

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 вала-шестерни заднего моста

Студент(ка)	<u>Н.С. Левин</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 вала-шестерни заднего моста. 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. Метод управления по априорной информации при адекватной модели процесса полностью компенсирует детерминированную составляющую погрешности обработки и почти не влияет на случайную составляющую. Этот метод рекомендуется применять в случаях, когда детерминированная составляющая в общем балансе погрешности превалирует.

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 58 страниц и включает 16 таблиц, 4 рисунка, а также графическую часть работы, которая содержит 7 листов.

## СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	4
1 Анализ исходных данных.....	6
1.1 Служебное назначение и условия работы детали.....	6
2 Разработка технологической части работы.....	10
2.1 Определение исходных параметров.....	10
2.2. Разработка технологического маршрута.....	13
2.3 Определение припусков и проектирование заготовки.....	14
2.4 Выбор баз.....	16
2.5 Выбор средств технологического оснащения.....	18
2.6 Расчет норм времени.....	19
3 Проектирование специальных средств оснащения.....	26
4 Безопасность и экологичность технического объекта.....	34
4.1 Конструктивно-технологическая и организационно-техническая характеристики рассматриваемого технического объекта.....	34
4.2 Идентификация профессиональных рисков.....	35
4.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков.....	36
4.4 Обеспечение пожарной безопасности технического объекта.....	38
4.5 Обеспечение экологической безопасности технического объекта.....	41
4.6 Заключение по разделу.....	43
5 Экономическая эффективность работы.....	46
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	49
СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ.....	50
ПРИЛОЖЕНИЕ А.....	53
ПРИЛОЖЕНИЕ Б.....	56

## ВВЕДЕНИЕ

Современная мировая автомобильная промышленность развивается очень быстрыми темпами. Волжский автомобильный завод одно из немногих предприятий в России, несмотря на целый ряд трудностей, продолжает выпускать автомобили, пользующиеся большим спросом в стране. Основной целью завода для развития и поддержания работы является внедрение в производство современных автомобилей, способных конкурировать не только на российском, но и на мировом рынке. Но для этого самым необходимым условием является обеспечение высокого качества выпускаемой продукции.

Автомобиль «LADA Vesta SW Cross», по оценкам экспертов, является самым перспективным автомобилем ВАЗа. На заводе завершены работы по внедрению этого автомобиля в производство. Создано совместное предприятие по выпуску данной модели. Стоимость проекта создания совместного производства составляет 333 млн. долларов. Доля Европейского Банка Реконструкции и Развития в создаваемом СП составило 33 млн. долларов, а АО «АВТОВАЗ» предоставил интеллектуальную собственность (документацию на выпуск «LADA Vesta SW Cross»), площади и здания. Завод выйдет на проектную мощность в течение 2-3 лет и будет выпускать до 75 тысяч автомобилей в год. Стоимость новой «LADA Vesta SW Cross» очень невысока и составляет около 9 тысяч долларов, что является своеобразным рекордом: стоимость самого дешевого конкурента, автомобиля «КИА-Спортидж» составляет порядка 16 тысяч долларов. Подобное преимущество нового российского внедорожника не было бы достигнуто без широчайшего применения унификации деталей, узлов и агрегатов, позволяющей существенно сократить затраты на постановку на производство путем выпуска деталей для новой модели на имеющихся производственных мощностях.

Одной из таких деталей является вал-шестерня, входящая в узел задний мост. Задний мост выполняет очень важную функцию – приводит колеса, передавая крутящий момент от двигателя, агрегатированного с коробкой перемены передач. Назначение вал-шестерни – передать крутящий момент от редуктора заднего моста к задним колесам.

От качества её изготовления в значительной мере зависят эксплуатационные свойства всего привода, а также, что немаловажно, безопасность управления автомобилем.

## **1 Анализ исходных данных**

В ходе анализа исходных данных на основе требований, предъявляемых к детали и чертежа детали необходимо выявить недостатки конструкции, а также рассмотреть возможное улучшение технологичности конструкции.

### **1.1 Служебное назначение и условия работы детали**

Деталь «вал-шестерня заднего моста» – деталь вращения. Она служит для передачи крутящего момента от редуктора заднего моста опорному колесу. То есть вал-шестерня заднего моста (в дальнейшем – вал-шестерня) получает вращение конической шестерни редуктора заднего моста с внутренним шлицевым профилем, воспринимая его через боковую поверхность шлицев и передает его опорному колесу через крепежные болты пятью отверстиями диаметром 14 мм.

Вал-шестерня в процессе работы испытывает действие радиальной нагрузки, а также крутящего момента со стороны шестерни редуктора заднего моста. Шлицы испытывают действие изгибающих усилий, контактного давления и сил трения. Деталь работает в условиях высоких знакопеременных нагрузок.

