

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Тольяттинский государственный университет»

Институт машиностроения
(наименование института полностью)

Кафедра «Оборудование и технологии машиностроительного производства»
(наименование)

15.03.05 «Конструкторско-технологическое обеспечение
машиностроительных производств»
(код и наименование направления подготовки, специальности)

Проектирование технологических процессов
(направленность (профиль)/ специализация)

**ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА
(БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА)**

на тему Технологический процесс изготовления корпуса делительного
механизма

Студент	<u>П.А. Бегутов</u> (И.О. Фамилия)	_____	(личная подпись)
Руководитель	<u>к.т.н., доцент В.А. Гуляев</u> (ученая степень, звание, И.О. Фамилия)	_____	
Консультанты	<u>к.э.н. Н.В. Зубкова</u> (ученая степень, звание, И.О. Фамилия)	_____	
	<u>к.т.н., доцент А.В. Краснов</u> (ученая степень, звание, И.О. Фамилия)	_____	

Тольятти 2020

Аннотация

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

Пояснительная записка состоит из 56 страниц, а графическая часть из 7 листов формата А1.

В работе предлагается разработать систему 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.

Изготавливаемая деталь должна быть как можно качественнее и при этом удовлетворять определенным заданным техническим требованиям, а также быть при этом как можно дешевле при изготовлении. Отсюда вытекает цель выпускной квалификационной работы: усовершенствовать базовый технологический процесс изготовления корпуса делительного механизма и приведение его к оптимальному варианту.

В работе решены ряд вопросов по проектированию техпроцесса изготовления корпуса. Анализ показал необходимую технологичность, то есть возможность обработки детали. Рассмотрена возможность обработки материала, из которого выполнена заготовка. Соответствующим образом выбрано оборудование и инструмент для обеспечения качества механической обработки.

Содержание

Введение.....	3
1 Анализ исходных данных.....	5
1.1 Служебное назначение детали.....	5
1.2 Задачи работы.....	8
2 Разработка технологической части работы.....	10
2.1 Проектирование заготовки и выбор методов обработки.....	10
2.2 Проектирование технологической операции.....	18
3 Проектирование специальных средств оснащения.....	23
4 Безопасность и экологичность технического объекта.....	28
4.1 Конструктивно-технологическая и организационно-техническая характеристики рассматриваемого технического объекта.....	28
4.2 Идентификация профессиональных рисков.....	29
4.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков.....	30
4.4 Обеспечение пожарной безопасности технического объекта.....	31
4.5 Обеспечение экологической безопасности технического объекта.....	32
4.6 Заключение по разделу.....	34
5 Экономическая эффективность работы.....	36
Заключение.....	40
Список используемых источников.....	41
Приложение А.....	44
Приложение Б.....	48
Приложение В.....	53

Введение

На этапе предварительного проектирования уже просто невозможно решить некоторые важные задачи без использования САЕ-систем (Computer Aided Manufacturing). Такие системы включают в себя различные классические инженерные методы расчетов на прочность, устойчивость, динамические расчеты, определение переходных и частотных характеристик проектируемой системы (MathCAD, MathLAB, Simulink). Производится математическое моделирование напряженно-деформированного состояния с применением МКЭ, создание математического описания сложных геометрических поверхностей с использованием 3D сплайн-функций (Solid Works, ANSYS).

Любая деталь должна быть как можно качественнее и при этом удовлетворять определенным заданным техническим требованиям, а также быть при этом как можно дешевле при изготовлении. Отсюда вытекает цель выпускной квалификационной работы: усовершенствовать базовый технологический процесс изготовления корпуса делительного механизма и приведение его к оптимальному варианту. Одной из основных задач CALS-технологий в машиностроении можно считать полное электронное сопровождение всех этапов жизненного цикла изделия. Это означает, что, однажды созданная во время проектирования электронная модель изделия используется многократно как при изготовлении, так и при модернизации и ремонте. При автоматизации этапов жизненного цикла изделия используются прикладные программные средства (CAE/CAD/CAM), то для интеграции их согласно стратегии CALS необходимо наличие стандартного интерфейса к представляемым ими данным. Крупнейшие разработчики прикладных программ используют именно такой подход. 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. 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.

1 Анализ исходных данных

1.1 Служебное назначение детали и ее технологичность

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

Корпус является основой делительного механизма. Деталь является базой для установки остальных составляющих в узле делительного механизма.

Ниже приведен фрагмент делительного механизма, основой которого является корпус.

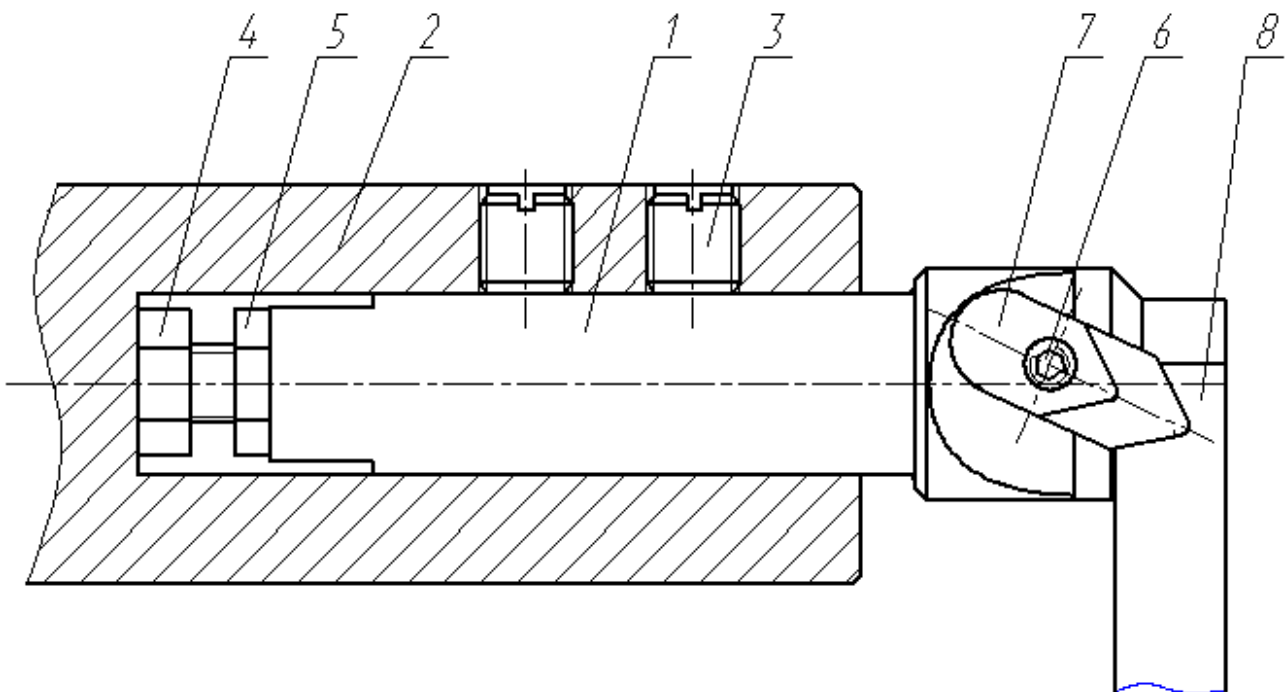


Рисунок 1 – Узел механизма

В делительном механизме с помощью винтов 3 корпус 1 устанавливается в оправке 2. С помощью гайки 5 в корпусе 1 фиксируется болт 4, который регулирует вылет корпуса. Рабочий узел 8 крепится к корпусу 1 с помощью прихвата 7 и винта 6.

