

Аннотация

Технологический процесс изготовления корпуса толкателя. Бакалаврская работа. Тольятти. Тольяттинский государственный университет, 2020.

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

В работе большое внимание уделяется автоматизированным системам проектирования в области их применения. Учитывается взаимосвязь и непрерывность этапов жизненного цикла изделия, построение распределенных автоматизированных систем для проектирования, изготовления и управления в машиностроении. 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.

Рассмотрена возможность обработки материала, из которого выполнена заготовка. Соответствующим образом выбрано оборудование и инструмент для обеспечения качества механической обработки. В работе представлено решение ряда вопросов по проектированию техпроцесса изготовления корпуса толкателя. Проведенный анализ показал технологичность, то есть возможность обработки рассматриваемой детали.

Содержание

Введение.....	4
1 Анализ исходных данных.....	6
1.1 Служебное назначение детали и ее технологичность.....	6
1.2 Задачи работы.....	10
2 Разработка технологической части работы.....	12
2.1 Проектирование заготовки.....	12
2.2 Проектирование технологических операций.....	21
3 Проектирование специальных средств оснащения.....	26
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.....	43
Заключение.....	47
Список используемых источников.....	48
Приложение А. Маршрутная карта.....	51
Приложение Б. Операционные карты.....	53
Приложение В. Карты эскизов.....	55

Введение

При проектировании в машиностроении особое внимание уделяется созданию технической и технологической документации. Одним из важных вопросов является создание чертежей. Параметризация предполагает создание чертежей, где любые элементы могут быть связаны между собой с помощью функций переменных, которые впоследствии можно изменять. За счет этого значительно облегчается создание чертежей деталей одного класса, автоматическое получение чертежей деталей при изменении сборочного чертежа, задание параметров чертежа через переменные и формулы. CAD 3D развиваются в сторону упрощения создания объемных моделей по видам плоского чертежа и наоборот, трехмерной анимации с автоматической генерацией AVI-файлов.

Уже давно появились технологии быстрого прототипирования (Rapid Prototyping), которые позволяют получить твердотельную геометрическую модель спроектированной в системе CAD детали. Эти технологии (LOM, Стереолитография) могут использоваться как на этапе конструкторского проектирования для создания верификационных моделей сложных деталей, так и для изготовления оснастки для последующего литья деталей по выплавляемым моделям, то есть частично выполнять функции САМ-систем. Однако существенным препятствием в настоящее время для такого применения является процесс выжигания моделей, который сопровождается образованием кокса в полостях формы. Поскольку САД-системы являются звеном информационных технологий, важнейшей их функцией является создание электронных чертежей объектов, которые служат исходной информацией для работы последующих САМ-систем.

Отсюда вытекает цель выпускной квалификационной работы: усовершенствовать базовый технологический процесс изготовления корпуса толкателя и приведение его к оптимальному варианту. В бакалаврской работе разработана система автоматического управления процессом резания на одной их технологических операций. Для чего были показаны

математические модели, связывающие параметры и режимы резания между собой. На основе этого были построены структурная и функциональная схемы проектируемой системы. В работе решаются вопросы по проектированию техпроцесса изготовления корпуса толкателя. 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 ходе достижения этой цели нужно сделать следующее:

- Спроектировать заготовку, наименее затратную в изготовлении, с наибольшим коэффициентом использования материала.
- Усовершенствовать технологический процесс обработки с помощью патентных исследований и методами технического творчества.
- Спроектировать специальные средства оснащения, используемые в технологическом процессе.
- Показать экономическую эффективность предлагаемого решения.

1 Анализ исходных данных

1.1 Служебное назначение детали и ее технологичность

Для назначения точности и шероховатости поверхностей при механической обработке в технологическом процессе необходимо провести анализ служебного назначения. При этом необходимо учитывать точность и положение поверхностей сопряжения.

На рисунке 1 приведен фрагмент узла с корпусом толкателя.

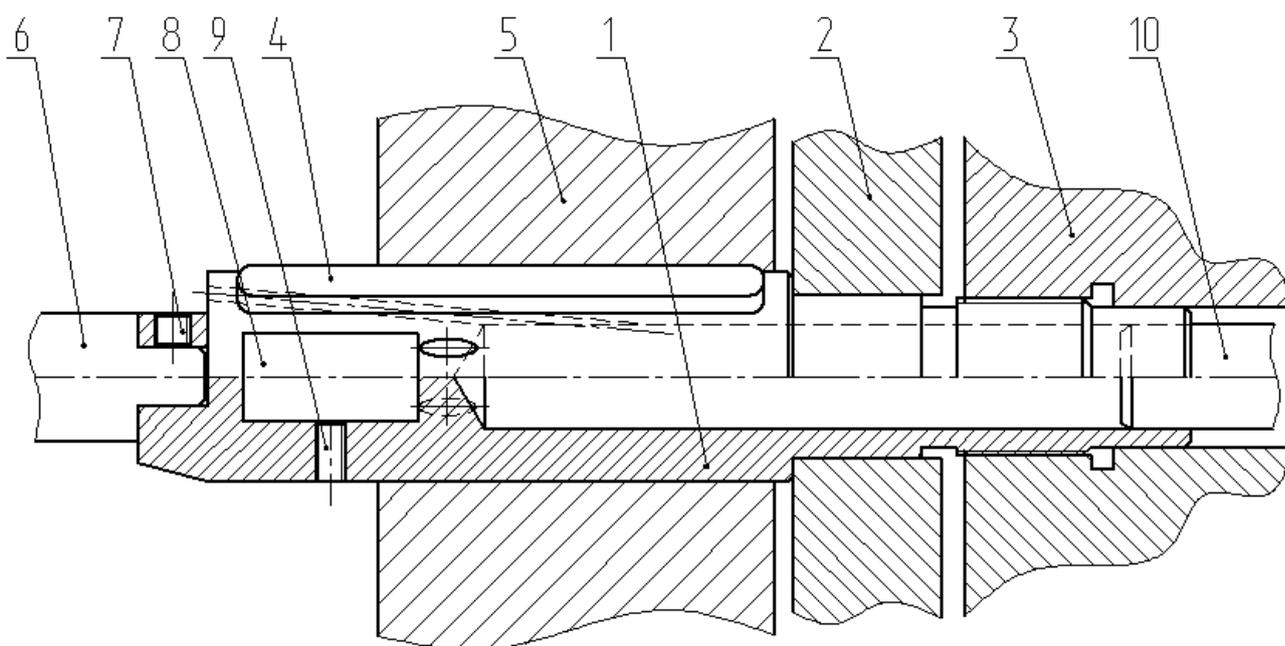


Рисунок 1 - Фрагмент узла толкателя.

Корпус толкателя 1 упирается в торец в плите 2. С одной стороны корпуса толкателя 1 располагается фланец 3. Втулка 5 установлена в корпусе с помощью шпонок 4. К корпусу толкателя 1 крепится ось 6 с торца. Она зафиксирована с помощью винтов 7. Планка 8 устанавливается в прямоугольном радиальном отверстии корпуса толкателя 1, Планка 8 зафиксирована с помощью винта 9. В отверстии с правого конца корпуса толкателя 1 установлен штуцер 10.

Корпус толкателя изготавливается из стали 40Х по ГОСТ 4543-2016.

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
Пруток	25-55	940	800	13	55	85	217
Поковка	до 100	345	590	18	45	59	217

Определим номера поверхностей и обозначим их служебное назначение.

ОКБ: 5,6;

ВКБ: 9, 13, 16, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29;

ИП: 10, 17, 21, 22;

СП: все остальные.

