

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 кафедры)

15.03.01 «Машиностроение»

(код и наименование направления подготовки, специальности)

Технологии, оборудование и автоматизация машиностроительных
производств

(направленность (профиль)/ специализация)

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

на тему Технологический процесс изготовления штока
электрогидравлического привода

Студент(ка)	<u>А.А. Чупахин</u> (И.О. Фамилия)	_____	(личная подпись)
Руководитель	<u>В.А. Гуляев</u> (И.О. Фамилия)	_____	(личная подпись)
Консультанты	<u>Н.В. Зубкова</u> (И.О. Фамилия)	_____	(личная подпись)
	<u>П.А. Корчагин</u> (И.О. Фамилия)	_____	(личная подпись)
	<u>А.Г. Егоров</u> (И.О. Фамилия)	_____	(личная подпись)

Допустить к защите

Заведующий кафедрой к.т.н., доцент Н.Ю. Логинов

(ученая степень, звание, И.О. Фамилия)

(личная подпись)

« _____ » _____ 2019 г.

Тольятти 2019

АННОТАЦИЯ

Технологический процесс изготовления штока электрогидравлического привода. Бакалаврская работа. Тольятти. Тольяттинский государственный университет, 2019.

Ключевые слова: исходные данные для проектирования, заготовка, способ изготовления, маршрут обработки, режимы обработки, план обработки, технологическое оснащение, приспособление, инструмент, безопасность и экологичность объекта, экономическая эффективность.

В бакалаврской работе разработана система автоматического управления процессом резания. Для реализации управления по апостериорной информации необходимо использовать станок с ЧПУ и организовать систему автоматического управления с включением контрольно-измерительных машин (КИМ). В некоторых случаях, при обработке на станках с ЧПУ контроль можно организовать и непосредственно на станке.

В бакалаврской работе представлено решение ряда вопросов по проектированию техпроцесса: в разделе «Введение» проведен анализ актуальности и сформулирована цель работы; в первом разделе исследованы исходные данные для проектирования технологического процесса изготовления детали; во втором разделе проведена разработка технологического процесса; в третьем разделе спроектированы специальные средства технического оснащения; в четвертом разделе исследованы мероприятия по безопасности и экологичности объекта; в пятом разделе получена величина экономической эффективности разработанной технологии; в итоге представлены основные полученные результаты и выводы.

Бакалаврская работа содержит пояснительную записку, которая состоит из 53 страниц и включает 13 таблиц, 10 рисунков, а также графическую часть работы, которая содержит 7 листов.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	4
1 Анализ исходных данных.....	5
2 Разработка технологической части работы.....	8
2.1 Определение исходных параметров.....	8
2.2. Разработка технологического маршрута.....	11
2.3 Выбор средств технологического оснащения.....	11
2.4 Расчет норм времени.....	14
3 Проектирование специальных средств оснащения.....	16
4 Безопасность и экологичность технического объекта.....	29
4.1 Конструктивно-технологическая и организационно-техническая характеристики рассматриваемого технического объекта.....	29
4.2 Идентификация профессиональных рисков.....	30
4.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков.....	31
4.4 Обеспечение пожарной безопасности технического объекта.....	33
4.5 Обеспечение экологической безопасности технического объекта.....	36
4.6 Заключение по разделу.....	38
5 Экономическая эффективность работы.....	41
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	44
СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ.....	45
ПРИЛОЖЕНИЕ А.....	48
ПРИЛОЖЕНИЕ Б.....	51

ВВЕДЕНИЕ

Требования современного рынка приводят к постоянному ускорению сроков проектирования и изготовления, что затрудняет использование традиционных технологий прошлого столетия – как проектирования, так и изготовления на универсальном оборудовании или жестких автоматических линиях. Технический прогресс, создание мощных процессоров, цифровых систем автоматического управления, привело к развитию информационных технологий, основной задачей которых является решение возникших противоречий, связанных с ускорением циклов проектирования и производства, а также повышение эффективности цикла эксплуатации изделия. Кроме того, основная тенденция проектирования – уменьшение количества деталей машин за счет расширения их функциональных возможностей, приводит к значительному усложнению формы и, как следствие, технологии изготовления, предусматривающей широкое использование многокоординатных станков с ЧПУ и обрабатывающих центров. Здесь также не обойтись без автоматизированной подготовки управляющих программ.

В начале любого проекта стоит изучение потребностей рынка, генерирование технической идеи, формулирование технического задания. Затем наступает важнейший этап – проектирование – когда создается описание объекта или процесса, который пока не существует. Процесс проектирования многоэтапный и соответственно включает в себя уточнение технического задания, предварительное проектирование, когда определяются основные технические характеристики будущего изделия, его параметры, математическое моделирование объекта или процесса; эскизное, техническое проектирование и, наконец, изготовление опытного образца. Любой цикл проектирования должен иметь возможность возврата к пройденным этапам.

1 Анализ исходных данных

Деталь «шток электрогидравлического привода» - деталь вращения. Она служит для передачи крутящего момента от ведущего вала к исполнительному механизму. То есть шток электрогидравлического привода (далее – шток) получает вращение внутренним шлицевым профилем, воспринимая его через боковую поверхность шлицев и передает его от ведущего вала к исполнительному механизму. Шток в процессе работы испытывает действие радиальной нагрузки, а также крутящего момента со стороны ведущего вала. Необходимо на основе требований, предъявляемых к детали и чертежу детали выявить недостатки конструкции, а также рассмотреть возможное улучшение технологичности конструкции.

Поверхности 19 и 20 (И), ввиду того, что они выполняют основные служебные функции детали, определим как исполнительные.

Поверхность 12 (ОБ) определим как основная конструкторская база, так как она фиксируют положение штока.

Поверхности 3, 5, 8 и 17 (ВБ) определим как вспомогательные конструкторские базы, так как они отвечают за положение присоединяемых деталей.

Поверхности 1, 2, 4, 6, 7, 9 – 11, 13 – 18 (С) определим как свободные, так как они не сопрягаются с другими деталями.

Заносим эти данные в таблицу 1.1.

Таблица 1.1 – Характеристика поверхностей

В миллиметрах

Поверхность			Размеры			Форма, расположение			Шероховатость Ra, мкм
№	Тип	Форма	Значение	Допуск	Квалитет	Погрешность	Допуск	Квалитет	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	С	Ц	35	0,016	6				0,8
2	С	Ц	35	0,03	7				1,25
3	ВБ	Ц	35	0,016	6				0,8

Продолжение таблицы 1.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
4	С	Ц	98	0,22	11				2,5
5	ВБ	Ц	45	0,62	14				10
6	С	Ц	65	0,74	14				10
7	С	Ц	45	0,62	14				10
8	ВБ	Ц	34	1	15				10
9	С	Ц	54	1,2	15				10
10	С	Ц	34	1	15				10
11	С	ЦВ	20	0,52	14				10
12	ОБ	КВ	24	0,84	15				1,25
13	С	КВ	24	0,84	15				1,25
14	С	Ф	94		6				0,8
15	С	Ф	89,2						2,5
16	С	Ц	280	0,52	12	⇐	0,016	7	1,25
17	ВБ	Ц	120	0,87	14	⇐	0,025	9	1,6
18	С	Ц	280	0,52	12	⇐	0,016	7	1,25
19	И	Ц	70	0,62	14				10
20	И	Ц	170	1	14				10

Химический состав стали 20Х ГОСТ 4543-71, из которой изготовлен шток, приведен в таблице 1.2.

Таблица 1.2 – Химический состав

В процентах

С	Si	Mn	Ni	Cr
0,17 – 0,23	0,17 – 0,37	0,50 – 0,80	≤ 0,30	0,70 – 1,10

Технологичность конструкции детали должна обеспечивать наименьшие затраты при ее изготовлении, сборке изделия, его эксплуатации и ремонте. Деталь технологична по ряду показателей:

- деталь имеет достаточную жесткость и прочность;
- имеется возможность свободного подвода инструментов;
- материал – сталь 20Х ГОСТ 4543-71 обладает хорошей обрабатываемостью резанием.

Деталь «шток электрогидравлического привода» является технологичной.

Для достижения цели бакалаврской работы, сформулированной во введении, необходимо решить ряд задач: рассмотреть исходные данные на предмет формирования перспективного технологического процесса; выбрать способ получения заготовки и спроектировать саму заготовку; рассмотреть вопросы проектирования специального технического оснащения; провести мероприятия по охране труда; определить экономический эффект от внедрения результатов работы.

2 Разработка технологической части работы

2.1 Определение исходных параметров

2.1.1 Выбор вида производства

Определим тип производства с целью ускорения производства деталей. исходя из заданной программы выпуска детали N равной 10000 деталей в год и ее массы равной 0,4 кг.

Согласно данным это соответствует среднесерийному типу производству.

2.1.2 Выбор метода получения заготовки

Выбор проводился по методике, изложенной в [9].

Заготовку в среднесерийном производстве данной детали можно получить с помощью литья или проката [9].

На основании рассмотрения и сопоставления нескольких различных методов получения заготовки для изготовления штока электрогидравлического привода было выявлено, что следует выбрать вариант получения заготовки методом отливки с помощью литья в земляные формы.

2.1.3 Определение припусков и проектирование заготовки

Расчетно-аналитическим методом определим припуск на самую точную поверхность $58h7 \left(\begin{smallmatrix} 0,045 \\ 0,005 \end{smallmatrix} \right)$.

На остальные поверхности назначаем припуски и допуски по таблицам ГОСТ 7507-89.