Необходимо провести классификацию поверхностей корпуса, так как важно выявить все поверхности, которые влияют на выполнение корпусом своего служебного назначения (рисунок 2).

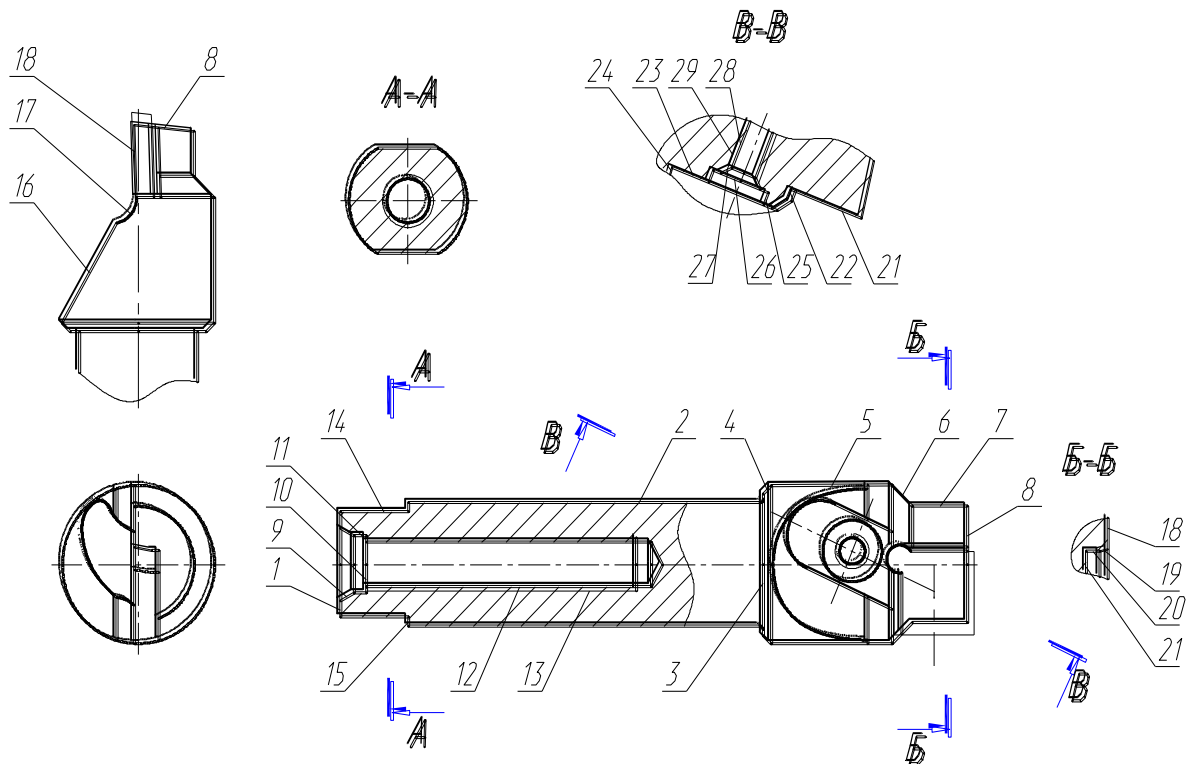


Рисунок 2 – Систематизация поверхностей

Проведем классификацию поверхностей корпуса: ИП – 20-21; ОКБ – 2; ВКБ – 13, 14, 23, 24 и 29; Остальные – свободные.

В качестве материала для изготовления корпуса выбираем сталь 40Х.

Таблица 1 – Состав материала

Элемент	Углерод	Фосфор	Медь	Никель	Сера	Хром	Магний	Кремний
		не более						
%	0,36-0,44	0,035	0,3	0,25	0,035	0,8-1,2	0,5-0,8	0,17-0,37

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

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

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.

Конструкция корпуса 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.

Основными недостатками заготовки для корпуса является невозможность образования отверстий на заготовительной операции. Поэтому на заготовительной операции необходимо предусмотреть наличие уклонов, а также для обеспечения свободного удаления заготовки из формы по возможности плоскую поверхность разъема. Основным преимуществом заготовки для корпуса является простота ее геометрической формы, поэтому предоставляется возможность формирования без последующей обработки нескольких поверхностей уже на заготовительной операции.

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

В предлагаемом технологическом процессе базовые поверхности обладают достаточной протяженностью, поэтому обеспечивается достаточно устойчивое положение заготовки при обработке, достаточная точность и шероховатость.

Предлагаемые требования могут быть достигнуты при обработке на станках нормальной точности без применения специальных методов обработки. Назначим требования по точности и шероховатости для всех поверхностей.

1.2 Задачи работы

После комплексного анализа можно сформулировать задачи работы:

- Проектирование заготовки и расчет припусков.
- Разработка технологического процесса изготовления корпуса делительного механизма.
- Проектирование специальных средств оснащения.
- Проектирование технологических операций.
- Разработка мероприятий по охране и безопасности труда.

– Определение экономического эффекта.

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 работе необходимо решить ряд вопросов по проектированию техпроцесса изготовления корпуса делительного механизма. 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.

2 Разработка технологической части работы

2.1 Проектирование заготовки и выбор методов обработки

По исходным данным масса корпуса делительного механизма составляет 0,08 кг., а программа 5000 деталей. Определим тип производства как среднесерийное.

Выбор метода получения заготовки.

Для изготовления корпуса заготовку можно получить штамповкой или с помощью проката.

Проведем расчеты для первого варианта.

Массу заготовки $M_{ш}$ при штамповке определим по формуле

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

где $M_{д}$ – масса, кг;

$K_{р}$ равен 1,35.

$$M_{ш} = 0,08 \cdot 1,35 = 0,108 \text{ кг.}$$

Рассчитаем массу заготовки, полученной с помощью проката, используя формулу:

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

где V – объем заготовки, мм³;

γ – плотность материала заготовки, кг/мм³.

Размеры заготовки при прокате будем определять по формулам:

$$d_{пр} = d_{д}^{\max} \cdot 1,05, \quad (3)$$

где $d_{д}^{\max}$ – максимальный диаметр заготовки, мм.

$$d_{\text{ПР}} = 20 \cdot 1,05 = 21 \text{ мм.}$$

Принимаем $d_{\text{Д}}^{\text{max}}$ равным 21 мм.

$$l_{\text{ПР}} = l_{\text{Д}}^{\text{max}} \cdot 1,05, \quad (4)$$

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

$$l_{\text{ПР}} = 76,6 \cdot 1,05 = 80,43 \text{ мм.}$$

Принимаем $l_{\text{Д}}^{\text{max}}$ равным 81 мм.

Тогда:

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

$$V = \frac{3,14}{4} \cdot 21^2 \cdot 81 = 28041 \text{ мм}^3.$$

Масса заготовки из проката будет

$$M_{\text{ПР}} = 28041 \cdot 7,85 \cdot 10^{-6} = 0,22 \text{ кг}$$

Принимаем прокат.