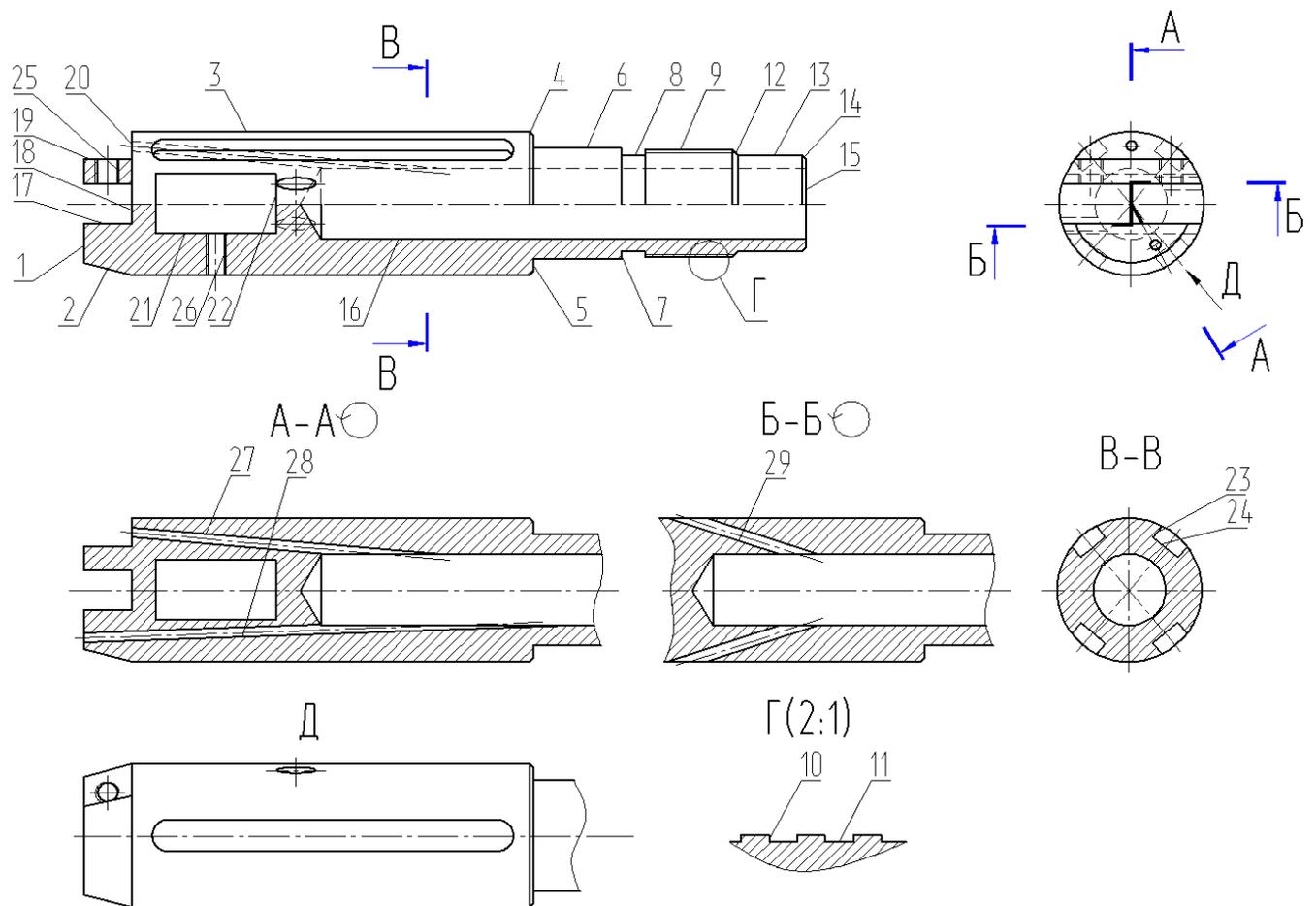


Рисунок 2 – Обозначение поверхностей корпуса толкателя

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

Основным преимуществом заготовки для корпуса толкателя является простота ее геометрической формы, поэтому представляется возможность формирования без последующей обработки нескольких поверхностей уже на заготовительной операции. Основными недостатками заготовки для корпуса толкателя является сложная конфигурация детали.

Конструкция корпуса толкателя 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.

Конструкция корпуса толкателя позволяет обрабатывать одновременно несколько поверхностей, так как имеется свободный доступ для мест обработки, поэтому можно утверждать, что она технологична.

Обеспечение свободного подхода инструмента осуществляется наличием фасок, которые расположены на поверхностях простого профиля.

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.

Базовый технологический процесс.

Таблица 3 – Базовый техпроцесс

Операция	Наименование	Оборудование	Приспособление	Инструмент	Тшт, час
00	Заготовительная				
05	Отрезная				0,06
10	Токарная	16Б16КП	Самоцентрирующий патрон	Проходной резец Спиральное сверло	0,3
15	Термическая				2,5
20	Токарная	16Б16КП	Самоцентрирующий патрон	Проходной резец Канавочный резец	0,4
25	Фрезерно-расточная	6Р11	Машинные тиски	Концевая фреза	0,3
30	Слесарная				0,16

Продолжение таблицы 3

Операция	Наименование	Оборудование	Приспособление	Инструмент	Тшт, час
35	Расточная	2Н125	Машинные тиски	Центровочное сверло	0,3
				Спиральное сверло	
40	Круглошлифовальная	3М161	Цанговый патрон	Шлифовальный круг	0,4
45	Расточная	2Р135Ф2-1	Машинные тиски	Центровочное сверло Спиральное сверло Зенкер Развертка Концевая фреза	0,6
50	Сверлильная	2Н125	Машинные тиски	Центровочное сверло Спиральное сверло	0,35
55	Слесарная	Верстак		Напильник Машинный метчик	0,3
60	Плоскошлифовальная	3Д756	Специальное приспособление	Шлифовальный круг	02
65	Электроэрозионная	СКЭКП4525	Специальное приспособление	Графитовый электрод	0,7
70	Гальваническая				
75	Маркировочная				

Требования по точности и шероховатости: 6 квалитет, 0,63 Ra. Эти требования могут быть достигнуты при обработке на станках нормальной точности без применения специальных методов обработки. Назначим требования по точности и шероховатости для всех поверхностей. С учетом проведенного анализа конструкционных особенностей толкателя и его служебного назначения сформулируем задачи работы.

1.2 Задачи работы

После комплексного анализа можно сформулировать задачи работы:

- Проектирование заготовки и расчет припусков.
- Разработка технологического процесса изготовления корпуса толкателя.
- Проектирование операций.
- Расчет и разработка специальных средств оснащения.
- Разработка мероприятий по охране и безопасности труда.
- Определение экономического эффекта.

В работе необходимо решить ряд вопросов по проектированию техпроцесса изготовления корпуса толкателя. 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.

В разделе проведен анализ исходных данных с учетом базового процесса.

2 Разработка технологической части работы

2.1 Проектирование заготовки

Так как масса корпуса толкателя составляет 1,02 кг. и годовая программа выпуска является 5000 шт., то определим производство среднесерийным [9, с. 17].

Исходя из среднесерийного производства, будем определять форму организации технологического процесса как поточная или переменнo-поточная.

Поэтому будем использовать универсальное и специальное оборудование.

Выбор метода получения заготовки.

Заготовку для корпуса толкателя можно получить поковкой, штамповкой или с помощью проката.

Проведем соответствующие расчеты для выбора.

$M_{шт}$ при штамповке будем определять по формуле

$$M_{шт} = M_d \cdot K_p, \quad (1)$$

где M_d – масса, кг;

K_p равен 1,65.

$$M_{шт} = 1,02 \cdot 1,4 = 1,43 \text{ кг.}$$

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

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

где V – объем заготовки, мм³;

γ – плотность материала заготовки, кг/мм³.

Определим габариты детали

$$d_{\text{ПР}} = d_{\text{Д}}^{\text{max}} \cdot 1.05 = 36 \cdot 1.05 = 37.8 \text{ мм}, \quad (3)$$

где $d_{\text{Д}}^{\text{max}}$ – максимальный диаметр.

Пусть $d_{\text{Д}}^{\text{max}}$ равен 38 мм.