Заготовка – поковка нормальной точности.

Технологический маршрут обработки поверхности $58h7$ состоит из: Т(12; 12,5) – Тч(9; 3,2) – ТО – Шч(8; 1,6) – Шт(6; 0,63).

Для расчета припусков на механическую обработку используем методику, описанную в [9].

1. Минимальный расчетный припуск рассчитывается по формуле:

$$Z_{i \min} = a_{(i-1)} + \sqrt{\Delta^2_{(i-1)} + \varepsilon^2_i}, \quad (2.1)$$

где $a = R_Z + h$ – сумма неровностей профиля поверхности и глубины дефектного слоя; Δ – суммарное отклонение формы и расположения поверхностей, Δ равно $0,25Td$; ε – погрешность установки заготовки в приспособлении.

$$Z^1_{\min} = a_0 + \sqrt{\Delta^2 + \varepsilon^2} = 0,5 + \sqrt{0,1^2 + 0,5^2} = 3,8 \text{ мм};$$

$$Z^2_{\min} = a_1 + \sqrt{\Delta^2_1 + \varepsilon^2_2} = 0,2 + \sqrt{0,1^2 + 0,3^2} = 0,87 \text{ мм};$$

$$Z^3_{\min} = a_2 + \sqrt{\Delta^2_2 + \varepsilon^2_3} = 0,1 + \sqrt{0,1^2 + 0,3^2} = 0,41 \text{ мм};$$

$$Z^4_{\min} = a_3 + \sqrt{\Delta^2_3 + \varepsilon^2_4} = 0,05 + \sqrt{0,1^2 + 0,1^2} = 0,2 \text{ мм};$$

2. Расчетный размер d_{\min} .

$$d_{\min}^{i-1} = d_{\min}^2 + 2Z_{\min}^i \quad (2.2)$$

$$d_{\min}^4 = 58,005 \text{ мм};$$

$$d_{\min}^3 = d_{\min}^4 + 2Z_{\min}^4 = 58,005 + 2 \cdot 0,2 = 58,405 \text{ мм};$$

$$d_{\min}^2 = d_{\min}^3 + 2Z_{\min}^3 = 58,405 + 2 \cdot 0,41 = 59,225 \text{ мм};$$

$$d_{\min}^1 = d_{\min}^2 + 2Z_{\min}^2 = 59,225 + 2 \cdot 0,87 = 60,965 \text{ мм};$$

$$d_{\min}^0 = d_{\min}^1 + 2Z_{\min}^1 = 60,965 + 2 \cdot 3,8 = 68,565 \text{ мм}.$$

3. Максимальный размер.

$$d_{\max}^i = d_{\min}^i + IT^i \quad (2.3)$$

$$d_{\max}^4 = d_{\min}^4 + IT^4 = 58,005 + 0,040 = 58,045 \text{ мм};$$

$$d_{\max}^3 = d_{\min}^3 + IT^3 = 58,405 + 0,098 = 58,503 \text{ мм};$$

$$d_{\max}^2 = d_{\min}^2 + IT^2 = 59,225 + 0,16 = 59,385 \text{ мм};$$

$$d_{\max}^1 = d_{\min}^1 + IT^1 = 60,965 + 0,64 = 60,605 \text{ мм};$$

$$d_{\max}^0 = d_{\min}^0 + IT^0 = 68,565 + 2,58 = 72,145 \text{ мм}.$$

4. Предельные значения припусков.

$$2Z_{\max}^i = a_{\max}^{i-1} - a_{\max}^i \quad (2.4)$$

$$Z_{\max}^4 = (d_{\max}^3 - d_{\max}^4) / 2 = (58,503 - 58,045) / 2 = 0,229 \text{ мм};$$

$$Z_{\max}^3 = (d_{\max}^2 - d_{\max}^3) / 2 = (59,385 - 58,503) / 2 = 0,441 \text{ мм};$$

$$Z_{\max}^2 = (d_{\max}^1 - d_{\max}^2) / 2 = (61,605 - 59,385) / 2 = 1,11 \text{ мм};$$

$$Z_{\max}^1 = (d_{\max}^0 - d_{\max}^1) / 2 = (71,145 - 61,605) / 2 = 4,77 \text{ мм}.$$

5. Проверка.

$$2Z_{\max}^i - 2Z_{\min}^i = Td^{i-1} - Td^i \quad (2.5)$$

$$2Z_{\max}^4 - 2Z_{\min}^4 = Td^3 - Td^4; 2 \cdot 0,229 - 2 \cdot 0,2 = 0,458 - 0,4; 0,058 = 0,058;$$

$$2Z_{\max}^3 - 2Z_{\min}^3 = Td^2 - Td^3; 2 \cdot 0,441 - 2 \cdot 0,41 = 0,882 - 0,82; 0,062 = 0,062;$$

$$2Z_{\max}^2 - 2Z_{\min}^2 = Td^1 - Td^2; 2 \cdot 1,11 - 2 \cdot 0,87 = 2,22 - 1,74; 0,48 = 0,48;$$

$$2Z_{\max}^1 - 2Z_{\min}^1 = Td^0 - Td^1; 2 \cdot 4,77 - 2 \cdot 3,8 = 9,54 - 7,6; 1,94 = 1,94.$$

Припуски рассчитаны правильно.

Все результаты расчетов сводим в таблицу 2.1.

Таблица 2.1 – Расчеты припусков на обработку 58h7 $\left(\begin{smallmatrix} 0,040 \\ 0,005 \end{smallmatrix} \right)$.

№	Наименования переходов	Квалитет	Составляющие припуска				Припуски		Предельные размеры	
			T	A	Δ	ε	Z _{min}	Z _{max}	D _{min}	D _{max}
0	Штамповка	16	1	0,8	0,25	-	-	-	68,565	71,145
1	Токарная черновая	12	0,25	0,5	0,062	0,5	3,8	4,77	60,965	61,605
2	Токарная чистовая	9	0,062	0,2	0,016	0,3	0,87	1,11	59,225	59,385
3	Шлифование	8	0,039	0,1	0,009	0,3	0,41	0,441	58,405	58,503
4	Шлифование тонкое	6	0,016	0,05	0,004	0,1	0,2	0,229	58,005	58,045

2.2 Разработка технологического маршрута

Таблица 2.2 – Маршрут обработки поверхностей

№ поверхности	Квалитет	Ra, мкм	Методы обработки
1	14	10	Фц
2	14	10	Тп
3	14	10	То
4	14	10	То
5	6	10	Тп, Ток, Рн
6	14	10	Тп, Ток
7	14	10	То
8	7	2,5	Тп, Ток, Ш
9	14	10	То
10	14	10	Тп, Ток
11	14	10	Тп, Ток
12	7	2,5	Тп, Ток, Ш
13	14	10	Тп, Ток
14	14	10	Тп, Ток
15	14	10	То
16	7	2,5	Тп, Ток, Ш
17	14	10	То
18	14	5	Тп, Ток
19	14	10	То
20	14	10	Тп, Ток

В таблице: Фц – фрезерно-центровальная; Тп – точение предварительное; То – точение однократное; Ток – точение окончательное; Рн – резбонарезание; Ф – фрезерование; Ш – шлифование; ТО – термообработка.

Как видно из таблицы наиболее трудоемкие по изготовлению поверхности – шейки под подшипники и посадочные поверхности – 8, 12, 16.

2.3 Выбор средств технологического оснащения

Выбирая металлорежущие станки на каждую операцию, будем придерживаться следующего алгоритма:

1) точность, производительность и номинальная мощность станков должны быть минимально достаточными для обеспечения требований на операцию;

2) оборудование должно обеспечивать такую обработку, при которой количество переходов на операции было бы минимальным;

3) при малой загрузке оборудования необходимо предусмотреть возможность применения его при производстве других деталей;

4) предпочтение будем отдавать оборудованию отечественного производства;

5) среднесерийное производство оснащают станками с ЧПУ и специализированными станками;

6) Оборудование должно обеспечивать требованиям безопасности, эргономики, экологии. [5].

При выборе приспособлений будем руководствоваться следующим:

1) приспособление должно осуществлять теоретическую схему базирования;

2) приспособление должно осуществлять хорошее закрепление заготовки на оборудовании;

3) важно, чтобы заготовка закреплялась в приспособлении как можно быстрее;

4) серийное производство подразумевает автоматическое закрепление заготовки на станке;

5) предпочтение имеют универсальные сборные приспособления;

6) тип приспособления следует выбирать, исходя из типа и модели станка, а также метода обработки.

При выборе средств контроля будем придерживаться следующих правил:

1) точность измерительных приспособлений и инструментов должна быть значительно выше точности измеряемых размеров.

2) в условиях среднесерийного производства желательно применять мерительные инструменты общего назначения: штангенциркули, микрометры и др.

3) предпочтение необходимо отдавать стандартным средствам.

Данные заносим в таблицу 2.3.