#### **1.1.1 Анализ материала детали**

Вал-шестерня работает в условиях скоростей и знакопеременных нагрузок, поэтому имеет достаточно высокие требования к материалу и точности изготовления.

Вал-шестерня изготавливается из стали марки 19ХГН ГОСТ 4543-81 и подвергается термообработке – закалке токами высокой частоты.

Материал, углеродистая качественная сталь, применяется для деталей с общей повышенной точностью, работающих при средних скоростях и средних удельных давлениях: зубчатые передачи, червячные валы, шлицевые

валы, промежуточные оси, шпиндели, валы, работающие в подшипниках качения.

### 1.1.2 Систематизация поверхностей детали

Вспомогательные конструкторские базы (ВКБ) определяют положение присоединяемых деталей – цилиндрическая поверхность под сальник пов. 7; цилиндрическая поверхность 8 под удерживающее кольцо; цилиндрическая поверхность 14 под маслоотражатель; цилиндрическая поверхность 33, торцевая поверхность 19 под установку тормозного барабана, отверстия пов. 27 под болты крепления тормозного барабана; цилиндрическая поверхность 20 под установку колеса; отверстия пов. 29 и торцевая поверхность под крепежные болты колеса; цилиндрическая поверхность 21 и фасонная поверхность 22 под установку декоративного колпака.

Свободные поверхности (С), не сопрягающиеся с другими деталями 2,4,5,6,12,13,15,16,18,23,24,26,28,30,32.

Также предусмотрены два технологических отверстия для базирования детали при механической обработке.

Номера поверхностей и их назначения для удобства сведем в таблицу 1.1.

### 1.1.3 Технологичность заготовки

Материал заготовки: сталь 19ХГН ГОСТ 4543-81. Ее механические характеристики обеспечивают нормальную работу вал-шестерни в заднем мосте автомобиля. Материал не является дефицитным.

Сталь имеет хорошую обрабатываемость резанием. Заготовку вал-шестерни получают из горячекатанного круга диаметром 52 мм ковкой на гидравлических вальцовочных и ковочных машинах.

Свободные поверхности 5,6,15,28,30 предусматривают обработку по 16 качеству точности. Данная точность достигается на заготовительных операциях и последующая механическая обработка для этих поверхностей не требуется. К остальным поверхностям предъявляются более высокие

требования по точности и шероховатости, которые не могут быть получены на заготовительных операциях, а могут быть обеспечены только при дополнительной механической обработке.

Таким образом, деталь вал-шестерня можно считать технологичной.

Таблица 1.1 – Систематизация поверхностей

В миллиметрах

Поверхность		Размеры			Форма, расположение		Шероховатость Ra, мкм	Твердость
№	Тип	Значение	IT	Допуск	Погрешность	Допуск		
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	C*		8				2,5	187HB
2	C	764	14	2	⊥	0,07	20	187HB
3	ВКБ	23,34	8	0,25	↑	0,05	10	HRC 53
4	C	23,2	14	0,1			10	HRC 53
5	C	25	16	1,0	↑	0,05	40	HRC 53
6	C		16				40	HRC 53
7	ВКБ	34,8	9	0,016	↑	0,05	0,125	HRC 53
					Ⓜ	0,008		
8	ВКБ	35	6	0,02	↑	0,05	1,25	HRC 53
					Ⓜ	0,008		
9	ВКБ	102,3	8	0,2			2,5	HRC 53
10	ОКБ	40	6	0,02	↑	0,05	0,8	HRC 53
					Ⓜ	0,008		
11	ОКБ	61,3	8	0,1	⊥	0,01	1,25	HRC 53
12	C	48,5	12	1,0			10	HRC 53
13	C	44	12	1,0			10	HRC 53
14	ВКБ	48,5	12	1,0			10	187HB
15	C		16				40	187HB



Продолжение таблицы 1.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9
16	С	123	14	0,5	®	0,05	20	187HB
17	ВКБ	12,5	12	0,1	⊥	0,02	10	187HB
18	С	170	14	1,0			20	187HB
19	ВКБ		10	0,2	⊥	0,02	5	187HB
20	ВКБ	98	12	0,14	◎**	0,032	10	187HB
21	ВКБ	92	10	0,2			20	187HB
22	ВКБ	93,5	12	0,4			20	187HB
23	С	92	10	0,2			20	187HB
24	С	10	14	0,5	⊥	0,1	20	HRC 53
25	И	23,284	8	0,016	◎**	0,008	2,5	HRC 53
26	С	24,54	10	0,032	◎**	0,016	5	HRC 53
27	ВКБ	8	10	0,07	⊕	0,02	5	187HB
28	С	50	16	2			40	HRC 53
29	ВКБ, И	14	10	0,07	⊕	0,02	5	187HB
30	С		16				40	HRC 53
31	С*		8				2,5	187HB
32	С*	764	14	0,52	⊥	0,07	20	187HB
33	ВКБ	100	10	0,025	◎**	0,032	2,5	187HB

\* – технологические отверстия имеют точность по 8 качеству и шероховатость Ra 2,5 мкм.