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

где $l_{\text{Д}}^{\text{max}}$ – максимальный размер.

$$l_{\text{ПР}} = 180 \cdot 1.05 = 189 \text{ мм}.$$

Пусть $l_{\text{Д}}^{\text{max}}$ равен 189 мм.

Тогда:

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

$$V = \frac{3.14}{4} \cdot 38^2 \cdot 189 = 214239 \text{ мм}^3.$$

Тогда масса заготовки будет

$$M_{\text{ПР}} = 214239 \cdot 7.85 \cdot 10^{-6} = 1.69 \text{ кг}$$

Принимаем прокат.

Определять метод получения заготовки будем по минимальной себестоимости [11, с. 24]:

$$C_{\text{Д}} = C_{\text{з}} + C_{\text{МО}} - C_{\text{ОТХ}}, \quad (6)$$

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

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

$C_{\text{ОТХ}}$ – 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 11,2 руб./кг, K_T равным 1,0, $K_{СЛ}$ равным 0,89, K_B равным 1,29, K_M равным 1,18 и $K_{П}$ равным 1,0

Тогда

$$C_3 = 11,2 \cdot 1,43 \cdot 1,0 \cdot 0,89 \cdot 1,29 \cdot 1,18 \cdot 1,0 = 21,70 \text{ руб.}$$

Определим удельные затраты по формуле:

$$C_{уд} = C_C + E_H \cdot C_K. \quad (8)$$

Здесь примем E_H равным 0,16, C_C равным 15 руб./кг и C_K равным 35 руб./кг.

$$C_{МО} = (M_{Ш} - M_{Д}) \cdot C_{уд} = (1,43 - 1,02) \cdot (15 + 0,16 \cdot 35) = 8,45 \text{ руб.}$$

$C_{ОТХ}$ является возвратной величиной и определяется по формуле

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

Принимаем $C_{отх}$ равной 0,35 руб./кг. Тогда

$$C_{отх} = (1,43 - 1,02) \cdot 0,35 = 0,14 \text{ руб.}$$

Окончательно получим из (6):

$$C_{д} = 21,7 + 8,45 - 0,14 = 30,01 \text{ руб.}$$

Далее определим стоимость заготовки, полученной из проката по формуле:

$$C_{п} = C_{мп} \cdot M_{п} + C_{оз}, \quad (10)$$

где $C_{мп}$ – стоимость 1 кг материала проката примем равным 16 руб./кг;

$C_{оз}$ – отрезка, руб.

$$C_{оз} = \frac{C_{пз} \cdot T_{шт}}{60}, \quad (11)$$

где $C_{пз}$ – затраты на рабочем месте равны 31 руб./ч

$T_{шт}$ определяется по формуле:

$$T_{шт} = T_0 \cdot \varphi_k, \quad (12)$$

где T_0 – машинное время, мин;

φ_k – коэффициент, учитывающий серийность.

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

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

Тогда согласно (10 – 13):

$$C_{п} = 16 \cdot 1,69 + 0,2 = 27,24 \text{ руб.}$$

$$C_{оз} = \frac{31 \cdot 0,40}{60} = 0,2 \text{ руб.}$$

$$T_{шт} = 0,27 \cdot 1,5 = 0,40 \text{ мин.}$$

$$T_0 = 0,19 \cdot 38^2 \cdot 10^{-3} = 0,27 \text{ мин.}$$

$$C_{MO} = (1,69 - 1,02) \cdot (15 + 0,16 \cdot 35) = 13,80 \text{ руб.}$$

$$C_{OTX} = (1,69 - 1,02) \cdot 0,35 = 0,24 \text{ руб.}$$

$$C_D = 27,24 + 13,80 - 0,24 = 40,80 \text{ руб.}$$

Сравним варианты исходных заготовок. Для этого определим

$$K_{IM} = \frac{M_D}{M_3} \quad (14)$$

Штамповка:

$$K_{IM} = \frac{1,02}{1,43} = 0,71.$$

Прокат:

$$K_{IM} = \frac{1,02}{1,69} = 0,60.$$

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

Определим годовой экономический эффект по формуле:

$$\mathcal{E}_Г = (C_{Дпр} - C_{Дш}) \cdot N_Г \quad (15)$$

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

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

Тогда

$$\mathcal{E}_Г = (40,80 - 30,01) \cdot 5000 = 53950 \text{ руб.}$$

Выбор методов обработки.

Таблица 4 – Маршрут обработки

Поверхности	Ra	IT	Маршруты	Кт
6	3,2	9	Точение (IT 13; Ra 12.5) Точение (IT 10; Ra 6.3) Шлифование (IT 9; Ra 3,2)	3,4
13	3,2	6	Точение (IT 13; Ra 12.5) Точение (IT 10; Ra 6.3) Шлифование (IT 6; Ra 1,6)	3,4
1, 2, 3, 5, 12, 15	6,3	14	Точение (IT 13; Ra 12.5) Точение (IT 10; Ra 6.3)	2,2
4, 7, 8, 14	6,3	14	Точение (IT 10; Ra 6.3)	1,2
16, 27-29	6,3	14	Сверление (IT 13; Ra 6,3)	1,2
19, 20, 23, 24	6,3	14	Фрезерование (IT 13; Ra 6,3)	1,5
9	3,2	11	Точение (IT 13; Ra 12.5) Точение (IT 10; Ra 6.3)	2,2
10, 11	3,2	11	Нарезание резьбы (IT 10; Ra 3,2)	1,2
21	3,2	7	Электроэрозионная обработка (IT 7; Ra 3,2)	3,0
22	3,2	11	Электроэрозионная обработка (IT 10; Ra 3,2)	3,0
25, 26	6,3	9H	Сверление (IT 13; Ra 6,3) Нарезание резьбы (9H, Ra 6,3)	2,4
17, 18	3,2	14	Фрезерование (IT 13; Ra 6,3) Фрезерование (IT 10; Ra 3,2)	2,5

Проектирование заготовки.

Рассчитаем припуски на диаметральный размер 25 мм. (таблица 5) и на остальные операции (таблица 6).

Таблица 5 – Припуски

Переходы		Элементы припусков			2Z min	Допу ск Td/IT	Размеры		Припуск	
		a	$\varepsilon_{уст}^{i-1}$	ρ^{i-1}			d^i min	d^i max	2Z min	2Z max
1	КГШП	0,360	-	0,666	-	1,4 Т3	30,796	32,196	-	-
2	Точить	0,100	0,380	0,040	2,2 54	0,33 IT13	28,542	28,872	2,254	3,324
3	Точить	0,050	0,090	0,027	0,3 97	0,084 IT10	28,145	28,229	0,397	0,643
4	Шлифов ать	0,025	0,040	0,013	0,1 97	0,052 IT6	27,948	28,000	0,197	0,229

Таблица 6 – Припуски

Операции		Поверхности	Припуск, мм
05	Токарная	1, 3 2	1,2max 2,0max
10	Токарная	5-7, 9, 12, 13	1,1max
20	Токарная	1, 2, 3	0,4max
25	Токарная	4-15	0,4max
30	Кругло-шлифовальная	6, 13	0,12
35	Фрезерно-расточная	17, 18, 20, 49 23, 24	5,0max 4,0

Принимаем следующие параметры заготовки: КГШП; индукционный нагрев; Т3; М2; С2; П.