Таблица 2.3 – Средства технологического оснащения

№ операции	Наименование операции	Оборудование	Оснастка		
			Режущий инструмент	Мерительный инструмент	Приспособление
1	2	3	4	5	6
005 010 015 020	Токарная	Токарно-винторезный станок с ЧПУ 16К20Ф3	Резец проходной $\varphi = 45^\circ$, $\gamma = 0^\circ$, режущая часть Т15К6	Штангенциркуль ШЦ-11-150-0,1 ГОСТ	Поводковый патрон 3 ^х кулачковый самоцентрирующий ГОСТ 2572 - 72, люнет роликовый самоцентрирующий 3 шт.
025	Кругло-шлифовальная	Кругло-шлифовальный полуавтомат 3М151	Шлифовальный круг ГОСТ 2424-70 24А25СМ18К	Штангенциркуль ШЦ-11-150-0,1 ГОСТ	УСП, центра ГОСТ 18259-72
030	Фрезерная	Вертикально-фрезерный станок с ЧПУ 6Р11МФ3-1	Фреза концевая	Радиусомеры Штангенциркуль ШЦ-11-150-0,1 ГОСТ	Тиски машинные ГОСТ 18237 - 72 делительная головка ГОСТ 16203 - 70
035	Слесарная	Электрохимический станок 4407			
040	Моечная	Камерная моечная машина			
045	Контрольная				
050	Термическая	ТВЧ НРС 48...56			
055	Центро-шлифовальная	Центро-шлифовальный полуавтомат 3925	Головка шлифовальная ГОСТ 2743-0001 ГОСТ 17119-71	Шаблон	Патрон мембранный ГОСТ 16157-71
060	Кругло-шлифовальная	Кругло-шлифовальный полуавтомат 3М151	Шлифовальный круг ГОСТ 2424-70 24А25СМ18К	Штангенциркуль ШЦ-11-150-0,1 ГОСТ	УСП, центра ГОСТ 18259-72

Продолжение таблицы 2.3

1	2	3	4	5	6
065	Внутри-шлифовальная	Торцевнутришлифовальный станок 3К227В	Шлифовальный круг ГОСТ 2424-70	Шаблон	Патрон мембранный ГОСТ 16157-71
070	Моечная	Камерная моечная машина			
075	Контрольная				

2.4 Расчет норм времени

Расчет норм времени на 030 фрезерную операцию:

$$T_{шт-к} = \frac{T_{н.з.}}{n} + T_o + (T_{yc} + T_{з.о.} + T_{yn} + T_{из}) \cdot K + T_{об.омг},$$

где $T_{н.з.}$ – подготовительно-заключительное время, мин; n – количество деталей в настроечной партии, шт.; T_o – основное время, мин; T_{yc} – время на установку и снятие детали, мин; $T_{з.о.}$ – время на закрепление и открепление детали, мин; T_{yn} – время на приемы управления, мин; $T_{из}$ – время на измерение детали, мин; K – поправочный коэффициент на вспомогательное время (для среднесерийного производства K равен 1,85).

В подготовительно-заключительное время войдут: время на установку приспособления на стол станка – 14 минуты; время на установку фрезы – 2 минуты; получение со склада и сдача на склад приспособления и инструмента – 17 минут.

$$T_{н.з.} = 14 + 2 + 17 = 23 \text{ мин.}$$

Время на установку заготовки равно:

$$T_{yc} + T_{з.о.} = 0,4 + 0,38 = 0,78 \text{ мин.}$$

Время на управление:

$$T_{yn} = 0,1 + 0,3 + 1,26 = 1,66 \text{ мин.}$$

Время, затраченное на измерение:

$$T_{из} = \frac{1,3 \cdot 20}{100} = 0,26 \text{ мин.}$$

Вспомогательное время будет равно:

$$T_B = (0,78 + 1,66 + 0,26) \cdot 1,85 = 5,2 \text{ мин.}$$

Время на обслуживание рабочего места и отдых:

$$T_o = 0,1 \cdot 5 + 0,28 \cdot 32 = 9,46 \text{ мин.}$$

Тогда

$$T_{шт} = \frac{23}{95} + 5,2 + 9,46 \cdot 0,66 = 11,45 \text{ мин}$$

Результаты расчетов заносим в таблицу.

Таблица 2.4 – Нормы времени

В минутах

Наименование и номер операции	T_0	φ	$T_{шт}$
020 Токарная с ЧПУ	0,53	2,14	1,13
030 Фрезерная с ЧПУ	5,247	2,15	11,45
060 Кругло-шлифовальная	0,5		1,93

3 Проектирование специальных средств оснащения

Под управлением, в общем смысле, понимают воздействие на систему с целью изменения ее состояния в желаемом направлении. Управление в современном мире становится все более тяжелым делом, поэтому часто говорят об искусстве управления, которое одновременно является наукой. Физические процессы, которые имеют место в технике, как правило, являются управляемыми, то есть могут быть реализованы разными способами в зависимости от воздействия на систему. Для эффективного управления необходимо, как минимум, найти воздействие, которое наиболее сильно влияет на цель управления. Поскольку управление осуществляется через систему, обладающую определенными физическими свойствами при конкретных условиях функционирования и возмущающих воздействиях, любое управление должно предусматривать такую цепь прохождения сигнала и компенсировать действие возмущений.

Несмотря на большое разнообразие методов управления, все они могут быть разделены по одному, чрезвычайно важному признаку – на основании какой информации вырабатывается управляющее воздействие. Речь идет о временном факторе, который определяет момент поступления информации. Такой подход позволяет выделить три основных метода управления: по априорной, текущей или апостериорной информации.

Любой процесс резания выполняется в условиях действия возмущений, которые разделяются по характеру действия на детерминированные и случайные, причем удельный вес той или иной составляющей может варьироваться в значительном диапазоне. Всегда очень важно заранее определить влияние каждой составляющей и в зависимости от этого принять верное решение относительно наиболее эффективного метода управления. Таким образом, математическая модель процесса резания, которая всегда представляет его с определенной мерой адекватности, должна обязательно учитываться при проектировании САУ.

По таким причинам для принятия верного решения целесообразно использовать мощный инструмент исследования систем, управления которыми связано с принятием решений в условиях неопределенности – имитационное моделирование. Здесь под имитационным моделированием будем понимать процесс конструирования модели реальной системы с целью определения метода управления и уточнения функционирования САУ, которая его реализует.

Ход последующих теоретических рассуждений удобно объяснить на решении чрезвычайно важной в машиностроении задачи – обеспечение необходимой точности изготовления деталей и определения путей ее повышения. Таким образом, рассматривается решение третьей задачи общей структуры формирования управления процессом резания, которая была представлена ранее.

Как известно, погрешность обработки всегда может быть разделена на две составляющие – систематическую и случайную, которые реально зависят от многих факторов. Однако, поскольку целью исследований является установление влияния метода управления на точность обработки, достаточно использовать для имитационного моделирования модель, которая учитывает всего две компоненты погрешности, имеющие принципиально разный характер – одну систематическую, другую случайную. Следует ожидать, что влияние на все другие составляющие компоненты погрешности обработки будет аналогичным.

В качестве управляемого объекта удобно выбрать процесс продольного точения, который может быть представлен упрощенной функциональной схемой, отображающей, однако, важнейшее свойство ТОС – ее замкнутость. Согласно принципу коррекции формообразующей траектории достаточно рассмотреть управление по одной координате – заданной глубине H_z резания (рисунок 3.1). Здесь $W_{эуc}$ – передаточная функция эквивалентной упругой системы, W_{np} – передаточная функция процесса резания.

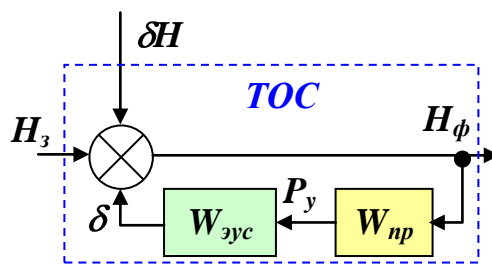


Рисунок 3.1 – Функциональная схема процесса точения

Точность обработки определяется фактической глубиной H_ϕ резания, входящей в математическую модель процесса, которая, в наиболее упрощенном виде, может быть составлена по ее функциональной схеме (рисунок 3.1):

$$\begin{cases} H_\phi = H_z + \delta h - \delta \\ P_z = C_{Pz} H_\phi^{x_p} S^{y_p} V^{n_p} \\ P_{xy} = 0,65 P_z \\ P_y = \frac{P_{xy}}{\sqrt{1 + \operatorname{tg}^2 \varphi}} \\ \delta = P_y / c_y \end{cases} \quad (3.1)$$

где δh – случайное отклонение размера заготовки от номинала, δ – упругая деформация эквивалентной упругой системы, P_z , P_{xy} , P_y – тангенциальная, горизонтальная и радиальная составляющие силы резания соответственно, S – продольная подача, V – скорость резания, C_{Pz} , x_p , y_p , n_p – эмпирические коэффициент и показатели степени, φ – главный угол в плане резца, c_y – жесткость ЭУС.

Систематическая составляющая будет определяться переменной передаточной функцией $W_{\text{эус}}$ ЭУС, которая зависит от способа закрепления заготовки и продольной координаты обработки, т.е. с учетом жесткости заготовки. Определение передаточной функции ЭУС при закреплении в патроне и в патроне и заднем центре будет представлено далее.

Случайная составляющая определяется изменением δH диаметра заготовки, которое обычно подчиняется нормальному закону распределения Гаусса. Параметры закона распределения зависят как от диаметра заготовки, так и от качества точности. Учитывая, что допуск на заготовку при внешнем точении назначается на увеличение диаметра, математическое ожидание M и дисперсия σ^2 рассчитываются по формулам:

$$M = 0,0005a \left(0,45\sqrt{D_i} + 0,001D_i \right); \quad \sigma^2 = M / 3; \quad (3.2)$$

где a – безразмерный коэффициент, установленный для заданного качества, D_i – среднее геометрическое отклонение предельных значений интервала номинальных величин размеров.