Определять метод получения заготовки будем по минимальной себестоимости:

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

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 C_B равным 13,44 руб./кг, K_T равным 1,0, $K_{СЛ}$ равным 0,77, K_B равным 1,14, K_M равным 1,18 и $K_{П}$ равным 1,0

Тогда

$$C_3 = 13,44 \cdot 0,108 \cdot 1,0 \cdot 0,77 \cdot 1,14 \cdot 1,18 \cdot 1,0 = 18,30 \text{ руб.}$$

Обработку определим по формуле:

$$C_{МО} = (M_{Ш} - M_{Д}) \cdot C_{ВД}, \quad (8)$$

где $C_{ВД}$ – сьем 1 кг материала, руб./кг.

Будем определять затраты по формуле:

$$C_{ВД} = C_C + E_H \cdot C_K. \quad (9)$$

Принимаем E_H равным 0,16, C_C равным 17,8 руб./кг и C_K равным 39,2 руб./кг.

$$C_{МО} = (M_{Ш} - M_{Д}) \cdot C_{ВД} = (0,108 - 0,08) \cdot (17,8 + 0,16 \cdot 39,2) = 0,67 \text{ руб.}$$

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

$$C_{OTX} = (M_{ш} - M_{д}) \cdot Ц_{OTX} \quad (10)$$

$Ц_{OTX}$ равна 0,48 руб./кг. Тогда

$$C_{OTX} = (0,108 - 0,08) \cdot 0,48 = 0,01 \text{ руб.}$$

Получим из:

$$C_{д} = 18,30 + 0,67 - 0,01 = 18,96 \text{ руб.}$$

Из проката определим по формуле:

$$C_{ПР} = C_{МПР} \cdot M_{ПР} + C_{OЗ}, \quad (11)$$

где $C_{МПР}$ – стоимость 1 кг равная 14,4 руб./кг;

$C_{OЗ}$ – отрезка, руб.

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

где $C_{ПЗ}$ – затраты на рабочем месте равны 36,2 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:

$$T_0 = 0,19 \cdot d_{ПР}^2 \cdot 10^{-3} \quad (14)$$

Тогда согласно (11-14):

$$T_0 = 0,19 \cdot 34^2 \cdot 10^{-3} = 0,22 \text{ руб.}$$

$$T_{шт} = 0,22 \cdot 1,5 = 0,33 \text{ руб.}$$

$$C_{оз} = \frac{36,2 \cdot 0,33}{60} = 0,20 \text{ руб.}$$

$$C_{пр} = 14,4 \cdot 0,22 + 0,20 = 3,37 \text{ руб.}$$

$$C_{мо} = 0,67 \text{ руб.}$$

$$C_{отх} = 0,01 \text{ руб.}$$

$$C_{д} = C_{з} + C_{мо} - C_{отх} = 18,96 \text{ руб.}$$

Сравним варианты исходных заготовок. Для этого определим

$$K_{им} = \frac{M_{д}}{M_{з}} \quad (15)$$

$$\text{Штамповка: } K_{им} = \frac{0,08}{0,108} = 0,74.$$

$$\text{Прокат: } K_{им} = \frac{0,08}{0,22} = 0,36.$$

Определим годовой экономический эффект по формуле:

$$\mathcal{E}_Г = (C_{дш} - C_{дпр}) \cdot N_G, \quad (16)$$

где $C_{дш}$ – стоимость детали, если заготовка получена штамповкой;

$C_{дпр}$ – стоимость детали, если заготовка получена прокатом.

Тогда

$$\mathcal{E}_Г = (18,96 - 4,8) \cdot 5000 = 70800 \text{ руб.}$$

Исходя из полученного результата, делаем вывод: прокат выгоднее штамповки.

Выбор методов обработки.

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

Таблица 3 – Последовательность обработки

Поверхности	Порядок операций	Ra, мкм	IT
2	T – Tч – Ш – ТО – Шч	1,25	6
8	T – Tч – Ф – ТО	3,2	14
1, 3-7	T – Tч – ТО	3,2	14
13, 29	Pз – ТО	3,2	7H
9-12, 25-28	C – ТО	3,2	12
14-19	Ф – ТО	3,2	14
20-22		3,2	10
23, 24		3,2	11

Проектирование заготовки.

Для изготовления корпуса заготовку будем получать с помощью проката. Рассчитаем припуски с помощью табличного метода (таблица 4) и построим конфигурацию заготовки (рисунок 3).

Таблица 4 – Припуски на обработку

Операция	Поверхности	Припуск, мм
010 Токарная	1-3	1,6 max
015 Токарная	5-8	1,8 max
020 Токарная	1-3	0,3
025 Токарная	5-8	0,3
030 Бесцентрово-шлифовальная	2	0,075
065 Бесцентрово-шлифовальная	2	0,025

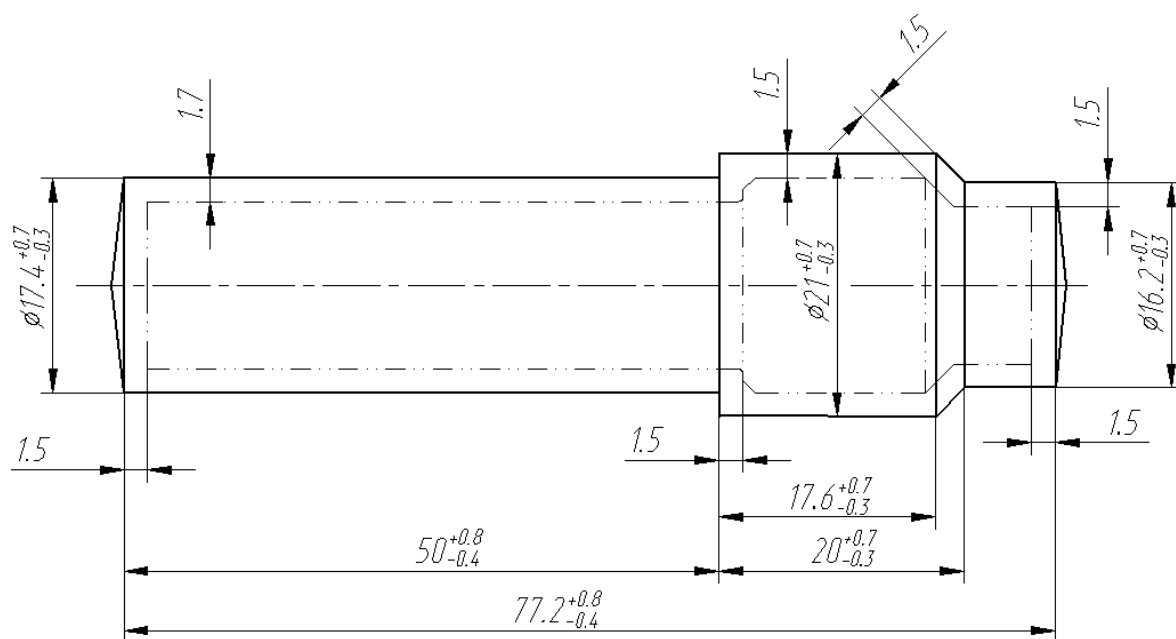


Рисунок 3 – Заготовка

Разработка технологического маршрута.

В таблице 5 представлен маршрут изготовления.