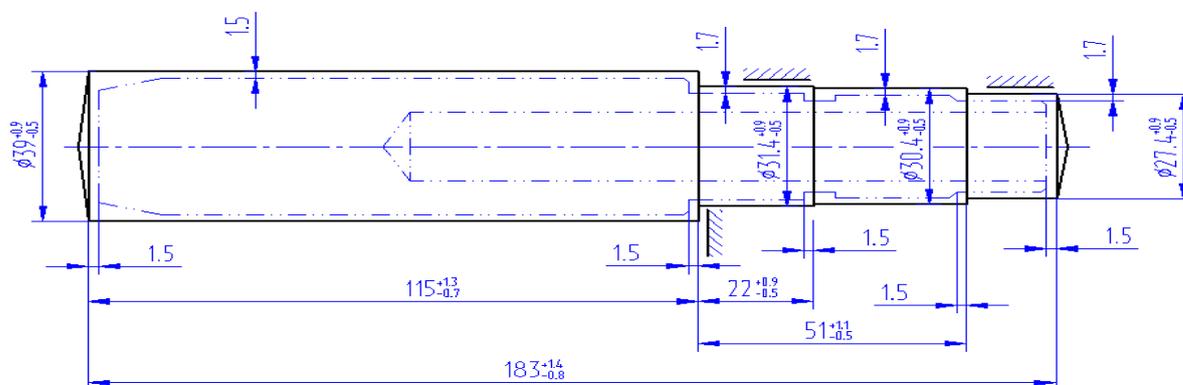


Рисунок 3 – Эскиз заготовки

Тогда

$$V = \frac{3,14}{4} \cdot 38^2 \cdot 189 = 214239 \text{ мм}^3;$$

$$M_{III} = 1,02 \cdot 1,4 = 1,43 \text{ кг};$$

$$K_{IM} = \frac{1,02}{1,43} = 0,71.$$

Разработка технологического маршрута.

Таблица 7 – Маршрут изготовления

Операция		Поверхности		Ra, мкм	IT	Оборудование
		база	обработка			
00	Заготовительная	-	-	40	T3	КГШП
05	Токарная	5,6	1-3	12,5	13	SAMAT-135NC
10	Токарная	1,3	5-7,9,12,13	12,5	13	SAMAT-135NC
15	Термическая					Печь
20	Токарная	5,6	1-3	6,3	10	SAMAT-135NC
25	Токарная	1,3	4-8,12-15	6,3	10	SAMAT-135NC
			9-11	3,2	10	
30	Кругло-шлифовальная	1,3	6	1,6	9	ЧПУ КШ-3CNC
			13	1,6	6	
35	Фрезерно-расточная	1,6,13	17	3,2	10	ЧПУ СТЦ Ф45
			18,19,20,23,24	6,3	13	
			16,27,28,29	6,3	13	
			25,26	6,3	9H	
			21,22	6,3	13	
			21 (центровка)	3,2	7	

Продолжение таблицы 7

Операция		Поверхности		Ra, мкм	IT	Оборудование
		база	обработка			
40	Электро-эрозионная	17,6,	21	3,2	7	СКЭКП4525
		13,1	22	3,2	10	
45	Слесарная					4407
50	Моечная					Машина моечная камерная
55	Гальваническая					
60	Контрольная					

Таблица 8 – Выбор оборудования

Операция		Станок	Приспособление
05 10	Токарная	SAMAT-135NC	3-х кулачковый патрон токарный ГОСТ 2675-80
05 10			Цанговый патрон токарный ГОСТ 17200-71
20 25			
30	Кругло-шлифовальная	КШ-3CNC	Цанговый патрон ГОСТ 17200-71
35	Фрезерно-расточная	СТЦ Ф45	Самоцентрирующее специализированное наладочное поворотное приспособление с пневмоприводом
40	Электроэрозионная	СКЭКП4525	Специализированное наладочное приспособление с пневмоприводом ГОСТ 12195-66
45	Слесарная	4407	
50	Моечная	Машина моечная	

Таблица 9 – Выбор инструмента

Операция		Режущий инструмент	Мерительный инструмент
05	Токарная	Проходной резец с механическим креплением ОСТ 2.И.10.1-83.	Шаблон ГОСТ 2534-73
010		Ромбическая пластина, Т5К10, покрытие (Ti,Cr)	Калибр-скоба ГОСТ 18355-73
20	Токарная	Проходной резец с механическим креплением ОСТ 2.И.10.1-83. Пластина Т15К6, покрытие (Ti,Si)	Калибр-скоба ГОСТ 18355-73 Шаблон ГОСТ 2534-79
25		Резьбовой резец с механическим креплением ОСТ 2.И.10.1-83. Резьбовая пластина Т15К6, покрытие (Ti,Si)	
30	Кругло-шлифовальная	Круг шлифовальный 91А F60 М ГОСТ Р 52781-2007	Калибр-скоба ГОСТ 18355-73
			Шаблон ГОСТ 2534-73
			Приспособление мерительное с индикатором
35	Фрезерно-расточная	Центровочное сверло ГОСТ 14952-75 Р6М5	Калибр-скоба ГОСТ 18355-73
		Специальное ступенчатое сверло ОСТ 2И21-2-76 Р6М5К5	Шаблон ГОСТ 2534-79
		Сверло спиральное ГОСТ 10903-77 Р6М5К5	
		Цельный зенкер с коническим хвостовиком ГОСТ 12489-71 Р6М5К5	
		Шпоночная фреза ГОСТ 9140-78 Р6М5К5,	
		Машинный метчик М5; М6 ГОСТ 3266-81 Р6М5К5	
		Машинная развертка цельная с цилиндрическим хвостовиком ГОСТ 1672-80 Р6М5К5	
40	Электроэрозионная	Графитовый электрод	Шаблон ГОСТ 2534-73

2.2 Проектирование технологических операций

Режимы на токарную операцию 020.

Обточить поверхности, выдержать размеры согласно рабочему чертежу.

Инструмент выбираем в таблице 9.

Выбираем станок модели SAMAT-135NC токарно-винторезный [12]

Припуск равен 0,4 мм

Величина перемещения инструмента 0,25 мм/об.

Скорость резания:

$$V = \frac{C_U}{T^m \cdot t^x \cdot S^y} \cdot K_U, \quad (16)$$

где выберем базовую величину C_U равную 420 [12];

время работы одной пластины T равное 60 мин;

табличные величины степеней: m равно 0.2, x равно 0.15, y равно 0.20 [12];

коэффициент, обеспечивающий условия обработки K_U примем равным 1.27.

Тогда

$$V = \frac{420}{60^{0.2} \cdot 0,4^{0.15} \cdot 0,25^{0.2}} \cdot 1,27 = 356 \text{ м/мин.}$$

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D}. \quad (17)$$

Тогда

$$n = \frac{1000 \cdot 356}{3,14 \cdot 36} = 3100 \text{ мин}^{-1}.$$

Определим составляющие силы резания по формуле:

$$P_Z = 10 \cdot C_P \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_P, \quad (18)$$

где C_p – коэффициент обработки равный 300 [12];

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

K_p – коэффициент коррекции.

$$K_p = K_{MP} \cdot K_{\varphi P} \cdot K_{\gamma P} \cdot K_{\lambda P} \cdot K_{rP} \quad (19)$$

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

Тогда

$$P_z = 10 \cdot 300 \cdot 0,4^{1,0} \cdot 0,25^{0,75} \cdot 356,1^{-0,15} \cdot 0,83 \cdot 0,89 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 131 \text{ Н.}$$

Определим требуемую мощность по формуле:

$$N = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60} \quad (20)$$

Тогда

$$N = \frac{131 \cdot 356}{1020 \cdot 60} = 0,76 \text{ кВт.}$$

При выборе необходимых параметров режимов резания необходимо сравнить полученные результаты выше с паспортными данными и техническими характеристиками выбранного оборудования. Расчеты показали, что скорость резания при точении – 356 м/мин требует от обрабатывающего оборудования силу резания – 131 Н. Это может быть достигнуто, если выбранное оборудование будет развивать обороты при точении 3100 мин^{-1} . Эти параметры могут установиться при обработке при минимальной мощности 0,76 кВт. У станка SAMAT-135NC мощность намного выше и равна 6 кВт, то есть использование возможно.

Обточить поверхности, выдержать размеры согласно рабочему чертежу.