Метод управления точностью по апостериорной информации предусматривает использование результатов измерения уже обработанной детали для управления процессом обработки следующей детали, то есть выполняется с определенным запаздыванием на один цикл (рисунок 3.2).

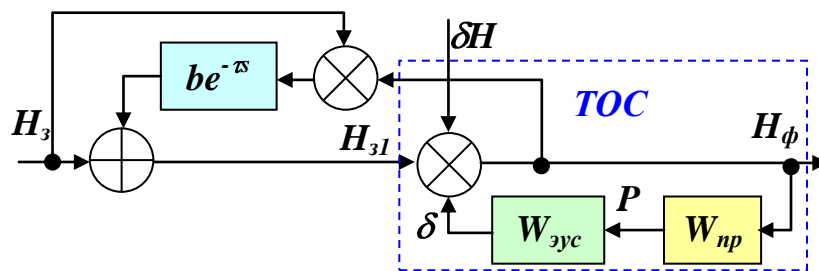


Рисунок 3.2 – Схема управления по апостериорной информации

На структурной схеме по рисунку 3.2 приняты те же обозначения, что и раньше, а запаздывание отображается передаточной функцией $be^{-\tau s}$, где b – коэффициент коррекции, τ – время цикла обработки и измерения одной детали, s – оператор Лапласа. Такой метод управления может осуществляться как в режиме «ручного» управления, так и в автоматическом режиме. Последнее предусматривает создание комплекса, который автоматически

измеряет обработанную деталь и передает информацию на станок с ЧПУ для соответствующей коррекции позиции инструмента на величину ожидаемой погрешности обработки следующей детали.

Коррекция может происходить на определенную постоянную величину, которая не зависит от текущей координаты обработки, или с учетом такой зависимости. В первом случае такой метод управления известен под названием автоподналадки, которая допускает автоматическую коррекцию. Во втором случае необходимо корректировать не положение инструмента как постоянную величину, которая не зависит от текущей координаты, а траекторию относительного формообразующего движения. Таким образом, речь идет о коррекции функции в зависимости от координаты, которая задается и номера цикла обработки от начала процесса. Поскольку передаточные функции W_{np} и $W_{эус}$ при обработке (в частности передаточная функция $W_{эус}$) изменяются, эта коррекция должна быть непрерывной и охватывать весь диапазон изменения задающей координаты. Указанные особенности процесса вносят существенные изменения в известный метод автоподналадки, который применяется при обработке простых поверхностей.

Поэтому зависимость, используемая для коррекции согласно методу автоподналадки [20], является частным случаем более общей зависимости, которая приобретает вид функции координаты x обрабатываемой поверхности:

$$H_n(x) = bH_{n-1}^*(x), \quad (3.3)$$

где $H_n(x)$ – наладочная функция в n -ом цикле; b – коэффициент наладки; $H_{n-1}^*(x)$ – функция отклонения контура детали, обработанной в $n-1$ цикле.

Поскольку в обоих случаях главной задачей является определение оптимального значения коэффициента b коррекции, которым будет определяться как точность метода, так и скорость схождения результатов, то здесь также, как и в предыдущих методах, необходимо использовать имитационное моделирование. Определение коэффициента подналадки можно проводить по методу упрощенной оценки согласно модели:

$$\begin{cases} H_n^*(x) = H_n(x) - bx \sum_{j=1}^{n-1} H_j^*(x), \\ H_1^*(x) = H_1(x). \end{cases} \quad (3.4)$$

Выполняя имитационное моделирование для одного и того же набора значений $H_n(x)$, при одном и том же значении задающей координаты x , но для разных b , вычисляют для каждого значения b среднее отклонение размеров H^* и дисперсию σ_h^{2*} :

$$\bar{H}^* = \frac{1}{N - N_k} \sum_{k=N_k}^N H_k^*; \quad \sigma_h^{2*} = \frac{1}{N - N_k} \sum_{k=N_k}^N \left[H_k^* \right]^2 - \left[\bar{H}^* \right]^2. \quad (3.5)$$

После этого цикл вычислений повторяют для других значений x с выбранным шагом изменения задающей координаты по всей области ее изменения согласно принятой схеме обработки, или предварительно определяют наиболее ответственные участки детали, которые отличаются жесткими допусками и наиболее напряженными условиями обработки. Оптимальное значение коэффициента b находят по экстремуму зависимостей (3.5).

Для проведения имитационных экспериментов была разработана прикладная программа, интерфейс которой в состоянии моделирования коррекции размера на постоянную величину представлен на рисунке 3.3. Исходные данные отвечают условиям предыдущих серий исследований, что обеспечивает возможность сравнения эффективности методов управления.

Сущность метода проиллюстрирована графиком в окне регистрационного прибора. Линией 1 представлена глубина резания при обработке первой детали запланированной партии (она равна заданной на интерфейсе 1,5 мм). После измерений, в соответствии с методом управления, глубина резания при обработке второй детали была автоматически скорректирована – линия 2. Такие коррекции происходят автоматически после обработки каждой детали.

Программа позволяет также оценить точность обработки без какой бы то ни было подналадки (рисунок 3.3). Результаты, полученные при моделировании такого процесса, предоставляют возможность объективного сравнения эффекта от управления с исходным процессом без управления. Получены следующие результаты: коэффициент уточнения по максимальному диаметру деталей $k_{y1}=19,4$; по минимальному диаметру $k_{y2}=27,7$; центры группирования размеров $M_1=27,098$ мм и $M_2=27,069$ мм соответственно.

Для определения влияния коэффициента b на эффективность метода управления по апостериорной информации коррекции размера были проведены соответствующие имитационные эксперименты. Причем здесь, ввиду известного характера изменения детерминированной составляющей погрешности, во внимание принимались результаты только при двух значениях продольной координаты x (3.4) и (3.5) $x=l_0=100$ мм – на конце детали (диаметр детали *max*) и $x=0$ около шпинделя (диаметр детали *min*).

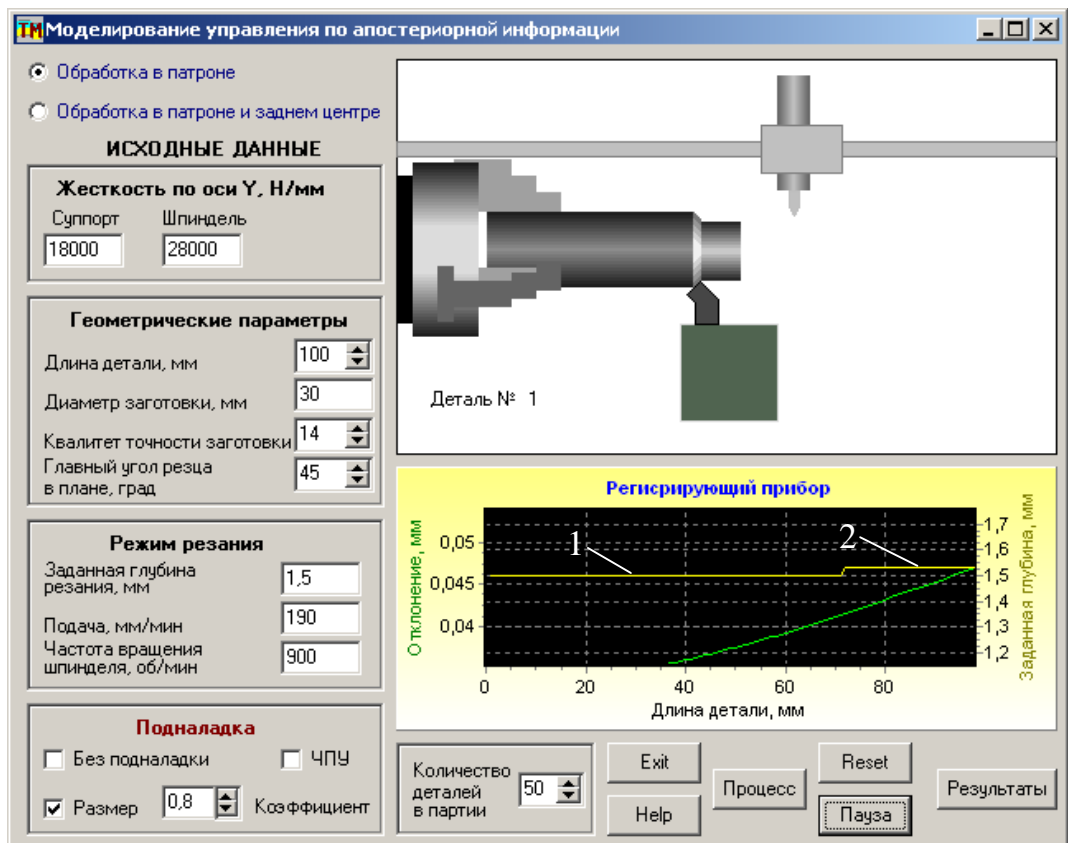
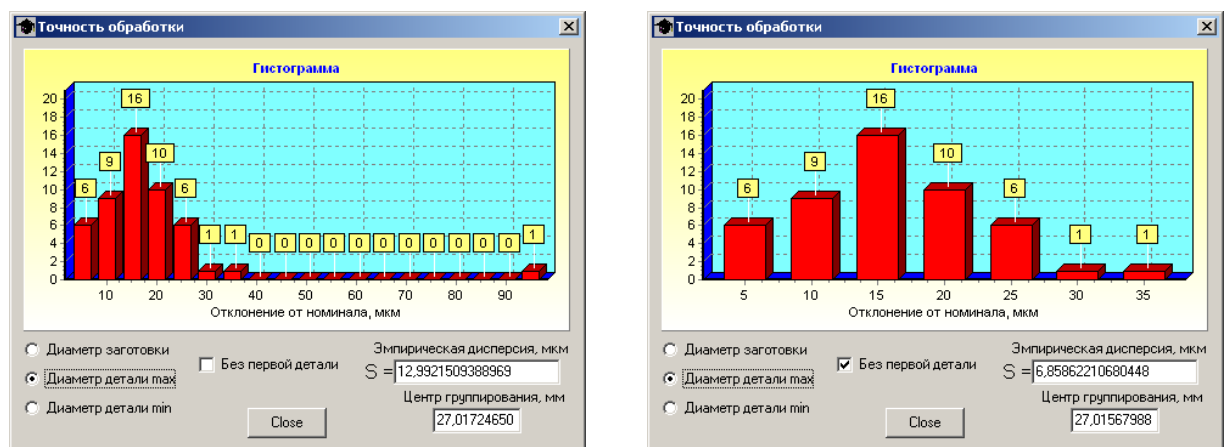