Таблица 5 – Маршрут изготовления корпуса

Операция	Поверхности	Базы	IT	Ra, мкм
005 Абразивно-отрезная	1, 8	5	14	12,5
010 Токарная	1-3	5, 8	13	6,3
015 Токарная	5-8	1, 2	13	6,3
020 Токарная	1-3	5, 8	10	3,2
025 Токарная	5-8	1, 2	10	3,2
030 Бесцентрово-шлифовальная	2	1, 2	8	1,6
035 Сверлильная	9-12	2, 8	12	3,2
	13		7H	3,2
	14, 15		13	3,2
040 Фрезерная	8, 16-19	1, 2	13	3,2
	20-22		10	3,2
	23,24		11	3,2
	25-28		12	3,2
	29		7H	3,2
065 Бесцентрово-шлифовальная	2	1, 2		1,25

В таблице 6 представлено оборудование, приспособления, инструмент и средства контроля на соответствующих технологических операциях разрабатываемого технологического процесса.

Таблица 6 – Выбор СТО

№	Операция	Оборудование	Технологическая оснастка		
			приспособление	инструмент	средства контроля
005	Абразивно-отрезная	Абразивно-отрезной СИ-30	УНП с призмами ГОСТ 12195-66	Шлифовальный круг ГОСТ Р	Штангенциркуль ШЦ2-250-0,1 ГОСТ 166-80
005	Абразивно-отрезная	Абразивно-отрезной СИ-30	УНП с призмами ГОСТ 12195-66	Шлифовальный круг ГОСТ Р	Штангенциркуль ШЦ2-250-0,1 ГОСТ 166-80
010 015	Токарная чистовая	Токарно-винторезный с ЧПУ ТС16А20Ф3	Патрон токарный 3-х кулачковый самоцентрирующий	Резец токарный проходной.	Шаблоны ГОСТ 2534-73, Калибр-скоба ГОСТ 18355-73
020 025	Токарная чистовая	Токарно-винторезный с ЧПУ ТС16А20Ф3	Патрон токарный 3-х кулачковый самоцентрирующий	Резец токарный проходной.	Шаблоны ГОСТ 2534-73, Калибр-скоба ГОСТ 18355-73
030	Бесцентрово-шлифовальная черновая	Бесцентрово-шлифовальный п/а 3М182А	Нож опорный (в комплекте станка)	Круг шлифовальный ГОСТ Р 52781-2007	Калибр-скоба ГОСТ 18355-73

Продолжение таблицы 6

№	Операция	Оборудование	Технологическая оснастка		
			приспособление	инструмент	средства контроля
035	Сверлильная	Станок сверлильно-фрезерно-расточной вертикальный с ЧПУ и АСИ 2С150ПМФ4	СНП с самоцентрирующими призмами и пневмоприводом ГОСТ 12195-66	Сверло комбинированное Р6М5К ОСТ 2И21-1-76 Машинный метчик ГОСТ 3266-81 Р6М5К5 Фреза концевая ГОСТ 17025-71 Р6М5К5	Шаблон ГОСТ 2534-73 Калибр-пробка ГОСТ14827-69
040	Фрезерная	Горизонтальный фрезерный обрабатывающий центр с ЧПУ СТЦ 63-90 А (650Н5)	СНП с самоцентрирующими призмами и пневмоприводом ГОСТ 12195-66	Фреза концевая ГОСТ 17025-71 Р6М5 Сверло комбинированное Р6М5К ОСТ 2И21-1-76 Метчик машинный ГОСТ 3266-81 Р6М5К5	Шаблон ГОСТ 2534-73
065	Бесцентрово-шлифовальная чистовая	Бесцентрово-шлифовальный п/а 3М182А	Нож опорный (в комплекте станка)	Круг шлифовальный ГОСТ Р 52781-2007	Калибр-скоба по ГОСТу 18355-73 Шаблон по ГОСТу 2534-79

2.2 Проектирование технологической операции

Расчет режимов на токарную операцию 025.

Обточить поверхности, выдержать размеры согласно рабочему чертежу.

Инструмент выбираем в таблице 6.

Выбираем станок модели ТС16А20Ф3 токарно-винторезный

Припуск равен 0,3 мм

Перемещение инструмента равно 0,15 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 420;

время работы одной пластины T равное 60 мин;

табличные величины степеней: m равно 0,2, x равно 0,15, y равно 0,20;

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

Тогда

$$V = \frac{420}{60^{0,2} \cdot 0,3^{0,15} \cdot 0,25^{0,2}} \cdot 0,77 = 249 \text{ м/мин.}$$

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

Тогда при точении поверхности с диаметром 13,2 мм:

$$n_1 = \frac{1000 \cdot 249}{3,14 \cdot 13,2} = 6008 \text{ мин}^{-1}.$$

При точении поверхности с диаметром 18 мм:

$$n_2 = \frac{1000 \cdot 249}{3,14 \cdot 18} = 4406 \text{ мин}^{-1}.$$

Проведем корректировку:

$$V = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000}. \quad (19)$$

При точении поверхности с диаметром 13,2 мм:

$$V_1 = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 13,2 \cdot 2000}{1000} = 83 \text{ м/мин};$$

при точении поверхности с диаметром 18 мм:

$$V_2 = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 18 \cdot 2000}{1000} = 113 \text{ м/мин};$$

Определим составляющие силы резания по формуле:

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p, \quad (20)$$

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

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

K_p – коэффициент коррекции.

$$K_p = K_{MP} \cdot K_{\varphi P} \cdot K_{\gamma P} \cdot K_{\lambda P} \cdot K_{rP}, \quad (21)$$

где K_{MP} , $K_{\varphi P}$, $K_{\gamma P}$, $K_{\lambda P}$ и K_{rP} равны соответственно 1,22, 0,89, 1,0, 1,0 и 1,0.

Тогда

$$P_z = 10 \cdot 300 \cdot 0,35^{1,0} \cdot 0,25^{0,75} \cdot 227,2^{-0,15} \cdot 1,22 \cdot 0,89 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 116 \text{ Н.}$$

Определим требуемую мощность по формуле:

$$N = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60}. \quad (22)$$

Тогда

$$N = \frac{116 \cdot 113}{1020 \cdot 60} = 0,21 \text{ кВт.}$$

У станка ТС16А20Ф3 мощность намного выше и равна 7,5 кВт, то есть использование возможно. Режимы резания сведем в таблицу 7.

Таблица 7 – Режимы резания

Операция	S, мм/об	t, мм	V _{пр} м/мин	n _{пр} об/мин
010 Токарная	0,30	1,6	93	2000
015 Токарная	0,15	0,3	83	2000
	0,15	0,3	113	2000
020 Токарная	0,15	0,3	89	2000
025 Токарная	0,30	1,8	87	2000
	0,30	1,2	117	2000
030 Бесцентрово-шлифовальная	1,8	0,075	27	34
035 Сверлильная	0,2	1,0	38	800
	0,15	2,7/4,2	27	1000
	0,5	0,5	9	500
040 Фрезерная	0,25	5max	31	500
	0,1	6max	31	1250
	0,05	2.9max	20	2000
	0,05	2.9max	19	2000
	0,05	1.0	12	2000
	0,08	1.75	18	1600
	0,05	1.5	27	1250
	0,5	0.5	6	500
065 Шлифовальная	1,0	0,025	35	45

Расчитанные 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
010 Токарная	0,120	0,666	0,786	0,047	17	0,833	236	0,905
015 Токарная	0,205	0,548	0,753	0,045	17	0,798	236	0,840
020 Токарная	0,078	0,628	0,706	0,042	17	0,748	236	0,820
025 Токарная	0,217	0,666	0,883	0,053	17	0,936	236	1,008
030 Бесцентрово-шлифовальная	0,092	0,363	0,455	0,042	12	0,497	236	0,548

Продолжение таблицы 8

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
035 Сверлильная	0,828	0,851	1,679	0,101	30	1,780	236	1,907
040 Фрезерная	1,331	1,136	2,467	0,148	42	2,615	236	2,792
065 Шлифовальная	0,085	0,363	0,448	0,040	12	0,488	236	0,538

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 025.