Таблица 10 – Режимы резания

Операция		t, мм	S, мм/об.	V _{пр} м/мин	n _{пр} об./мин
05	Токарная	1,1	0,5	160	2000
		1,1	0,5	160	1750
10	Токарная	2,0	0,5	146	1250
		1,1	0,5	160	1400
20	Токарная	0,4	0,25	283	3200
25	Токарная	1,5	0,1	140	1850
		0,4	0,25	356	3100
		0,4	0,25	243	3200
30	Кругло-шлифовальная	0,12	0,006	35	460
		0,12	5	35	400
35	Фрезерно-расточная	2,0	0,06·2	35	1400
		5,0	0,04·2	26	1050
		5,0	0,1·2	32	850
40	Электроэрозионная	3max	6 мм/мин	-	-

Расчитанные нормы времени на все операции сведем в таблицу 11.

Таблица 11 – Нормы времени

Операция		T ₀	T _B	T _{оп}	T _{об,от}	T _{п-з}	T _{шт}	n	T _{шт-к}
05	Токарная	0,106	0,851	0,957	0,057	17	1,014	236	1,086
10	Токарная	0,142	0,772	0,914	0,055	17	0,969	236	1,041
20	Токарная	0,140	1,292	1,432	0,086	24	1,518	236	1,620
25	Токарная	0,174	0,799	0,973	0,058	17	1,031	236	1,103
30	Кругло-шлифовальная	0,260	0,839	1,099	0,097	21	1,196	236	1,285
35	Фрезерно-расточная	7,069	1,867	8,936	0,536	46	9,472	236	9,667
40	Электроэрозионная	6,205	1,031	7,236	0,434	22	7,670	236	7,763

В таблице 11 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.

В разделе решены вопросы технологического характера.

3 Проектирование специальных средств оснащения

Рассмотрим возможность автоматизации механической обработки на 020 токарной операции. Обработка проводится на станке модели SAMAT-135NC токарно-винторезном. Проведем математическое моделирование контактной задачи между заготовкой и режущим инструментом, что будет основой для разработки системы автоматического управления процессом резания.

Примером упругопластического поведения материала являются контактные деформации при сжатии шероховатых поверхностей деталей технологического оборудования. Сложность постановки подобного класса задач и трудности получения их теоретических решений выявили преобладание в использовании экспериментальных (оптических) методов исследований. Однако для физического моделирования упруго-пластических контактных задач вопросы подобия до сих пор мало исследованы. Для преодоления указанных ограничений и получения соответствующих критериев подобия, условий моделирования и формул пересчета сходственных величин с модели на натуру, проведен критериальный анализ основной смешанной краевой упруго-пластической контактной задачи.

Ограничимся рассмотрением малых деформаций упруго-пластических тел. При малых деформациях их симметричный тензор ε_{ij} , выражается через вектор перемещения \bar{u}_i в прямоугольной декартовой системе координат. В рассматриваемом приближении не существенно, относятся ли координаты тела к деформированному или к недеформированному состоянию.

Аналогично, тензор скоростей деформаций ε_{ij} выражается через скорости смещений \dot{u}_i посредством соотношений.

$$\varepsilon_{ij} = \dot{u}_{i,j} + \dot{u}_{j,i} \quad (i, j = 1, 2, 3) \quad (21)$$

В (21) точка над соответствующей величиной означает частную производную по времени

$$\dot{\varepsilon}_{ij} = \partial \varepsilon_{ij} / \partial t, \dot{u}_{i,j} = \frac{\partial}{\partial t} (\partial u_i / \partial x_j), \dot{u}_{j,i} = \frac{\partial}{\partial t} (\partial u_j / \partial x_i). \quad (22)$$

Изменения в геометрии, вызванные деформацией, не учитываются также и при составлении уравнений равновесия. Поэтому несущественно, будет ли симметричный тензор напряжений отнесен к деформированному или недеформированному состоянию. Действительные полные деформации $\dot{\varepsilon}_{i,j}$ элемента тела можно представить в виде суммы упругих деформаций $\varepsilon_{i,j}^2$ и пластических деформаций $\varepsilon_{i,j}^p$, а также их скоростей.

$$\varepsilon_{i,j}^0 = \varepsilon_{ij}^l + \varepsilon_{ij}^p, \dot{\varepsilon}_{ij} = \dot{\varepsilon}_{ij}^l + \dot{\varepsilon}_{ij}^p. \quad (23)$$

Первое соотношение (23) обосновано деформационной теорией, в которой упругие и пластические деформации определяются путем введения промежуточного ненапряженного состояния, получающегося из упруго-пластической конфигурации с помощью процесса чисто упругой разгрузки. Получающаяся в результате конфигурация не является вообще физически непрерывной, но она полезна в том смысле, что дает логическое разделение упругих пластических компонент деформации.

Если поверхность текучести регулярна в окрестности точки на этой поверхности, то есть, если она имеет непрерывно изменяющуюся касательную, то уравнение этой поверхности, где знак функции текучести f (симметричной относительно σ_{ij} и σ_{ji}) выбран так, что в упругой области функция отрицательна. Теперь скорости пластической деформации определяются законом течения

$$\dot{\varepsilon}_{ij}^2 = \lambda \partial f \cdot (\sigma_{ij}) / \partial \sigma_{ij}, \quad (24)$$

где λ равна 0, если f меньше 0.

Из (24) следует, что функция текучести играет роль потенциала для скоростей пластической деформации, то есть является пластическим потенциалом.

Для полноты постановки рассматриваемой задачи необходимо присоединить условие пластической несжимаемости материала:

$$\dot{\varepsilon}_{ii}^P = \dot{\varepsilon}_{11}^P + \dot{\varepsilon}_{22}^P + \dot{\varepsilon}_{33}^P = 0 \quad (25)$$

Смешанная краевая упругопластическая контактная задача должна включать также граничное условие

$$\dot{u}_i = \dot{u} \quad (i = 1, 2, 3) \quad (26)$$

При взаимодействии, например, сферических поверхностей, в зависимости от условий контактирования могут иметь место четыре типа краевых задач.

В соответствии с теорией подобия и анализом размерностей введем в указанную систему уравнений масштабы подобных преобразований согласно линейно-однозначному соответствию сходственных величин в натуре модели.

Для реализации подобия в натуре и модели напряженно-деформированного состояния контактирующих упруго-пластических тел необходимо положить равным единице все соотношения масштабов. С учетом этого, систему индикаторов подобия можно записать:

$$\frac{k_u}{k_l} = \frac{k_{\dot{u}}}{k_{\dot{\varepsilon}} k_l} = \frac{k_{\sigma}}{k_y k_l} = \frac{k_{\sigma}}{k_p} = \frac{k_l k_f}{k_{\sigma} k_{\varepsilon^p}} = \frac{k_u}{k_l k_t k_{\varepsilon^p}} = \frac{k_{\dot{u}}}{k_{\dot{u}0}} = \frac{k_{\dot{u}'_n}}{k_{\dot{u}''_n}} = \frac{k_i}{k_p k_{\sigma}} = 1. \quad (27)$$

Последний индикатор подобия в (27) показывает, что значения коэффициентов трения в натуре и модели должны совпадать:

$$k_p = \frac{\rho_n}{\rho_m} = 1, \text{ то есть } \rho_n = \rho_m. \quad (28)$$

Из системы соотношений (27) путем замены масштабов подобия отношениями входящих в них величин для натуре и модели, получим критерии подобия.

Задаваясь масштабом геометрического подобия следует, что

$$k_u = k_l, \quad (29)$$

то есть при моделировании должны соблюдаться равенство масштабов геометрического подобия и перемещений, откуда вытекает зависимость:

$$(u_i)_n = k_l (u_i)_m, (i = 1, 2, 3) \quad (30)$$

для пересчета величин перемещений с модели на натуре, откуда следует формула пересчета скоростей деформаций с модели на натуре

$$\dot{\varepsilon}_n = (k_{\dot{u}} / k_l) \dot{\varepsilon}_m \quad (31)$$

Критерий подобия системы однозначно определяет идентичность величин напряжений в натуре и модели, обусловленных действием собственного веса моделируемых тел

$$\sigma_n = [(jl)_n / (jl)_m] \sigma_m \quad (32)$$

Заданием масштаба силового подобия k_p однозначно определяется масштаб соответствующих напряжений для объемных задач:

$$\sigma_n = (k_p / k_l^2) \sigma_m = \frac{p_n l_m \sigma_0^{1-0}}{p_m l_n d} n \quad (33)$$

и для плоских задач:

$$\sigma_n = (k_p / k_l k_d) \sigma_m = \frac{p_n l_m d_n \sigma_0^{1-0}}{p_m l_n d_m d} n \quad (34)$$

где d - толщина модели,

n - порядок интерференционной полосы,

σ_0^{1-0} - цена полосы модели по напряжениям.