Рисунок 3.3 – Интерфейс прикладной программы

Учитывая сущность метода управления по апостериорной информации, программа статистической обработки результатов имитационных экспериментов была несколько модифицирована с целью обеспечения возможности исключения первой обработанной детали, поскольку она обрабатывалась совсем без коррекции. Результаты статистической обработки представлены на рисунке 3.4.



а)

б)

а) – все детали партии, б) – без первой детали партии

Рисунок 3.4 – Результаты статистической обработки измерений при $b=0,8$

Как видно из рисунка 3.4, исключение из рассмотрения первой обработанной детали значительно улучшает точность такого метода управления. В реальных условиях производства обычно первая деталь должна быть дополнительно обработана для обеспечения необходимой точности. По результатам имитационных экспериментов при управлении по коррекции размера построены графики необходимых зависимостей (рисунок 3.5).

Анализ полученных результатов свидетельствует о значительном влиянии коэффициента b коррекции на точность обработки. Оптимальное значение коэффициента $b=1$ может быть определено по экстремуму коэффициентов уточнения операции. При этом коэффициенты уточнения операции составляют $k_{y1}=15,9$ и $k_{y2}=19,0$, что гораздо меньше, чем при обработке без управления. Такой результат однозначно свидетельствует о несостоятельности рассматриваемого метода управления в плане уменьшения влияния случайной составляющей на точность обрабатывания. Тем не менее, математическое ожидание размера на конце детали $M_1=27,015$ мм, а около шпинделя $M_2=26,985$ мм, то есть цель коррекции размера по среднему значению достигнута, поскольку $M_{cp}=27,000$ мм. При увеличении коэффициента b точность обработки снижается, хотя центры группирования размеров почти сохраняют свои значения, а при $b>2$ система управления теряет устойчивость.

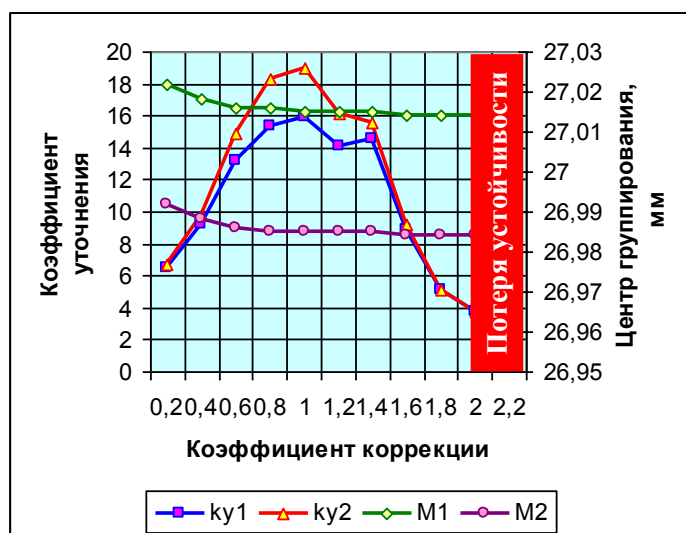


Рисунок 3.5 – Графики зависимостей коэффициентов уточнения и центров группирования размеров деталей от коэффициента b коррекции размера

Современные системы подготовки программ для станков с ЧПУ и сами системы управления станков с ЧПУ позволяют реализовывать метод управления по апостериорной информации с учетом отклонения размера в функции продольной координаты по зависимости (3.3) с использованием оценивания качества по формулам (3.4) и (3.5). Однако здесь также возникает проблема определения оптимального значения коэффициента b коррекции, который в частном случае может быть функцией продольной координаты x .

Разработанная программа (рисунок 3.6) предоставляет возможность проведения имитационного эксперимента при управлении по априорной информации с учетом измерений детали в функции продольной координаты (ЧПУ).

На рисунке 3.6 зафиксирован момент моделирования после обработки первой детали запланированной партии. Видно, что закон изменения глубины резания для обработки второй детали, показанный на регистрирующем приборе, почти повторяет закон управления, хотя никакой априорной информации при его формировании использовано не было. Такой закон управления формируется автоматически по зависимости (3.3) и уточняется от детали к детали.

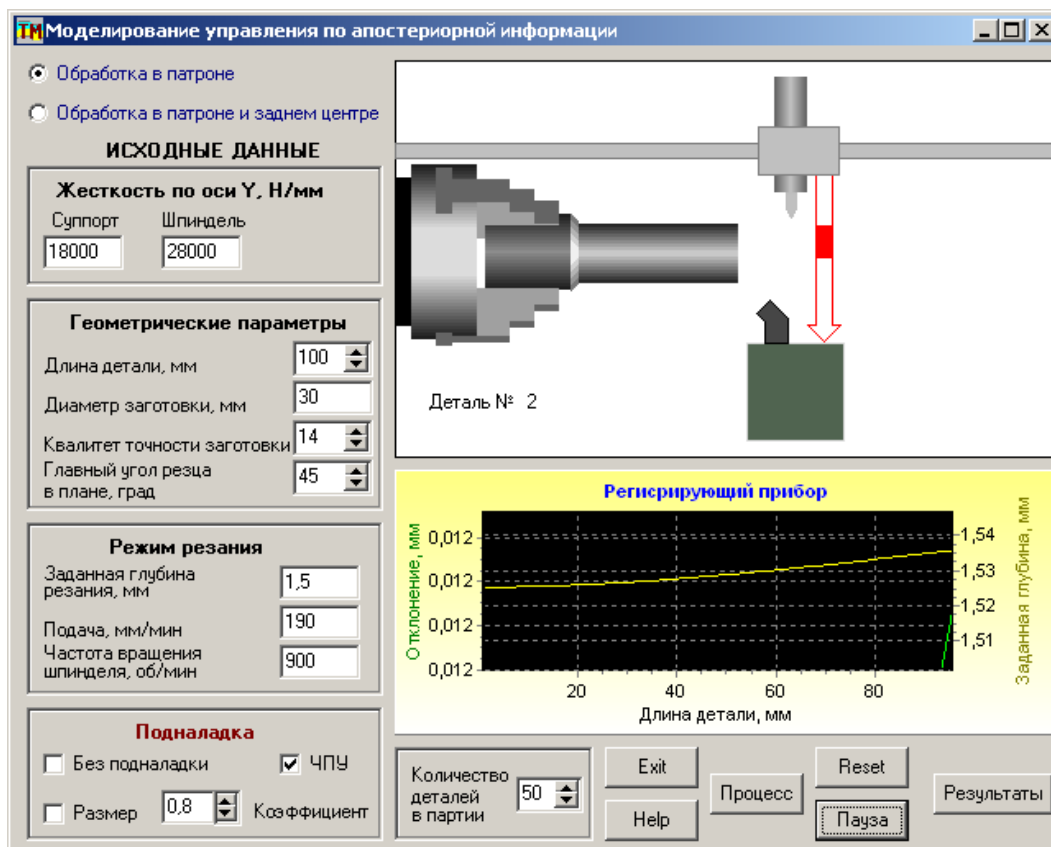


Рисунок 3.6 – Интерфейс прикладной программы

По результатам имитационных экспериментов построены графики основных параметров точности без учета первой детали партии (рисунок 3.7).

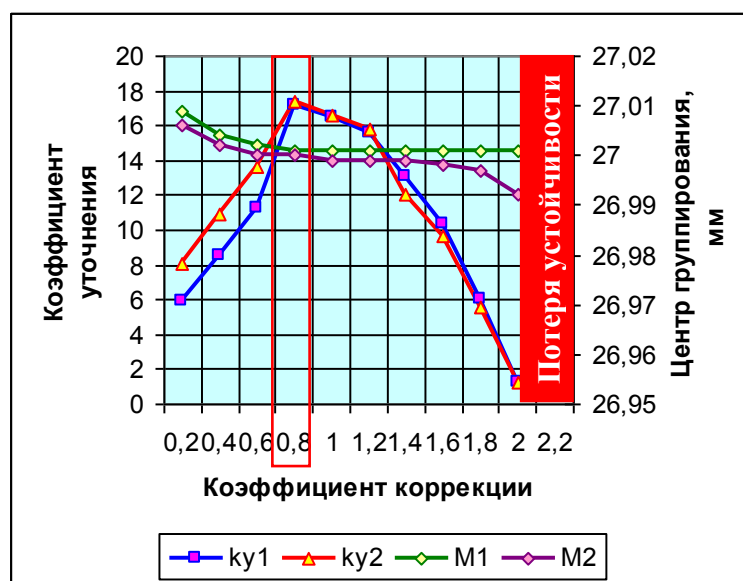


Рисунок 3.7 – Графики зависимостей коэффициентов уточнения и центров группирования размеров деталей от коэффициента b коррекции ЧПУ

Анализ полученных результатов позволяет определить оптимальное значение коэффициента $b=0,8$ по экстремуму коэффициентов уточнения операции. При этом получены почти одинаковые характеристики точности для максимального и минимального размеров деталей: коэффициенты уточнения операции $k_{y1}=17,2$ и $k_{y2}=17,4$, центры группирования $M_1=27,001$ мм и $M_2=26,999$ мм. При увеличении коэффициента b точность снижается, а при $b>2$ система управления теряет устойчивость.