\*\* – несоосность задается относительно условной оси центров 34.

## **2 Разработка технологической части работы**

### **2.1 Определение исходных параметров**

#### **2.1.1 Выбор методов обработки**

При выборе методов обработки поверхностей учитываем, что кроме переходов механической обработки необходимо, согласно требований чертежа вал-шестерни, ввести термообработку – закалку ТВЧ на следующих поверхностях: 2, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 24, 25, 26, 30. Вал-шестерня заднего моста относится к маложестким валам ( $l/d > 5$ ), поэтому в процессе термообработки возможно ее коробление и, следовательно, снижение точности. Для устранения последствий термообработки целесообразно после нее ввести операцию правки. Данная операция позволит снизить припуски на дальнейшую обработку, уменьшить количество и трудоемкость технологических операций. Для тех же целей введем операцию правки после заготовительной операции перед механической обработкой.

Выбор методов начнем с самой точной поверхности. Такой поверхностью является цилиндрическая шейка под подшипник. Для достижения необходимой точности и чистоты поверхности можно применить следующую последовательность методов механической обработки: Т-ТО-Ш, где Т – точение, ТО – термообработка, Ш – шлифование.

Для поверхности 7 – цилиндрическая шейка под сальник введем дополнительно операцию полирования (ПО), так как данная поверхность имеет повышенные требования к шероховатости. На основе вышеизложенного назначаем методы обработки для других поверхностей.

Поверхности вал-шестерни и методы их обработки систематизируем в таблице 2.1.

Таблица 2.1 – Последовательность обработки поверхностей

№ поверхности	Технические требования чертежа				Последовательность обработки
	Ra, мкм	IT	Погрешность расположения формы, мм		
1	2	3	4	5	6
1	2,5	8			С
2	20	14	⊥	0,07	Т
3	10	8	↑	0,05	Т-ТО
4	10	14			Т-ТО
5	40	16	↑	0,05	ТО
6	40	16			ТО
7	0,125	9	↑	0,05	Т-ТО-Ш-ПО
			⊙	0,008	
8	1,25	6	↑	0,05	Т-ТО-Ш
			⊙	0,08	
9	2,5	8			Т-ТО-Ш
10	0,8	6	↑	0,05	Т-ТО-Ш
			⊙	0,008	
11	1,25	8	⊥	0,01	Т-ТО-Ш
12	10	12			Т-ТО
13	10	12			Т-ТО
14	10	12			Т
15	40	16			
16	20	14	Ⓜ	0,05	Т-Тч
17	10	12	⊥	0,02	Т-Тч
18	20	14			Т
19	5	10	⊥	0,02	Т-Тч-Ш

Продолжение таблицы 2.1

1	2	3	4	5	6
20	10	12	◎**	0,032	Т-Тч
21	20	10			Т-Тч
22	20	12			Т
23	20	10			Т-Тч
24	20	14	⊥	0,1	Т-ТО
25	2,5	8	◎**	0,008	Н-ТО
26	5	10	◎**	0,016	Н-ТО
27	5	10	⊕	0,02	Зс-С-Нр
28	40	16			ТО
29	5	10	⊕	0,02	С-З-Р
30	40	16			ТО
31	2,5	8			С
32	20	14	⊥	0,07	Т
33	2,5	10	◎**	0,032	Т-Тч-Ш
34*					П1-П2

\* - предполагаемая ось центров.

\*\* - несоосность относительно условной оси центров 34.

В таблице 2.1 обозначено: С – сверление; Зс - засверливание; З – зенкерование; Нр – нарезание резьбы; Р – развертывание; Т – точение; Тч – точение чистовое; ТО – термообработка; Ш – шлифование; ПО – полирование; Н – накатка шлицев; П1 – правка заготовки после заготовительных операций; П2 – правка после термообработки.