Далее можно однозначно определить масштаб скоростей, пластической деформации

$$\varepsilon_n^p = (k_u / k_l k_t) \varepsilon_m^p \quad (35)$$

Зная масштабы подобия $k_{\varepsilon^p}, k_t, k_\sigma$, следует однозначное определение масштаба функций текучести, откуда следует, что

$$f_n(\sigma_{ij}) = k_\sigma k_{\varepsilon^p} k_t f_m(\sigma_{ij}) \quad (36)$$

С учетом зависимости (34) можно связать масштаб функций текучести с масштабом силового подобия:

$$k_f = k_p k_{\dot{\varepsilon}^p} k_t / k_l^2 \quad (37)$$

или выразить напряжения σ_{ij} через масштабы подобия:

$$(\sigma_{ij})_H = [k_f / k_{\dot{\varepsilon}^p} k_t] (\sigma_{ij})_M. \quad (38)$$

Далее имеем

$$k_\tau = \frac{k_E k_u}{k_{(1+\mu)} k_l} = k_\sigma. \quad (39)$$

Согласно последнему индикатору подобия в системе (39) имеем

$$k_\varepsilon = k_u / k_l k_{(1+\mu)} \quad (40)$$

Или

$$\frac{k_{(1-\mu^2)}}{k_\varepsilon} = \frac{k_u k_l}{k_p}. \quad (41)$$

Окончательно получаем

$$\left[\frac{k_l k_{\dot{\varepsilon}^p} k_f}{k_p k_\sigma k_{\dot{\varepsilon}^p}} \right]_1 \cdot \left[\frac{k_p k_\sigma k_{\dot{\varepsilon}^p}}{k_l k_{\dot{\varepsilon}^p} k_f} \right]_2 = \frac{(k_1 + k_2)_H}{(k_1 + k_2)_M}, \quad (42)$$

Зависимость (42) в представленной форме иллюстрирует взаимосвязь характеристик физико-механических свойств материалов контактирующих тел с параметрами напряженно-деформированного состояния.

В рассматриваемой контактной задаче пластическая область образуется на контактной поверхности в более пластической сфере, то есть с меньшим пределом текучести σ_s вблизи номинальной концентрации контактных напряжений. Соответственно можем получить три группы движений при формообразовании обрабатываемой поверхности (таблица 12).

Таблица 12 – Схемы и законы формообразования

№	Формообразующее движение	Характеристика движения
1		Подъем Спуск Подъем с мгновенными остановками
2		Остановка Подъем Спуск Остановка
3		Остановка Подъем Остановка

Решения не одномерных контактных упругопластических задач сопряжены со значительными математическими трудностями. Эти трудности преодолимы при использовании методов физического моделирования и поляризационно-оптических методов измерения напряжений. Однако их применение для практического моделирования упругопластических контактных задач сдерживается отсутствием формул подобия и условий моделирования этого нелинейного класса задач механики деформируемого твердого тела. Разработки этих вопросов позволяет открыть принципиальные

возможности экспериментальных исследований упругопластических контактных задач.

Разработанный математический аппарат позволяет автоматизировать 020 токарную операцию и рассчитать систему автоматического управления процессом резания при обработке на станке модели SAMAT-135NC токарно-винторезном.

В разделе была спроектирована система автоматического управления.

4 Безопасность и экологичность технического объекта

Объектом исследования в разделе является технологический процесс изготовления корпуса толкателя. 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 13 приведем характеристики технического объекта.

Таблица 13 – «Технологический паспорт технического объекта»

Технологический процесс	Технологическая операция, вид выполняемых работ	Наименование должности работника, выполняющего технологический процесс, операцию	Оборудование, техническое устройство, приспособление	Материалы, вещества» [5]
Техпроцесс изготовления корпуса	Токарная операция	Оператор станков с ЧПУ	SAMAT-135NC, 3-х кулачковый патрон токарный ГОСТ 2675-80	Сталь 40X по ГОСТу 4543, СОЖ, ветошь
Техпроцесс изготовления корпуса	Фрезерно-расточная	Фрезеровщик	Фрезерно-расточной с ЧПУ СТЦ Ф45, цанговый патрон ГОСТ 17200-71	Сталь 40X по ГОСТу 4543, СОЖ, ветошь
Техпроцесс изготовления корпуса	Электроэрозионная	Оператор станков с ЧПУ	СКЭКП4525 с ЧПУ ZS 2000, 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 корпуса толкателя. Рассматриваются

три технологические операции: токарная, фрезерно-расточная и электроэрозионная.

4.2 Идентификация профессиональных рисков

В таблице 14 показаны и идентифицированы производственные риски, связанные с изготовлением корпуса.

Таблица 14 – «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, кругло-шлифовальная, фрезерно-расточная, электроэрозионная	<p>Факторы физического воздействия:</p> <p>Неподвижные части колющие, режущие, обдирающие части твердых объектов Движущиеся твердые объекты</p> <p>ОВПФ, связанные с чрезмерным высоким уровнем температуры объектов</p> <p>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 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 15)

Таблица 15 – «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	-

Продолжение таблицы 15

«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 акустическими колебаниями твердых тел	Использование звукопоглощающих Материалов Инструктажи по охране труда	Применение противозумных вкладышей
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 16 – 18 показаны опасные факторы пожара и его класс, рассмотрены потенциальные источники пожарной опасности и те средства, которые необходимы для устранения опасности. Предлагаются меры организационного характера для исследуемого технического объекта.

Таблица 16 – «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 Ф45. СКЭКП4525.	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 17 – «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 18 – «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. SAMAT-135NC. СТЦ Ф45. СКЭКП4525.	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 19 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 толкателя на окружающую среду (таблица 20).

Таблица 19 – «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 корпуса	SAMAT-135NC. СТЦ Ф45. СКЭКП4525.	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 20 – «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 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 корпуса толкателя 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 толкателя. Рассматривались три технологические операции: токарная, фрезерно-расточная и электроэрозионная (таблица 13). В таблице 14 показаны производственные риски, связанные с изготовлением корпуса. Здесь приводится систематизация производственно-технологических и эксплуатационных рисков, источником которых являются оборудование - токарно-винторезный с ЧПУ SAMAT-135NC, фрезерно-расточной с ЧПУ СТЦ Ф45, электроэрозионный с ЧПУ СКЭКП4525; приспособления – 3-х кулачковый патрон токарный ГОСТ 2675-80, Цанговый патрон токарный ГОСТ 17200-71, СНП ГОСТ 12195-66; инструмент – резец проходной с ромбической пластиной по ОСТу 2И.101-83, графитовый электрод и материалы – сталь 40Х по ГОСТу 4543, СОЖ, ветошь, используемые при изготовлении вала-шестерни.

Для снижения рисков предложены методы и средства, которые необходимо и достаточно использовать при защите от вредных и опасных производственных факторов при изготовлении корпуса (таблица 15). В таблицах 16 – 18 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 19 указаны опасные вредные производственные факторы, являющиеся экологически опасными факторами

исследуемого технического объекта. Разработаны как дополнительные, так и альтернативные мероприятия организационно-технического характера (таблица 20) для снижения негативного антропогенного воздействия технологического процесса изготовления корпуса толкателя на окружающую среду.

5 Экономическая эффективность работы

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

Основанием для экономического обоснования, является предложение внедрить автоматизацию операций, которая предлагает разработку системы автоматизированного управления (САУ) поперечной подачи на токарной операции 020 технологического процесса изготовления корпуса толкателя.