На рисунке 3.8 проиллюстрирован процесс на грани потери устойчивости системы управления – размеры деталей группируются в обе стороны от номинала, то есть процесс начинает расходиться. Безусловно, такие коллизии на практике могут произойти только при организации автоматической системы, которая реализует предложенный метод. В автоматизированной системе инженер-технолог всегда может правильно оценить образовавшуюся тенденцию и принять верное решение. Тем не менее, теоретически находят подтверждение основные положения теории автоматического регулирования о возможной неустойчивости систем с отрицательной обратной связью.

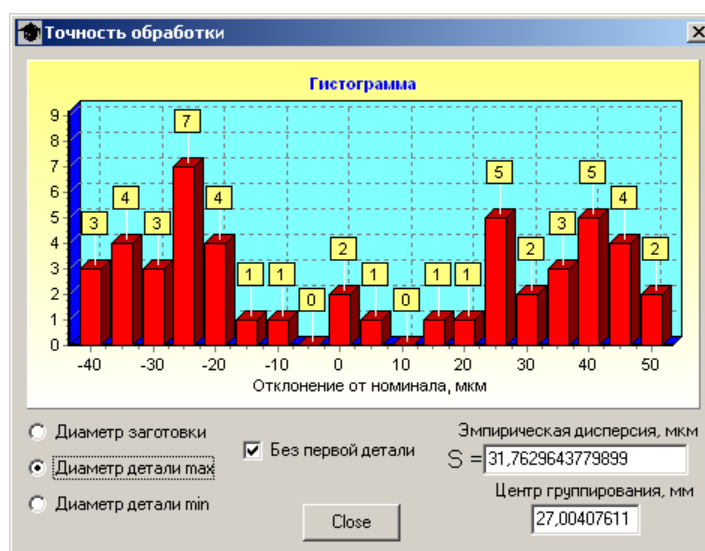


Рисунок 3.8 – Гистограмма размеров при $b=2$ (управление ЧПУ)

Для сравнительного анализа рассмотренных методов управления удобно воспользоваться распределением размеров деталей по длине (рисунок 3.9).

Сравнительный анализ целесообразно проводить с результатами точности обработки без какого бы то ни было управления (линия 1 на рисунке 3.9): для максимального размера детали $\sigma^2=5,591$, для минимального $\sigma^2=3,915$, центры группирования $M_1=27,098$ мм и $M_2=27,069$ мм соответственно.

4 Безопасность и экологичность технического объекта

Разработка мероприятий по обеспечению безопасности и экологичности проводится с использованием методики и данных учебно-методического пособия [25].

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

Характеристики рассматриваемого технического объекта приведены в таблице 4.1.

Таблица 4.1 – Технологический паспорт технического объекта

Технологический процесс	Технологическая операция, вид выполняемых работ	Наименование должности работника, выполняющего технологический процесс, операцию	Оборудование, техническое устройство, приспособление	Материалы, вещества
1	2	3	4	5
Техпроцесс изготовления штока электрогидравлического привода	Токарная операция	Оператор станков с числовым управлением	Токарно-винторезный станок с ЧПУ 16К20Ф3, Поводковый патрон 3 ^х кулачковый самоцентрирующий	20Х ГОСТ 4543-71, смазочно-охлаждающая жидкость, ветошь

Продолжение таблицы 4.1

1	2	3	4	5
			ГОСТ 2572 - 72, люнет роликовый самоцентрирую щий, резец проходной	
Техпроцесс изготовления штока электрогидрав лического привода	Круглошл ифовальн ая операция	Шлифовщи к	Кругло- шлифовальный полуавтомат 3М151, УСП, центра ГОСТ 18259-72, шлифовальный круг ГОСТ 2424-70 24А25СМ18К	20Х ГОСТ 4543-71, смазочно- охлаждающая жидкость, ветошь

4.2 Идентификация профессиональных рисков

Таблица 4.2 содержит результаты проведения идентификации профессиональных рисков.

Таблица 4.2 – Идентификация профессиональных рисков

Производственно-технологическая и/или эксплуатационно-технологическая операция, вид выполняемых работ	Опасный и/или вредный производственный фактор	Источник опасного и/или вредного производственного фактора
Токарная операция, Круглошлифовальная операция	Острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок, инструментов и оборудования; движущиеся машины и	Обрабатываемая заготовка, металлорежущий станок, смазочно-
	механизмы; подвижные части производственного оборудования; передвигающиеся изделия, заготовки; опасные и вредные производственные факторы, вызванные высокой температурой, которая может вызвать ожоги тканей организма человека; опасные и вредные производственные факторы, связанные с повышенным уровнем общей вибрации; опасные и вредные производственные факторы, характеризующиеся повышенным уровнем шума; опасные и вредные производственные факторы, электрического тока; динамические нагрузки, вызванные монотонностью	охлаждающая жидкость, станочное приспособление, режущий инструмент

4.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков

Результаты данного раздела приведены в таблице 4.3.

Таблица 4.3 – Организационно-технические методы и технические средства (технические устройства) устранения (снижения) негативного воздействия опасных и вредных производственных факторов

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
2	3	4
Острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок, инструментов и оборудования	Инструктажи по охране труда, удаление острых кромок и заусенцев на слесарных переходах	Перчатки с покрытием из полимера
Движущиеся машины и механизмы; подвижные части производственного оборудования; передвигающиеся изделия, заготовки	Инструктажи по охране труда, применение защитных кожухов, экранов, ограждений	Спецодежда, защитные очки
Опасные и вредные производственные факторы, вызванные высокой температурой, которая может вызвать ожоги тканей организма человека	Инструктажи по охране труда, применение защитных кожухов, экранов, ограждений	Спецодежда, перчатки с покрытием из полимера
Опасные и вредные производственные факторы, связанные с повышенным уровнем общей вибрации	Инструктажи по охране труда, установка оборудования на виброгасящие опоры, сокращение времени контакта с поверхностями подверженными вибрации	Резиновые виброгасящие коврики

Продолжение таблицы 4.3

1	2	3
Опасные и вредные производственные факторы, характеризующиеся повышенным уровнем шума	Инструктажи по охране труда, изоляция звукопоглощающими материалами наиболее акустически активных	Применение наушников или вкладышей
Опасные и вредные производственные факторы, электрического тока	Инструктажи по охране труда, заземление оборудования, изоляция токоведущих частей, применение предохранителей	Спецодежда
Динамические нагрузки, вызванные монотонностью	Соблюдение периодичности и продолжительности регламентированных перерывов	

4.4 Обеспечение пожарной безопасности технического объекта

В таблицах 4.4 – 4.6 представлен комплекс мер по обеспечению пожарной безопасности технического объекта.

Таблица 4.4 – Идентификация классов и опасных факторов пожара

Участок, подразделение	Оборудование	Класс пожара	Опасные факторы пожара	Сопутствующие проявления факторов пожара
1	2	3	4	5
Механическая штока электрогидравлического привода	Токарно-винторезный станок с ЧПУ 16К20Ф3, Кругло-	Пожары класса В	Пламя и искры; тепловой поток; повышенная	Осколки, части разрушившихся оборудования, изделий и иного имущества;

Продолжение таблицы 4.4

1	2	3	4	5
	шлифовальный полуавтомат ЗМ151		температура окружающей среды; повышенная концентрация токсичных продуктов горения и термического разложения; пониженная концентрация кислорода; снижение видимости в дыму	вынос высокого напряжения на токопроводящ ие части оборудования, изделий и иного имущества; воздействие огнетушащих веществ

Таблица 4.5 – Выбор средства пожаротушения

Первичные средства пожаротушения	Мобильные средства пожаротушения	Стационарные установки систем пожаротушения	Средства пожарной автоматики	Пожарное оборудование	Средства индивидуальной защиты и спасения людей при пожаре	Пожарный инструмент (механический и немеханический)	Пожарные сигнализация, связь и оповещение
1	2	3	4	5	6	7	8
Пенные огнетушители	Автомобили	Система	Извещатели пожарные;	Пожарные рукава,	Респираторы,	Комплект универсальный	Извещатели

Продолжение таблицы 4.5

1	2	3	4	5	6	7	8
ители, ящики с песком, пожарны е багры, ломы	пожар ные, мотоп омпы	пожаро тушени я аэрозол ью	приборы приемно- контрольные пожарные; приборы управления пожарные; технические средства оповещения и управления эвакуацией пожарные	арматура, гидранты	противо газы	льного пожарног о инструме нта	речевые и световые автомати ческие

Таблица 4.6 – 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
1	2	3
Технологический процесс изготовления штока электрогидравлического привода	Применение смазочно-охлаждающих жидкостей на базе негорючих составов,	Наличие пожарной сигнализации, автоматической системы пожаротушения, первичных средств

Продолжение таблицы 4.6

1	2	3
	хранение ветоши в негоряемом ящике, соблюдение правил электробезопасности	пожаротушения, проведение пожарных инструктажей

4.5 Обеспечение экологической безопасности технического объекта

Результаты данного анализа представлены в таблицах 4.7, 4.8.

