	472	1	17	1,244
06															
07А	XXXXXX	015	4110	Токарная	ИОТ И 37.101.7034-93										
08Б	391148XXX			SAMAT 135 NC		2	15929	411	1Р	1	1	472	1	21	1,537
09Т															
10Т	XXXXXX	020	4110	Токарная	ИОТ И 37.101.7034-93										
11	391148XXX			SAMAT 135 NC		2	15929	411	1Р	1	1	472	1	17	1,629
12А															
13Б	XXXXXX	025	4132	Внутришлифовальная	ИОТ И 37.101.7419-85										
14Т	38132XXX			3К227В		2	18873	411	1Р	1	1	472	1	21	1,644
МК															

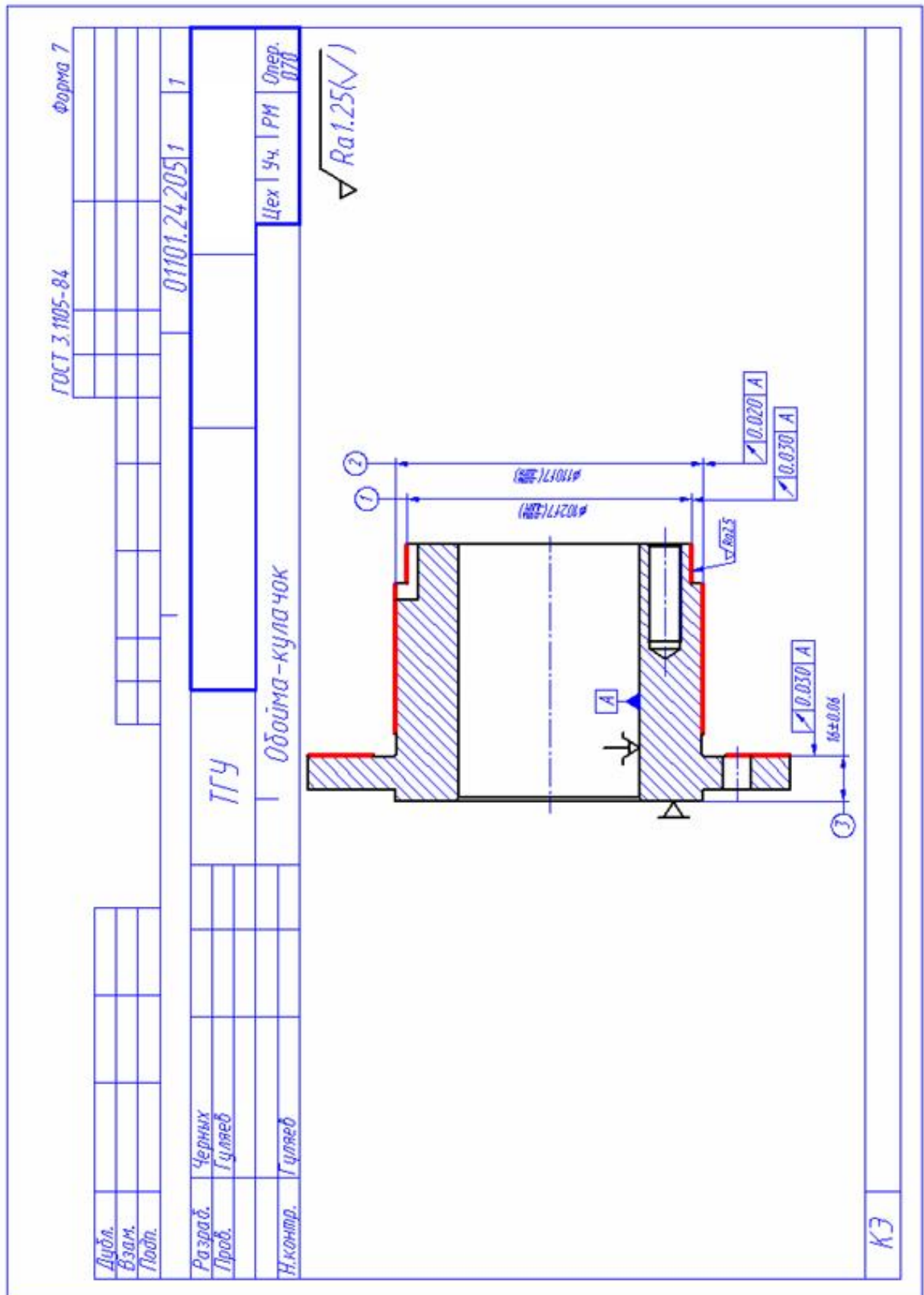
Приложение В

Карта эскизов



КЭ

Продолжение приложения В



КЭ