Обточить поверхности, выдержать размеры согласно рабочему чертежу.

Инструмент выбираем в таблице 5.

Выбираем станок модели ТС16А20Ф3 токарно-винторезный.

Припуск равен 0,3 мм

Задаем величину перемещения инструмента за один оборот заготовки равной 0,15 мм/об.

Получаем затраченное время 0,120 мин – машинное; 0,666 мин – на управление станком; 0,786 мин – операционное; 0,047 мин – на удаление стружки и замену инструмента; 17 мин – на ознакомление с чертежом; 0,833 мин – штучное; 0,905 мин – на выполнение технологической операции.

3 Проектирование специальных средств оснащения

Уравнения механики деформируемого твердого тела и граничные условия являются взаимосвязями различных размерных величин, которые могут быть представлены в разных системах единиц измерения. Различают несколько случаев.

Первый способ это функциональное (нелинейное) соответствие. Этот вид подобия является вторым частным случаем аффинно-функционального соответствия. При этом виде преобразования множитель k_x является в общем случае не константой, а функцией времени и координат:

$$k_x = f(x, y, z, t).$$

Все компоненты каждого вектора преобразуются в одинаковых и одинаково изменяющихся в пространстве и во времени масштабах.

В частном случае, при функциональном соответствии, когда масштабы нелинейного моделирования зависят только от времени натуре и ее модель - геометрически подобные тела, а поля сходственных величин в натуре и модели связаны преобразованиями вида:

$$x_n = k_x(t_m) \cdot x_m. \quad (23)$$

Функциональное соответствие (23) представляет собой обобщение простого подобия.

Второй способ - это операторное соответствие. В этом случае сомножитель k_x является оператором. Так, например, при моделировании задач линейной наследственной теории ползучести k_x - линейный интегральный оператор Вольтерра по времени:

$$x_H = k_x \cdot x_M = x_M(t_M) + \int_0^t k(t - \tau) x_M(\tau_M) d\tau_M \quad (24)$$

При соответствии этого вида подобия натура и модель являются геометрически подобными, сходственные моменты времени одинаковы, а поля соответственных величин в натуре и модели связаны линейными интегральными операторами Вольтерра:

$$\sigma_{ij}, j=0; 2\varepsilon_{ij} = \bar{u}_{ij} + \bar{u}_{ji}; E\varepsilon_{ij} = \sigma_{ij} + \mu(\sigma_{ij} - \sigma_{kk} \sigma_{ij}) \sigma_{ij} n_j = \sigma_{io} \text{ на } S_1;$$

$$\bar{u}_i = \bar{u}_{io} \text{ на } S_2, (i, j = 1, 2, 3), \quad (25)$$

где E, \bar{u}, μ - линейные интегральные операторы Вольтерра,

независящие от координат;

S_1 и S_2 - части границы тела, на которых заданы внешние

напряжения (нагрузки) и перемещения u_{io} соответственно.

Система (25) содержит линейные дифференциальные операторы по координатам и линейные интегральные операторы по времени, являющиеся операторами подобия.

Операторное соответствие является одним из путей обобщения (простой) классической теории подобия. Если материал природы и модели упругий, то все интегральные операторы превращаются в константы подобия. Операторное соответствие успешно используется при моделировании физически нелинейных задач теорий линейной и нелинейной вязкоупругости, пластичности, вязкопластичности и тому подобное.

Третий способ - это статистическое соответствие. При решении ряда задач механики деформируемых твердых тел и, в частности, механики полимеров, в связи с оптическими методами моделирования, необходимо использовать статистические методы исследования. Поведение тела, испытывающего действие внешних сил и полей, зависит от ряда случайных

факторов: нагрузки, температуры, краевых условий, геометрии, неоднородности структуры материала, режима нагружения.

При экспериментальном исследовании проблемы механической надежности рассматриваемого тела с учетом различных факторов случайной природы возникает необходимость последовательного моделирования трех различного типа задач:

- определение статистических характеристик внешних воздействий параметров, характеризующих геометрию, свойства и условия работы рассматриваемой системы;
- определение статистических характеристик полей перемещений, деформаций и напряжений по заданным статистическим характеристикам внешних воздействий и параметров, определяющих эту систему;
- определение механической надежности рассматриваемого деформируемого твердого тела по известным характеристикам параметров, определяющих его состояние.

Для моделирования указанных задач вводится статистическое соответствие. При этом виде соответствия

$$\hat{x}_m = \hat{k}_x \hat{x}_n \quad (26)$$

состояния природы и модели определяются случайными величинами \hat{x}_i . Аналогичный знак над символом константы подобия \hat{k}_x означает, что она формируется как отношение математических ожиданий соответствующих величин природы и модели:

$$\hat{k}_x = \hat{x}_n / \hat{x}_m.$$

Кроме перечисленных видов соответствия при моделировании напряженно-деформированного состояния (НДС) в механике деформируемого твердого тела, можно использовать и их комбинации. Так,

например, для моделирования задач линейной теории наследственности можно применять аффинно-операторное соответствие, а для ряда физически нелинейных задач - аффинно-функциональное соответствие и другие сочетания видов подобия.

В современной теории подобия масштабы обозначаются через коэффициент k с нижним индексом той величины, к которой данный масштаб относится.

Можно дать следующие определения масштабам, индикаторам и критериям подобия, соответственно.

Рассматриваются системы, в которых обобщенные координаты являются однозначными функциями параметров, то есть каждому набору параметров a_k соответствует одно и только одно значение x_i :

$$x_i = f_i(a_{n+1}, a_{n+2}, \dots, a_{n+s}) \quad (i=1, 2, \dots, n)$$

Выделим системы с взаимно-однозначной связью между обобщенными координатами и параметрами, то есть такие, чтобы каждому значению соответствовал лишь один набор параметров a_k , то есть

$$x_{in} = k_{xi} x_{im}, \quad \text{где } k_{xi} = \text{const}$$

$$k_{xi} = x_{ni} / x_{mi} = x_{ni} / x'_{mi}, \quad x'_i = x_{mi}$$

$$x_{ni} = f_i(a'_{n+1}, \dots, a'_{n+s})_n,$$

$$x_{mi} = f_i(a_{n+1}, \dots, a_{n+s})_m; \quad x'_{mi} = f_i(a'_{n+1}, \dots, a'_{n+s})_m.$$

$$x'_{mi} = x_{mi},$$

$$a'_{mk} = a_{mk}, \quad \pi'_m = \pi_m, \quad \pi_n = \pi_m.$$

Подобные случаи сравнительно редко встречаются, но их необходимо иметь в виду.

Для систем с взаимно однозначной связью между параметрами и обобщенными координатами формулируется теорема теории подобия о необходимых условиях.

Необходимые условия позволяют установить связь между координатами и параметрами подобных систем.

В необходимых условиях участвуют все критерии данной системы, поскольку при равенстве определяющих критериев модели и природы равны и не определяющие критерии, являющиеся функцией определяющих.

Определяющими критериями подобия называют критерии, составленные из величин, являющихся определяющими для данного процесса, то есть критерии, образующие достаточные условия подобия.