Таблица 4.7 – Идентификация негативных экологических факторов технического объекта

Наименование технического объекта, производственно-технологического процесса	Структурные составляющие объекта производственно-технологического процесса (производственного здания или сооружения по функциональному назначению, технологических, технического оборудования), энергетической установки, транспортного средства и т.п.	Негативное экологическое воздействие технического объекта на атмосферу (выбросы в воздушную окружающую среду)	Негативное экологическое воздействие технического объекта на гидросферу (образование сточных вод, забор воды из источников водоснабжения)	Негативное экологическое воздействие технического объекта на литосферу (почву, растительный покров, недра), образование отходов, выемка плодородного слоя почвы, отчуждение земель, нарушение и загрязнение растительного покрова и т.д.)
1	2	3	4	5
Технологический	Токарно-копировальный	Масляный туман, пыль	Нефтепродукты, смазочно-	Стружка, ветошь, металлолом,

Продолжение таблицы 4.7

1	2	3	4	5
процесс изготовления штока электрогидравлического привода	станок, шлифовальный станок		охлаждающая жидкость, растворы технических жидкостей	нефтепродукты, смазочно-охлаждающая жидкость, растворы технических жидкостей

Таблица 4.8 – Разработанные (дополнительные и/или альтернативные) организационно-технические мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия заданного технического объекта на окружающую среду

Наименование технического объекта	Технологический процесс изготовления вала конического
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	Разделение жидких и твердых отходов. Утилизация отходов на специальных полигонах

4.6 Заключение по разделу

В разделе приведена характеристика рассматриваемого технического объекта: технологического процесса изготовления штока электрогидравлического привода. Рассматриваются токарная и шлифовальная операции. На данных операциях используются оператор станков с числовым управлением и шлифовальщик. В качестве оборудования используются токарно-винторезный станок с ЧПУ 16К20Ф3 и кругло-шлифовальный полуавтомат 3М151. В качестве приспособления используется поводковый патрон 3^x кулачковый самоцентрирующий ГОСТ 2572 - 72, люнет роликовый самоцентрирующий, УСП, центра ГОСТ 18259-72 и соответствующий инструмент резец проходной, шлифовальный круг ГОСТ 2424-70 24А25СМ18К; при этом применяются технологические и расходные вещества и материалы 20Х ГОСТ 4543-71, смазочно-охлаждающая жидкость, ветошь (таблица 4.1).

Проведена идентификация профессиональных рисков, где на рассматриваемой технологической операции выявлены опасные и вредные факторы. Это острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок, инструментов и оборудования; движущиеся машины и механизмы; подвижные части производственного оборудования; передвигающиеся изделия, заготовки; опасные и вредные производственные факторы, вызванные высокой температурой, которая может вызвать ожоги тканей организма человека; опасные и вредные производственные факторы, связанные с повышенным уровнем общей вибрации; опасные и вредные производственные факторы, характеризуемые повышенным уровнем шума; опасные и вредные производственные факторы, электрического тока; динамические нагрузки, вызванные монотонностью. В качестве источников выявлены обрабатываемая заготовка, металлорежущий станок, смазочно-охлаждающая жидкость, станочное приспособление, режущий инструмент (таблица 4.2).

Для устранения или снижения негативного воздействия опасных и вредных факторов предлагаются соответствующие методы и средства. Такие, как инструктажи по охране труда, применение защитных кожухов, экранов, ограждений, установка оборудования на виброгасящие опоры, сокращение времени контакта с поверхностями подверженными вибрации, изоляция звукопоглощающими материалами, заземление оборудования, изоляция токоведущих частей, применение предохранителей, а также соблюдение периодичности и продолжительности регламентированных перерывов (таблица 4.3).

Проведена идентификация классов и опасных факторов пожара для участка, где проводится механическая обработка штока электрогидравлического привода (таблица 4.4). Произведен выбор средств пожаротушения (таблица 4.5) и предложены организационные мероприятия по обеспечению пожарной безопасности технического объекта технологического процесса изготовления штока электрогидравлического привода (таблица 4.6).

В разделе идентифицированы негативные экологические факторы технического объекта технологического процесса изготовления штока электрогидравлического привода (таблица 4.7). Предложены организационно-технические мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия заданного технического объекта на окружающую среду: атмосферу – оснащение системы производственной вентиляции фильтрующими элементами, гидросферу – применение многоступенчатой системы очистки сточных вод и литосферу – разделение жидких и твердых отходов, а также утилизация отходов на специальных полигонах (таблица 4.8).

В итоге выполнения данного раздела выявлены наиболее значимые опасные и вредные факторы, возникающие в процессе изготовления штока электрогидравлического привода. Разработаны мероприятия по их устранению и снижению их влияния на работника. Проведен анализ

пожарной безопасности на участке по изготовлению штока электрогидравлического привода и выбор средств пожаротушения. Приведены результаты анализа по обеспечению экологической безопасности технического объекта – технологический процесс изготовления электрогидравлического привода.

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.

На фрезерной операции 030 применяется:

- вертикально-фрезерный станок, модель 6P11MФЗ-1;
- патрон мембранный ГОСТ 16157-71;
- фреза концевая.

Совершенствование данной операции позволило сократить основное и штучное время ее выполнения. При данных условиях основное время операции составляет 8,76 мин., а штучное – 10,97 мин.

Используя методику определения капитальных вложений [26] была определена сумма инвестиций, которая составила 121643,03 руб.

Используя методику расчета технологической себестоимости [26], была определена величина данного показателя по сравниваемым операциям. Итоговое значение было получено путем суммирования таких значений, как:

- основная заработная плата рабочих;
- начисления на заработную плату;
- расходы на содержание и эксплуатацию оборудования.

Значения описанных параметров по сравниваемым вариантам выполнения операции 030 представлены на рисунке 5.1.

Анализируя представленные значения, можно сделать вывод о том, что они все имеют тенденцию к уменьшению, что положительно сказывается на итоговой величине технологической себестоимости, которая снижается на 22,9% и в проектируемом варианте технологического процесса изготовления штока электрогидравлического привода составит 54,59 руб.

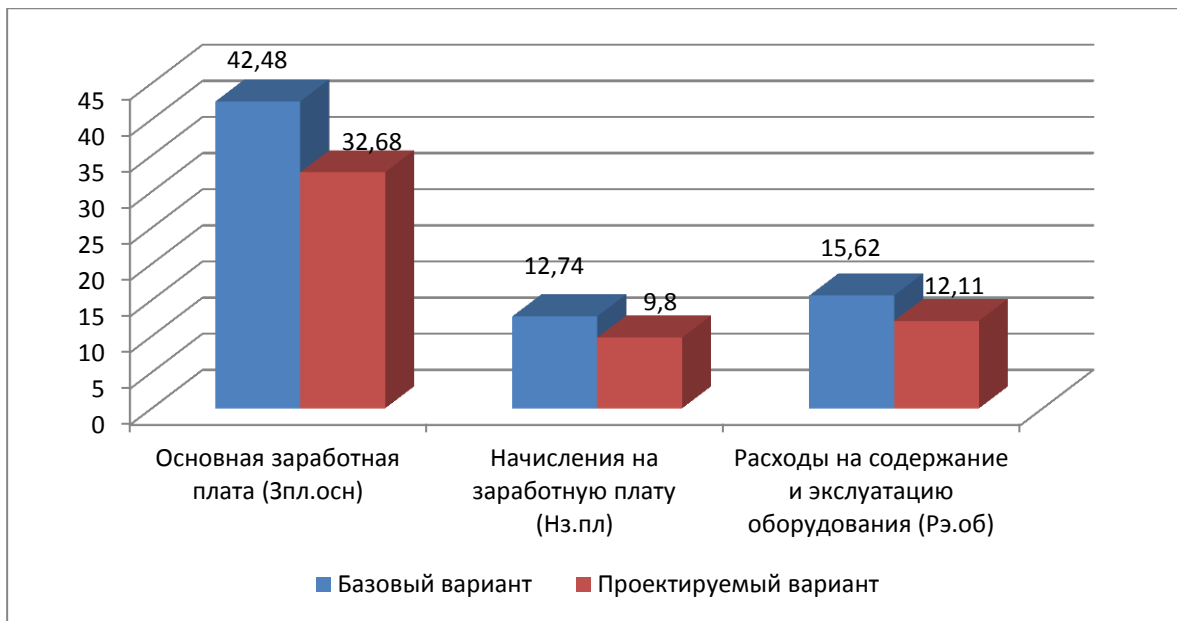


Рисунок 5.1 – Параметры, входящие в технологическую себестоимость детали «Шток электрогидравлического привода», по сравниваемым операциям, руб.

Учитывая полученные значения технологической себестоимости, по методике калькулирования себестоимости [26] была определена полная себестоимость выполнения операции 030 (рисунок 5.2).