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 4.

Анализируя, представленные на рисунке 4, данные, можно сделать вывод о том, что два показателя: заработная плата и соответственно начисления на заработную плату имеют тенденцию к снижению. Другими словами, расходы по этим показателям в проектном варианте меньше базовых значений на 25,9 % или в рублевом эквиваленте, разница составляет 0,96 руб. Однако, расходы на содержание и эксплуатацию оборудования

имеют обратные изменения, то есть расходы базового варианта меньше значений проектного варианта на 1,39 руб. Это обосновывается условиями совершенствования технологического процесса, то есть внедрением системы автоматизированного управления. Данная величина превышает изменения по снижению расходов на заработную плату и начислениям, поэтому, при определении технологической себестоимости, базовый вариант имеет более низкие расходы на выполнение 020 токарной операции. Но говорить о том, что проектируемый вариант не является эффективным, пока еще рано.

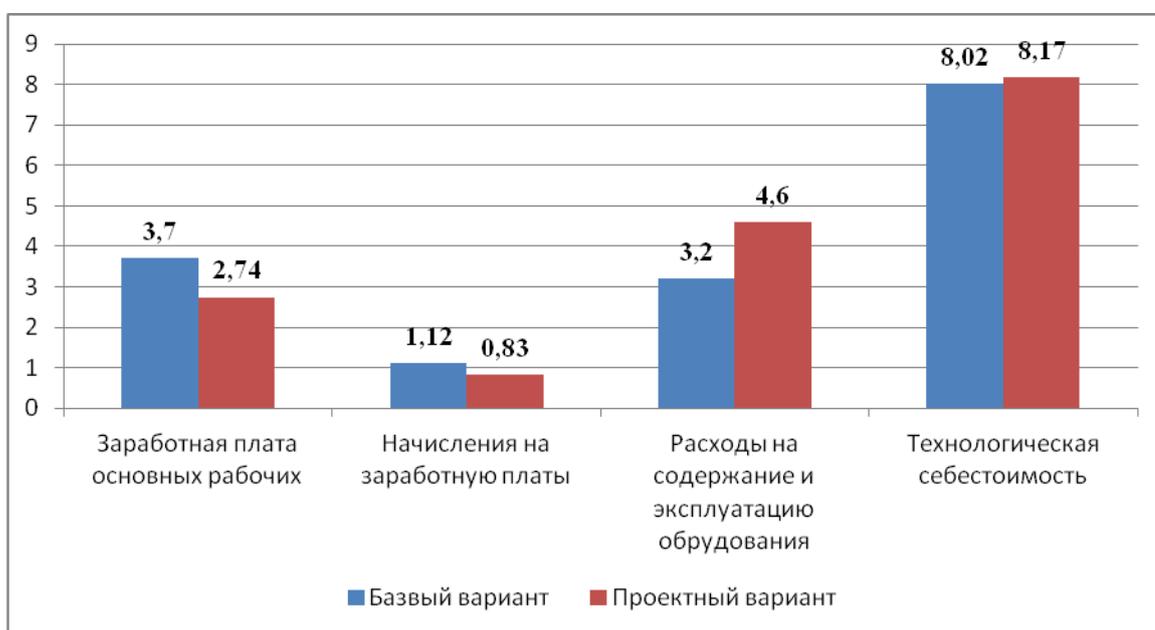


Рисунок 4 – Расчет технологической себестоимости, руб.

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 5.

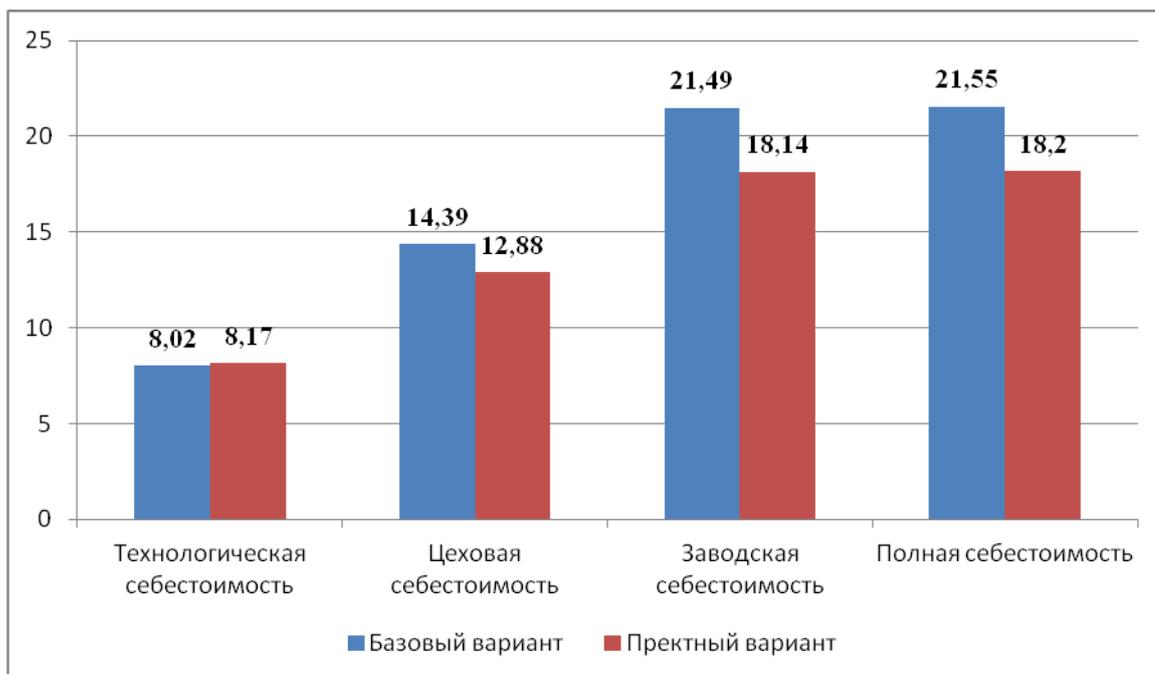


Рисунок 5 – Калькуляция себестоимости, руб.

Как видно из рисунка 5, абсолютно все параметры по обоим вариантам имеют тенденцию к увеличению. Однако, сравнивая значения по вариантам, можно сказать, что только у технологической себестоимости базовый вариант выполнения операции имеет меньшее значение, все остальные параметры, в проектном варианте расходуют меньше при выполнении операции 020. Итоговая разница полной себестоимости между сравниваемыми вариантами составляет 3,35 руб., т. е. выполнить операцию 020 токарную по технологическому процессу проектируемого варианта будет на 15,55 % дешевле.

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 26613,29 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 3 года, что позволяет говорить об эффективности предлагаемых мероприятий. Второй – интегральный экономический эффект, с величиной значения 3981,93 рублей. Если величина этого показателя положительная, то проект можно считать эффективным. И третий – индекс доходности, со значением 1,15 руб./руб. Данное значение показывает, сколько предприятие получит прибыли, на каждый вложенный рубль, то есть, вложив 1 рубль, предприятие получит 1,15 рублей. Подводя общий итог, можно сказать, что предлагаемые совершенствования рекомендуются к внедрению, потому что расчеты доказали его эффективность.

В разделе рассчитана экономическая эффективность.

Заключение

При выполнении выпускной квалификационной работы были получены следующие результаты: Спроектирована заготовка, экономически обоснована, с наибольшим коэффициентом использования материала. Усовершенствован технологический процесс изготовления корпуса толкателя 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.

В выпускной квалификационной 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. Разработанный математический аппарат позволил автоматизировать 020 токарную операцию и рассчитать систему автоматического управления процессом резания при обработке на станке модели SAMAT-135NC токарно-винторезном. 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 обработки.