На рисунке 4 представлена структурная схема системы автоматического управления по текущей информации на 025 токарной операции при обработке на станке ТС16А20Ф3 токарно-винторезном.

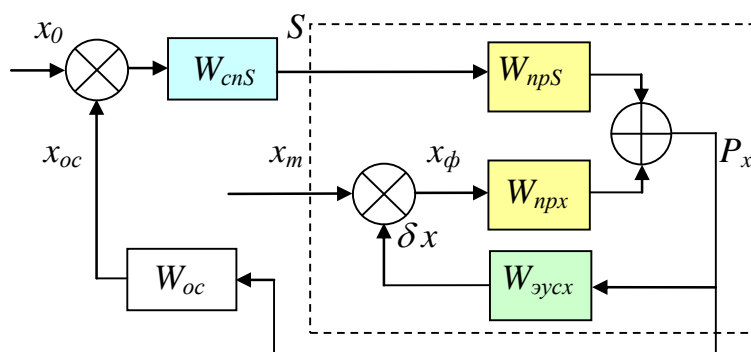


Рисунок 4 – Схема управления по текущей информации

Таким образом, автоматизация токарной операции 025 при обработке заготовки на станке модели ТС16А20Ф3 токарно-винторезном позволит существенно повысить экономическую эффективность предлагаемого решения при разработке системы автоматического управления.

4 Безопасность и экологичность технического объекта

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

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

В таблице 9 приведем характеристики технического объекта.

Таблица 9 – «Технологический паспорт технического объекта»

Технологический процесс	Технологическая операция, вид выполняемых работ	Наименование должности работника, выполняющего технологический процесс, операцию	Оборудование, техническое устройство, приспособление	Материалы, вещества» [5]
Техпроцесс изготовления корпуса	Штамповка	Штамповщик	Пресс	Сталь 40Х по ГОСТу 4543-2016
Техпроцесс изготовления корпуса	Токарная операция	Оператор станков с ЧПУ	ТС16А20Ф3 с ЧПУ, Патрон токарный 3-х кулачковый самоцентрирующий	Сталь 40Х по ГОСТу 4543-2016, СОЖ, ветошь
Техпроцесс изготовления корпуса	Бесцентровая шлифовальная	Шлифовщик	ЗМ182А с ЧПУ, Нож опорный (в комплекте станка)	Сталь 40Х по ГОСТу 4543-2016, СОЖ, ветошь

В качестве объекта, для которого разрабатывались мероприятия по

осуществлению безопасности, экологичности и охране труда выбран технологический процесс изготовления корпуса делительного механизма. Рассматриваются три технологические операции: заготовительная, токарная и бесцентрово-шлифовальная.

4.2 Идентификация профессиональных рисков

В таблице 11 показаны и идентифицированы производственные риски, связанные с изготовлением корпуса.

Таблица 10 – «Идентификация профессиональных рисков»

Производственно-технологическая и/или эксплуатационно-технологическая операция	Опасный и/или вредный производственный фактор	Источник опасного и/или вредного производственного фактора» [5]
Токарная, точение черновое и чистовое, подрезка торца, бесцентрово-шлифовальная, шлифование торца, сверлильная, сверление отверстий, фрезерование	Подвижные части производственного оборудования; передвигающиеся изделия, заготовки; опасные и вредные производственные факторы, которые могут вызвать ожоги тканей организма человека; острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок, инструментов и оборудования; части твердых объектов; опасные и вредные производственные факторы, связанные с повышенным уровнем вибрации; опасные и вредные производственные факторы, характеризующиеся повышенным уровнем шума	Оборудование, обрабатываемая заготовка, СОЖ, приспособление, инструмент

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

4.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков

В подразделе предлагаются методы и средства, которые необходимы при защите от вредных и опасных производственных факторов (таблица 12)

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

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

Здесь показаны профессиональные риски» [5].

4.4 Обеспечение пожарной безопасности технического объекта

Таблица 12 – «Идентификация классов и опасных факторов пожара»

Участок, подразделение	Оборудование	Класс пожара	Опасные факторы при пожаре	Сопутствующие проявления факторов пожара» [5]
Участок механической обработки	ТС16А20 Ф3. ЗМ182А	Класс В, Е	Пламя и искры; тепловой поток; повышенная температура окружающей среды; повышенная концентрация токсичных продуктов горения и термического разложения; пониженная концентрация кислорода; снижение видимости в дыму	Воздействие огнетушащих веществ; части изделий и иного имущества; вынос высокого напряжения на токопроводящие части

Таблица 13 – «Технические средства обеспечения пожарной безопасности»

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

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

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

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

Предложены в подразделе меры организационного характера для исследуемого технического объекта по устранению пожарной опасности.

4.5 Обеспечение экологической безопасности технического объекта

В подразделе приводим опасные вредные производственные факторы, влияющие на окружающую среду. В таблице 15 указаны опасные вредные производственные факторы, являющиеся экологически опасными факторами исследуемого технического объекта. Разработаны как дополнительные, так альтернативные мероприятия организационно-технического характера для снижения негативного антропогенного воздействия технологического процесса изготовления корпуса делительного механизма на окружающую среду.

Таблица 15 – «Идентификация негативных экологических факторов технического объекта»

Наименование технического объекта, производственно-технологического техпроцесса	Структурные составляющие объекта производственно-технологического процесса (производственного здания или сооружения по функциональному назначению, технологических, технического оборудования), энергетической установки, транспортного средства и т.п.	Негативное экологическое воздействие технического объекта на атмосферу (выбросы в воздушную окружающую среду)	Негативное экологическое воздействие технического объекта на гидросферу (образование сточных вод, забор воды из источников водоснабжения)	Негативное экологическое воздействие технического объекта на литосферу (почву, растительный покров, недра), образование отходов, выемка плодородного слоя почвы, отчуждение земель, нарушение и загрязнение растительного покрова и т.д.)» [5]
«Технологический процесс изготовления корпуса	ТС16А20Ф3. ЗМ182А	Стружка, масляный туман, пыль, токсические испарения,	Нефтепродукты, смазочно-охлаждающая жидкость, растворы отработанных технических жидкостей	Отходы в виде стружки, ветошь, нефтепродукты, смазочно-охлаждающая жидкость, отработанные жидкие среды» [5]

Рассмотрены опасные вредные производственные факторы, являющиеся экологически опасными факторами исследуемого технического объекта.

Для снижения негативного антропогенного воздействия технического объекта на окружающую среду предложены дополнительные и альтернативные мероприятия организационно-технического характера. Данные показаны в таблице 16.

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

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

Предложены дополнительные и альтернативные мероприятия организационно-технического характера для снижения негативного антропогенного воздействия технологического процесса изготовления корпуса делительного механизма на окружающую среду.