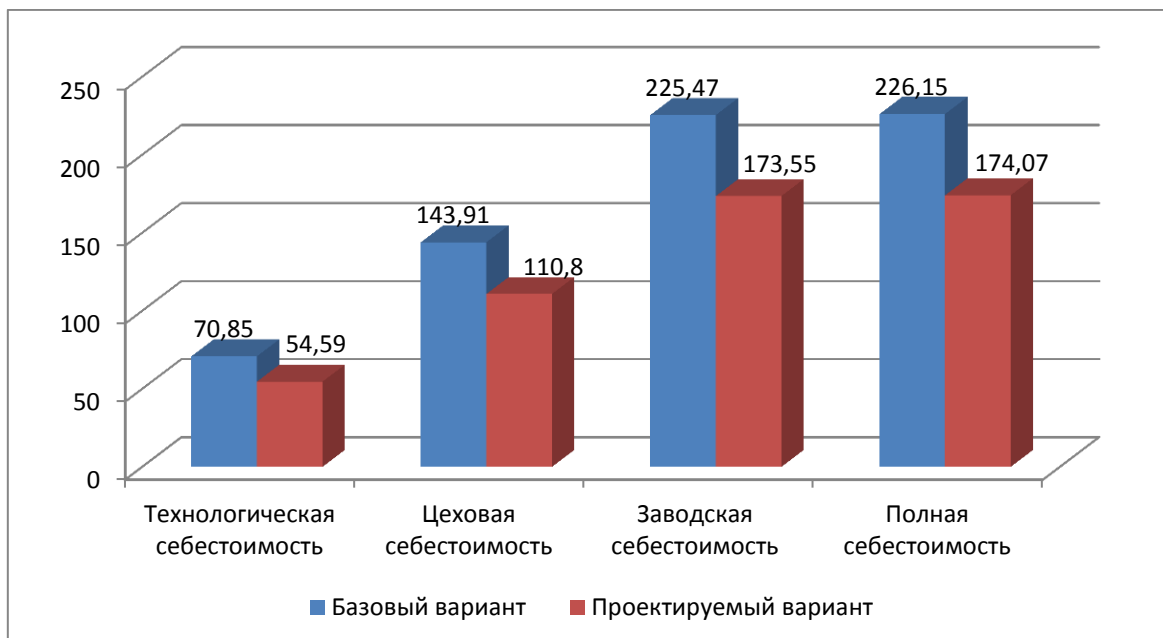


Рисунок 5.2 – Калькуляция себестоимости по вариантам технологического процесса выполнения операции 030, руб.

Как видно из рисунка, полная себестоимость составила в базовом варианте – 226,16 руб., а в проектном – 174,07 руб. Изменения по данному параметру составит 23,1%.

Благодаря такой разнице, предприятие может получить чистую прибыль в размере 416640 руб., что окупит предполагаемые инвестиции (121643,03 руб.) в течение одного года. Данное значение срока окупаемости является основанием для того, чтобы предлагаемые совершенствования считать эффективными. Но для полноты формулируемых выводов, были проведены расчеты по определению величины чистого дисконтируемого дохода (интегрального экономического эффекта), который составляет 24180,97 рублей. «Так как значение ЧДД (Эинт) > 0 , то проект считается эффективным и поэтому определяется индекс доходности» [26]. Его величина составила 1,2 рублей на каждый вложенный рубль.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе выполнения бакалаврской работы представлено решение ряда вопросов по проектированию технологического процесса: выполнены все необходимые исследования, результаты которых были получены в соответствующих разделах работы:

- в разделе «Введение» проведен анализ актуальности и сформулирована цель работы;

- в первом разделе исследованы исходные данные для проектирования технологического процесса изготовления детали;

- во втором разделе проведена разработка технологического процесса;

- в третьем разделе спроектированы специальные средства технического оснащения;

- в четвертом разделе исследованы мероприятия по безопасности и экологичности объекта;

- в пятом разделе получена величина экономической эффективности разработанной технологии в размере 416640 руб.

Таким образом можно утверждать, что поставленная цель выполненной бакалаврской работы достигнута – это разработка технологического процесса изготовления штока электрогидравлического привода с минимальной себестоимостью.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Безъязычный, В.Ф. Основы технологии машиностроения: учебник / В.Ф. Безъязычный – М. : Инновационное машиностроение, 2016. – 568 с.
2. Филонов, И.П. Инновации в технологии машиностроения: учебное пособие / И.П. Филонов, И.Л. Баршай. – Минск : Вышэйшая школа, 2009. – 110 с.
3. Silberschmidt, V. Mechanics of Advanced Materials: Analysis of Properties and Performance / V. Silberschmidt, V. Matveenko. Switzerland : Springer International Publishing, 2015. – 205 p.
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. Nee, A. Y. C. Handbook of Manufacturing Engineering and Technology / A. Y. C. Nee. – London : Springer Reference, 2015. – 3491 p.
6. Данилевский, В.В. Лабораторные работы и практические занятия по технологии машиностроения / В.В. Данилевский, Ю.И. Гельфгат. – М. : Высшая школа, 1988. – 222 с.
7. Приходько, И.Л. Проектирование заготовок: учебное пособие / И.Л. Приходько, В.Н. Байкалова. – М. : Издательство РГАУ–МСХА, 2016. – 171 с.
8. Гельфгат, Ю.И. Сборник задач и упражнений по технологии машиностроения: учебное пособие для машиностроительных техникумов / Ю.И. Гельфгат – М. : Высшая школа, 1986. – 271 с.
9. 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.

10. Байкалова, В.Н. Основы технического нормирования труда в машиностроении: учебное пособие / В.Н. Байкалова, И.Л. Приходько, А.М. Колокатов. – М. : ФГОУ ВПО МГАУ, 2005. – 105 с.
11. Клепиков, В.В. Курсовое проектирование по технологии машиностроения: учебное пособие / В.В. Клепиков, В.Ф. Солдатов. – М. : ИНФРА-М, 2017. – 229 с.
12. Клепиков, В.В. Технология машиностроения: учебник / В.В. Клепиков, А.Н. Бодров. – М. : ФОРУМ, ИНФРА-М, 2004. – 860 с.
13. Базров, Б.М. Основы технологии машиностроения: учебник для вузов / Б.М. Базров – М. : Машиностроение, 2005. – 736 с.
14. Иванов, И.С. Расчёт и проектирование технологической оснастки в машиностроении: учебное пособие / И.С. Иванов – М. : ИНФРА-М, 2015. – 198 с.
15. Иванов, И.С. Технология машиностроения: производство типовых деталей машин: учебное пособие / И.С. Иванов – М. : ИНФРА-М, 2014. – 223 с.
16. Bertsche, V. Reliability in Automotive and Mechanical Engineering: Determination of Component and System Reliability / V. Bertsche, A. Schanz, K. Pickard. – Berlin Heidelberg : Springer-Verlag, 2015 – 502 p.
17. Маталин, А.А. Технология машиностроения: учебник / А.А. Маталин – СПб. : Издательство «Лань», 2016. – 512 с.
18. Некрасов, С.С. Технология машиностроения / С.С. Некрасов, И.Л. Приходько, Л.Г. Баграмов. – М. : Колос, 2005. – 360 с.
19. Сысоев, С.К. Технология машиностроения. Проектирование технологических процессов / С.К. Сысоев, А.С. Сысоев, В.А. Левко. – СПб. : Издательство «Лань», 2016. – 352 с.
20. Скворцов, В.Ф. Основы технологии машиностроения: учебное пособие / В.Ф. Скворцов – М. : ИНФРА-М, 2016. – 330 с.

21. Кондаков, А.И. Курсовое проектирование по технологии машиностроения: учебное пособие / А.И. Кондаков – М. : КНОРУС, 2012. – 400 с.
22. Косов, Н.П. Технологическая оснастка: вопросы и ответы: учебное пособие / Н.П. Косов, А.Н. Исаев, А.Г. Схиртладзе. – М. : Машиностроение, 2005. – 304 с.
23. Суслов, А.Г. Технология машиностроения: учебник / А.Г. Суслов – М. : КНОРУС, 2013. – 336 с.
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. 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.
26. Зубкова, Н.В. Методическое указание к экономическому обоснованию курсовых и дипломных работ / Н.В. Зубкова. – Тольятти : ТГУ, 2015. – 46 с.
27. Колокатов, А.М. Шлифование абразивным и алмазным инструментом: учебное пособие / А.М. Колокатов, В.Н. Байкалова. – М. : Издательство РГАУ-МСХА, 2015. – 76 с.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Маршрутная карта

Дуол.	Взам.	Глоол.											Шток	АСКОН 10100.			
																2	
А	Цех	Уч.	РМ	Юпер	Код, наименование операции	СМ	Проф.	Р	У1	КР	КОИД	ЕН	ОП	Кшт.	Гпз	Гшт.	
Б	Код, наименование оборудования				Обозначение документа												
К/М	Наименование детали, сб. единицы или материала				Обозначение, код												
A01					035 0108 Слесарная												
B02					Электрохимический станок 4407									1	1	1	
A03					040 0125 Промыка												
B04					Камерная моечная машина									1	1	1	
A05					045 0200 Контроль												
B06														1	1	1	
A07					050 5000 Термическая обработка												
B08														1	1	1	
A09					055 4143 Центрошлифовальная												
B10					Центрошлифовальный станок 3925									1	1	1	
A11					060 4131 Круглошлифовальная												
B12					Круглошлифовальный станок 3М151									1	1	1	
A13					065 4132 Внутришлифовальная												
B14					Внутришлифовальный станок 3К227В									1	1	1	
A15					070 0125 Промыка												
B16														1	1	1	
A17					075 0200 Контроль												
МК	Маршрутная карта															3	

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

Операционная карты и карта эскизов