Список используемых источников

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

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

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

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

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

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

Приложение А

Маршрутная карта

ГОСТ 3.1118-82 Форма 1

Дубл.	Взам.	Подл.											01101	25211	1	2	
Разраб.	Халилов																
Пров.	Гуляев																XXXX XXXX
																	10141 00001
Н. Контр.	Гуляев																
M01 Сталь 40X ГОСТ 4543-2016																	
	Код	ЕВ	МД	ЕН	Н.расх.	КИМ	Код.загот.	Профиль и размеры	КД	МЗ							
M02	-	166	1,02		0,70	41211XXX	∅39x183	1	1,44								
А	цех	Уч.	РМ	Опер.	Код, наименование операции	Обозначение документа											
Б	Код, наименование оборудования				СМ	Проф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Кшт	Пз.	Тшт.		
01A	XXXXXX	005	4110	Токарная	ИОТ И 37.101.7034-93												
02Б	391148XXX	SAMAT-135NC	2	15929	411	1P	1	1	1	236	1	17	0,969				
03Т																	
04Т	XXXXXX	010	4110	Токарная	ИОТИ 37.101.7034-93												
05	391148XXX	SAMAT-135NC	2	15929	411	1P	1	1	1	236	1	17	1,014				
06А																	
07Б	XXXXXX	015	0511	Термическая													
08Т																	
09Т	XXXXXX	020	4110	Токарная	ИОТИ 37.101.7034-93												
10	391148XXX	SAMAT-135NC	2	15929	411	1P	1	1	1	236	1	17	1,031				
11А																	
12	XXXXXX	025	4110	Токарная	ИОТ И 37.101.7034-93												
13А	391148XXX	SAMAT-135NC	2	15929	411	1P	1	1	1	236	1	24	1,518				
14Б																	
МК																	

Продолжение приложения А

ГОСТ 3.1118-82 Форма 1

Дубл. Взам. Подл.											01101 25211		2		2		
	цех	Уч.	РМ	Опер.	Код, наименование операции	СМ	Проф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Кшт	Тпз.	Тшт.	
А	Б	Обозначение документа															
01Т	XXXXXX	030	4131	Круглошлифовальная	ИОТ И 37.101.7419-85												
02Т	38132XXX			КШ-3СНС	2 18873 411 1Р	1	1	1	1	1	1	1	236	1	19	1,196	
03																	
04А	XXXXXX	025	4260	Фрезерно-расточная	ИОТ И 37.101.7026-89												
05Б	3816XXX			СТЦ Ф45	2 18632 411 1Р	1	1	1	1	1	1	1	236	1	46	9,472	
06Т																	
07Т	XXXXXX	030	3520	Электроэрозионная	ИОТ И 37.101.7026-89												
08Т	3816XXX			СКЭКП4525	2 18632 411 1Р	1	1	1	1	1	1	1	236	1	22	7,670	
09																	
10А	XXXXXX	035	0130	Моечная													
11Б	375698XXX			КММ													
12Т																	
13Т	XXXXXX	040	0511	Гальваническая													
14Т																	
15	XXXXXX	045	0200	Контрольная													
16А																	
17Б																	
18Т																	
МК																	

Приложение Б

Операционные карты

ГОСТ 3.1404-86 Форма 3

Дубл.																							
Взам.																							
Подл.																							
Разраб.	Халитов																						
Пров.	Гуляев																						
Н. Контр.	Гуляев																						
Наименование операции		Материал		твердость		ЕВ		МД		Профиль и размеры		МЗ		КОИД		Цех		Уч.		РМ		Опер	
4110 Токарная		40Х ГОСТ 4543-2016		180 НВ		166		1,02		Ø39x183		1,44		1		01101.24205		1		2		XXXX.XXXX 10141.00001	
Оборудование, устройство ЧПУ		Обозначение программы		То		Тв		Тлз		Тшт		СОЖ											
SAMAT-135NC		XXXXXX		0,174		0,799		17		1,031		Украинол-1											
P				ПЛ	D или B	L	t	i	S	n	V												
01					ММ	ММ	ММ	ММ	ММ/об	об/мин	М/мин												
020	1. Установить и снять заготовку																						
03Т	396111XXX- патрон цанговый самоцентрирующий																						
04О	2. Точить поверхн., выдерж. разм. 1-4																						
05Т	392195XXX- резец-ставка 25x25 ОСТ 2.И. 10.1-83 Т15К6; 393120XXX- калибр-скоба ГОСТ 2216-84;																						
06Т	393120XXX- шаблон ГОСТ 9038-83																						
07Р				XX	36	135	0,40	1	0,25	3150	356,1												
08																							
09																							
10																							
11																							
12																							
ОКП																							

Продолжение приложения Б

ГОСТ 3.1404-86 форма 3

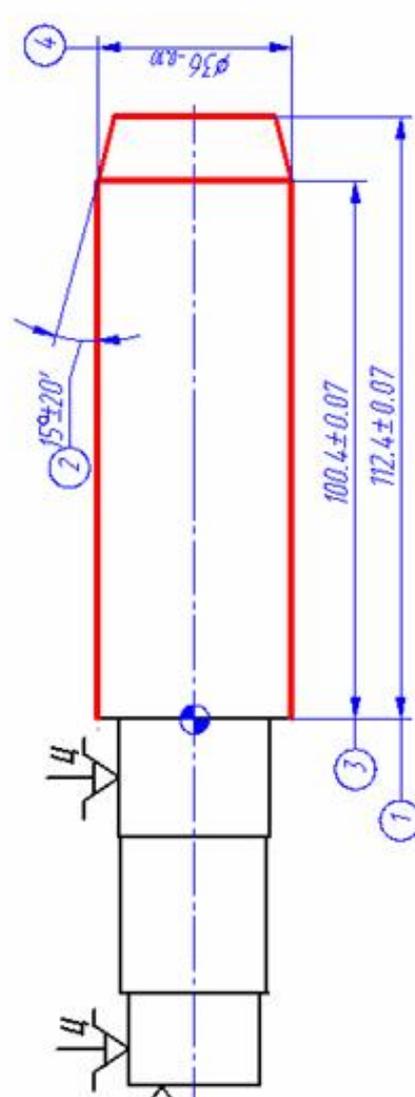
Дубл.																				
Взам.																				
Любл.																				
Разраб.	Халитов																			
Пров.	Гуляев																			
Н. Контр.	Гуляев																			
Наименование операции			Корпус толкателя																	
4131 Круглошлифовальная		Материал	твердость		ЕВ	МД	Профиль и размеры			МЗ	КОИД									
Оборудование, устройство ЧПУ		40X ГОСТ 4543-2016	180 НВ	166	1,02	Ø39x183			1,44	1										
3М151Ф2		Обозначение программы	To	Тв	Тпз	Тшт	СОЖ													
		XXXXXX	0,260	0,839	21	1,196	Укринол-1													
Р			ПИ	Д или В	L	t	i	S	n	V										
01											мм	мм	мм/ход	об/мин	м/мин					
020	1. Установить и снять заготовку																			
03Т	396111XXX- патрон цанговый ГОСТ 17200-71																			
040	2. Шлифовать поверхн., выдерж. разм. 1-2																			
05Т	391810XXX- шлифовальный круг 1 400x15x127 91А F60 L 6 V А 35 м/сс 2 кл. ГОСТ Р 52781-2007;																			
06Т	393120XXX- шаблон ГОСТ 9038-83; 393120XXX- калибр-скоба ГОСТ 2216-84;																			
07Т	393140XXX- приспособление мерительное с индикатором																			
08Р			XX	24	16	0,12	1	0,006	464	35										
09Р			XX	28	22	0,12	1	0,006	398	35										
10																				
11																				
12																				
ОКП																				

Приложение В

Карта эскизов

	ГОСТ 3.1105-84		Форма 7
Дудл.			
Взам.			
Подп.			
Разраб.	Ха литов		
Проб.	Гуляев		
Н.контр.	Гуляев		
ТГУ		01101.24.205.1	
Корпус толкателя		Цех	Уч. РМ
			Опер. 020





КЭ