4.6 Заключение по разделу

В качестве объекта, для которого разрабатывались мероприятия по осуществлению безопасности, экологичности и охране труда выбран технологический процесс изготовления корпуса делительного механизма. Рассматривались три технологические операции: заготовительная, токарная и бесцентрово-шлифовальная. Данные приведены в таблице 9. В таблице 10 показаны производственные риски, связанные с изготовлением корпуса. Здесь приводится систематизация производственно-технологических и эксплуатационных рисков, источником которых являются оборудование – пресс, токарный с ЧПУ ТС16А20Ф3, бесцентрово-шлифовальный полуавтомат с ЧПУ 3М182А; приспособления – патрон токарный 3-х кулачковый самоцентрирующий; инструмент – резец токарный проходной, круг шлифовальный ГОСТ Р 52781-2007 и материалы – сталь 40Х по ГОСТу

4543-2016, СОЖ, ветошь, используемые при изготовлении корпуса. Для снижения рисков предложены методы и средства, которые необходимо и достаточно использовать при защите от вредных и опасных производственных факторов при изготовлении корпуса (таблица 11). В таблицах 12 – 14 указаны опасные факторы пожара и его класс, рассмотрены потенциальные источники пожарной опасности и те средства, которые необходимы для устранения опасности. Предложены меры организационного характера, необходимость использования которых предлагается для исследуемого технического объекта. В таблице 15 указаны опасные вредные производственные факторы, являющиеся экологически опасными факторами исследуемого технического объекта. Разработаны как дополнительные, так альтернативные мероприятия организационно-технического характера для снижения негативного антропогенного воздействия технологического процесса изготовления корпуса делительного механизма на окружающую среду (таблица 16).

5 Экономическая эффективность работы

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

Основанием для экономического обоснования, является предложение внедрить автоматизацию операций, которая предлагает разработку системы автоматизированного управления (САУ) приводом суппорта на токарной операции 025 технологического процесса изготовления корпуса делительного механизма.

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

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

Расчет технологической себестоимости. Данная методика позволила рассчитать такие параметры как: заработная плата основных рабочих, начисления на заработную плату и расходы на эксплуатацию и ремонт оборудования. Расчеты проводились по двум сравниваемым вариантам, первый, это технологический процесс без САУ и второй – технологический процесс с САУ. Основные показатели по определению технологической себестоимости по сравниваемым вариантам представлены на рисунке 5.

Анализируя, представленные на рисунке 5, данные, можно сделать вывод о том, что 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 почти на 26 % или в рублевом эквиваленте, разница

составляет 0,79 руб. Однако, расходы на содержание и эксплуатацию оборудования имеют обратные изменения, то есть расходы базового варианта меньше значений проектного варианта на 1,46 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 025 токарной операции. Но говорить о том, что проектируемый вариант не является эффективным, пока еще рано.

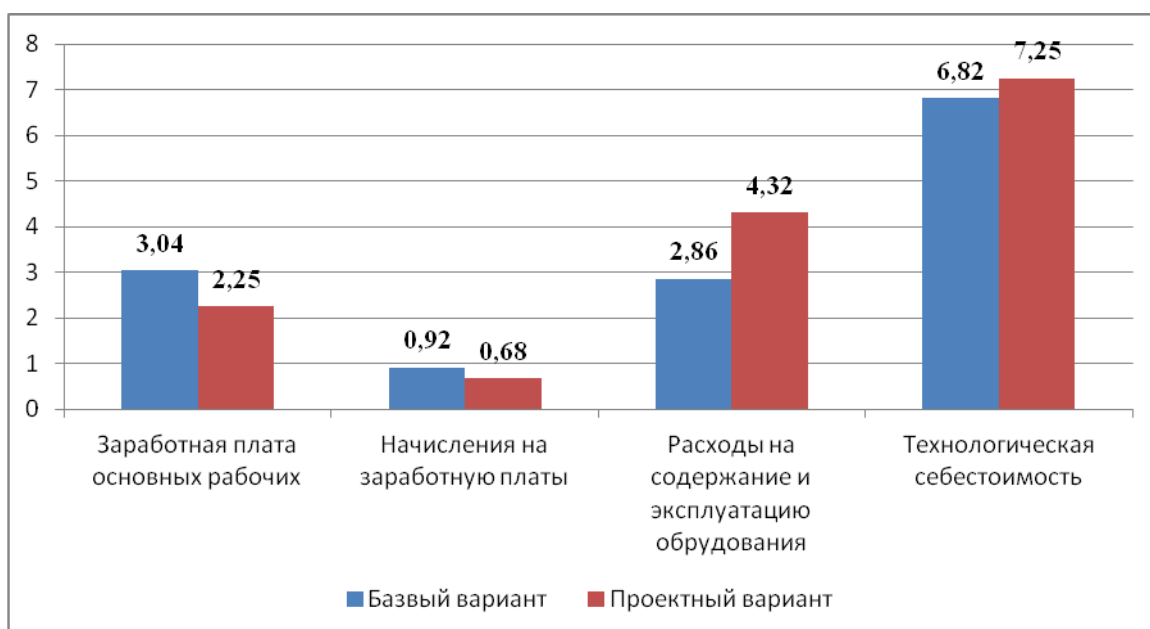


Рисунок 5 – Расчет технологической себестоимости, руб.

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

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

Динамика изменений калькуляции себестоимости по сравниваемым вариантам технологического процесса представлена на рисунке 6.

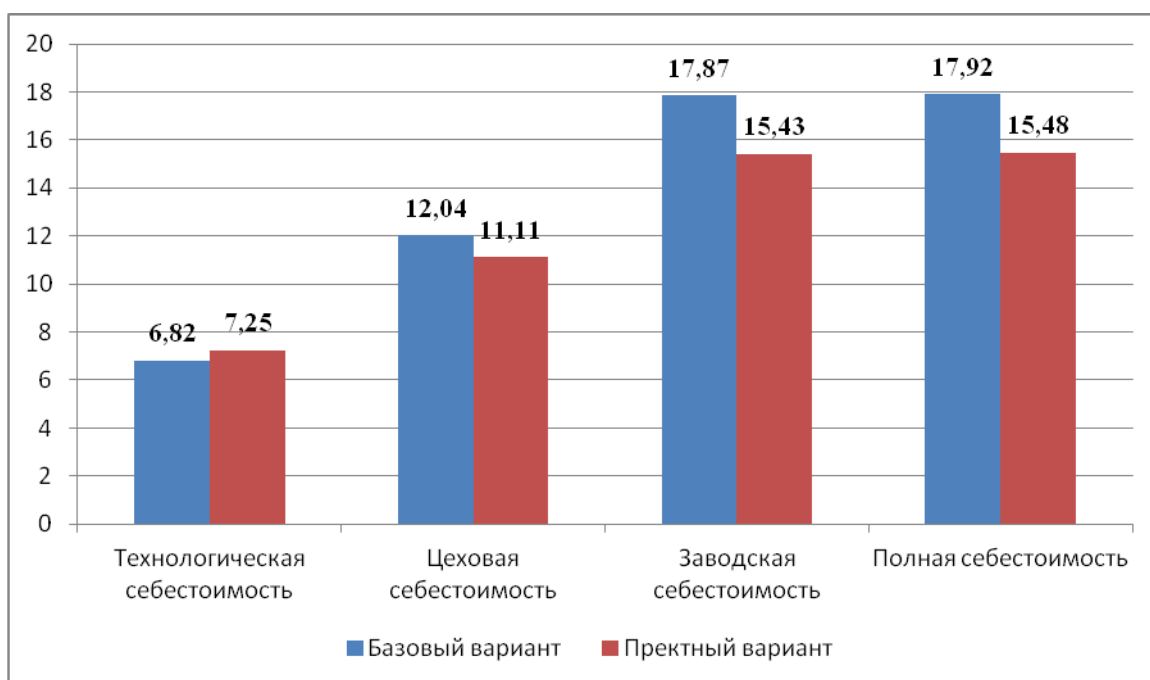


Рисунок 6 – Калькуляция себестоимости, руб.

Как видно из рисунка 6, 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 025. Итоговая разница полной себестоимости между сравниваемыми вариантами составляет 2,44 руб., т. е. выполнить операцию 025 токарную по технологическому процессу проектного варианта будет на 13,6 % 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 18188,25 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 2441,01 рублей. Если величина этого показателя положительная, то проект можно считать эффективным. И третий – индекс доходности, со значением 1,13 руб./руб. Данное значение показывает, сколько предприятие получит прибыли, на каждый вложенный рубль, то есть, вложив 1 рубль предприятие получит 1,13 рублей. Подводя общий итог, можно сказать, что предлагаемые совершенствования рекомендуются к внедрению, потому что расчеты доказали его эффективность.

Заключение

При выполнении выпускной квалификационной работы были получены следующие результаты: спроектирована заготовка, экономически обоснована, с наибольшим коэффициентом использования материала; усовершенствован технологический процесс изготовления корпуса делительного механизма 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 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. Автоматизация токарной операции 025 при обработке заготовки на станке модели ТС16А20Ф3 токарно-винторезном позволила существенно повысить экономическую эффективность предлагаемого решения при разработке системы автоматического управления.

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.

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. Bertsche В. Reliability in Automotive and Mechanical Engineering: Determination of Component and System Reliability / В. Bertsche, А. Schauz, К. Pickard. – Berlin Heidelberg : Springer-Verlag, 2015. 502 p.
20. Grote К.-Н., Antonsson Е.К. Springer Handbook of Mechanical Engineering / К.-Н Grote, Е.К. Antonsson. – New York : Springer Science+Business Media, 2008. 1589 p.
21. Nee А. Y. C. Handbook of Manufacturing Engineering and Technology / А. Y. C. Nee. – London : Springer Reference, 2015. 3491 p.

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

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

Приложение А

Маршрутная карта технологического процесса

Дубл.																		
Взам.																		
Подп.																		
																	2	3
А		цех	Уч.	РМ	Опер.	Код, наименование операции		Обозначение документа										
Б		Код, наименование оборудования		СМ	Проф.	Р	УТ	КР	КВИД	ЕН	ОП	Кшт	Тпз.	Тшт.				
A01	XXXXXX	030	4131	Бесцентрово-шлифовальная	ИОТ И 37.101.7419-85													
B02	38132XXX			3М182А		2	18873	411	1Р	1	1	236	1	12	0,497			
03																		
A04	XXXXXX	035	4121	Сверлильная	ИОТ И 37.101.7111-89													
B05	3816XXX			2С150ПМФ4		2	18632	411	1Р	1	1	236	1	30	1,780			
06																		
A07	XXXXXX	040	4260	Фрезерная	ИОТ И 37.101.7026-89													
B08	3816XXX			СТЦ 63-90А		2	18632	411	1Р	1	1	236	1	42	2,615			
09																		
A10	XXXXXX	045	0100	Слесарная														
B11	391758XXX			4407														
12																		
A13	XXXXXX	050	0130	Моечная														
B14	375698XXX			КММ														
15																		
A16	XXXXXX	055	0200	Контрольная														
17																		
A18	XXXXXX	060	0511	Термическая														
МК																		

Дубл.	Взам.	Годл.																	
																		3	3
А	цех	Уч.	РМ	Опер.	Код, наименование операции		Обозначение документа												
Б	Код, наименование оборудования		СМ	Проф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Кшт	Тпз.	Тшт.						
А01	XXXXXX	065	4131	Бесцентрово-шлифовальная		ИОТ И 37.101.7419-85													
Б02	38132XXX				3М182А	2	18873	411	1Р	1	1	236	1	12					0,488
03																			
А04	XXXXXX	070	0130	Моечная															
Б05	375698XXX				КММ														
06																			
А07	XXXXXX	075	0200	Контрольная															
08																			
09																			
10																			
11																			
12																			
13																			
14																			
15																			
16																			
17																			
18																			
МК																			

Приложение Б

Операционные карты

Дубл.																									
Взам.																									
Подп.																									
Разраб.	Бегутов																								
Проев.	Гуляев																								
Н. Контр.	Гуляев																								
Наименование операции		ТГУ											Корпус делительного механизма		01101.25225	1	2								
4121 Сверлильная		Материал	твёрдость	ЕВ	МД	Профиль и размеры				МЗ	КСИД														
Оборудование, устройство ЧПУ		Сталь 40ХГНМ	190 НВ	166	0,08	Ø21x76,6				0,21	1														
2С150ПМФ4		Обозначение программы	To	Тe	Тпз	Тшт				СОЖ															
		XXXXXX	0,828	0,851	30	1,780				Укринол-1															
P		ПИ	D или B	L	t	i	s	n	v																
01		ММ	ММ	ММ	ММ	ММ	ММ	ММ	ММ	ММ/об	об/мин	М/мин													
O02	1. Установить и снять заготовку																								
T03	3961811XXX-приспособление специальное ГОСТ 12195-66																								
O04	2. Фрезеровать пов., выдерж. разм. 1-2																								
T05	391810XXX- фреза концевая Ø15 ГОСТ 17025-71 Р6М5К5; 393120XXX- шаблон ГОСТ 9038-83																								
P06		XX	7	8	1,0	1	0,2	800	38																
O07	3. Сверлить отв., выдерж. разм. 3-8																								
T08	391267XXX- Сверло Ø5 комбинированное Р6М5К0СТ 2И21-1-76																								
T09	393120XXX- калибр-пробка ГОСТ14827-69; 393120XXX- шаблон ГОСТ 9038-83;																								
P10		XX	5,5/8,3	37	2,7/4,2	1	0,15	1000	27																
O11	4. Нарезать резьбу, выдерж. разм. 7,8																								
T12	391310XXX- метчик М6 ГОСТ 3266-81 Р6М5; 393120XXX- шаблон ГОСТ 9038-83																								
ОКП																									

Дубл.	Взам.	Подл.																		
P	П	М	Д или В	L	t	i	s	n	V	ММ	ММ	ММ/Об	Об/Мин	М/Мин						
01	XX	6	35	0,5	1	0,5	500	9												
P02																				
03																				
04																				
05																				
06																				
07																				
08																				
09																				
10																				
11																				
12																				
13																				
14																				
15																				
16																				
17																				
11																				
19																				
ОКП																				

Дубл.													
Взам.													
Подл.													
Разраб.	Безуглов										01101.25225	1	1
Проев.	Гуляев										XXXX.XXXX		
											10141.00001		
Н. Контр.	Гуляев												
	Наименование операции												
4131	Бесцентровошлифовальная												
	Оборудование, устройство ЧПУ												
	3М182А												
	Корпус делительного механизма												
P													
01													
020	1. Установить и снять заготовку												
03Т	396182XXX- нож опорный												
040	2. Шлифовать пов., выдерж. разм. 1												
05Т	391810XXX- шлифовальный круг ведущий 1 350x55x75 91А F90 Q 9 R A 35 м/с 2 кл. ГОСТ Р 52781-2007												
06Т	391810XXX- шлифовальный круг рабочий 1 250x55x76 91А F46 L 9 V A 35 м/с 2 кл. ГОСТ Р 52781-2007												
07Т	393120XXX- калибр-скоба ГОСТ 2216-84												
08Р													
09													
10													
11													
12													
ОКП													

Приложение В

Карта эскизов