## 2.2 Разработка технологического маршрута

Разработанный технологический маршрут представим в виде таблицы

2.2

Таблица 2.2 – Технологический маршрут

№ п/п	Наименование операции	Обрабатываемые поверхности	Номер операции
1	Фрезерно-центровальная	1,2,21,24,31,32	005
2	Токарная	16,17,18,19,20,33	010
3	Токарная	3,4,7,8,9,10,11, 12,13,14	015
4	Маркировочная	25,26	020
5	Шлицефрезерная	3,4,5,6,7,8,9,10, 11,12,13,25,26,30	025
6	Шлифовальная	8,9,10,25,26,30	030
7	Зуборезная	16,17,18,19,20,33	035
8	Зуборезная	17,18	040
9	Зуборезная	19,20,33	045
10	Контрольная	-----	050
11	Термическая	2,4,5,6,7,8,9,10,11,12,13,24,25,26,30	055
12	Шлифовальная	19,33	060
13	Резьбошлифовальная	7,8,9,10,11	065
14	Шлифовальная	7	070
15	Моечная	Все	075
16	Контрольная	-----	080

В окончательно варианте технологического маршрута объединили обработку поверхностей 17 и 18 в одну операцию 040.

В маршрут включили две контрольные операции: операция 050 – промежуточный контроль перед ТО и операция 080 – окончательный

контроль детали, перед последней контрольной операцией предусмотрена моечная, операция 075.

Также ввели две операции правки оси центров: после заготовительных операций и после ТО. Введение этих операций позволит использовать в качестве технологических баз центровые отверстия, а технические требования задавать относительно условной оси центров. Введение этих операций также позволит снизить припуски на механическую обработку, уменьшить количество и трудоемкость последующих технологических операций.

### 2.3 Определение припусков и проектирование заготовки

Расчетно-аналитическим методом определим припуск на самую точную поверхность.

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

Заготовка – поковка нормальной точности.

Технологический маршрут обработки поверхности 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;  $\Delta$  – суммарное отклонение формы и расположения поверхностей,  $\Delta$  равно  $0,25Td$ ;  $\varepsilon$  – погрешность установки заготовки в приспособлении.

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

$$Z_{\min}^2 = a_1 + \sqrt{\Delta_1^2 + \varepsilon^2_2} = 0,2 + \sqrt{0,1^2 + 0,3^2} = 0,87 \text{ мм};$$

$$Z_{\min}^3 = a_2 + \sqrt{\Delta_2^2 + \varepsilon^2_3} = 0,1 + \sqrt{0,1^2 + 0,3^2} = 0,41 \text{ мм};$$

$$Z_{\min}^4 = a_3 + \sqrt{\Delta_3^2 + \varepsilon^2_4} = 0,05 + \sqrt{0,1^2 + 0,1^2} = 0,2 \text{ мм};$$

## 2. Расчетный размер $d_{\min}$ .

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

$$d_{\min}^4 = 460,005 \text{ мм};$$

$$d_{\min}^3 = d_{\min}^4 + 2Z_{\min}^4 = 460,005 + 2 \cdot 0,2 = 460,405 \text{ мм};$$

$$d_{\min}^2 = d_{\min}^3 + 2Z_{\min}^3 = 460,405 + 2 \cdot 0,41 = 461,225 \text{ мм};$$

$$d_{\min}^1 = d_{\min}^2 + 2Z_{\min}^2 = 461,225 + 2 \cdot 0,87 = 462,965 \text{ мм};$$

$$d_{\min}^0 = d_{\min}^1 + 2Z_{\min}^1 = 462,965 + 2 \cdot 3,8 = 470,565 \text{ мм}.$$

## 3. Максимальный размер.

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

$$d_{\max}^4 = d_{\min}^4 + IT^4 = 460,005 + 0,040 = 460,045 \text{ мм};$$

$$d_{\max}^3 = d_{\min}^3 + IT^3 = 460,405 + 0,098 = 460,503 \text{ мм};$$

$$d_{\max}^2 = d_{\min}^2 + IT^2 = 461,225 + 0,16 = 461,385 \text{ мм};$$

$$d_{\max}^1 = d_{\min}^1 + IT^1 = 462,965 + 0,64 = 463,605 \text{ мм};$$

$$d_{\max}^0 = d_{\min}^0 + IT^0 = 470,565 + 2,58 = 473,145 \text{ мм}.$$

## 4. Предельные значения припусков.

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

$$Z_{\max}^4 = (d_{\max}^3 - d_{\max}^4) / 2 = (460,503 - 460,045) / 2 = 0,229 \text{ мм};$$

$$Z_{\max}^3 = (d_{\max}^2 - d_{\max}^3) / 2 = (461,385 - 460,503) / 2 = 0,441 \text{ мм};$$

$$Z_{\max}^2 = (d_{\max}^1 - d_{\max}^2) / 2 = (463,605 - 461,385) / 2 = 1,11 \text{ мм};$$

$$Z_{\max}^1 = (d_{\max}^0 - d_{\max}^1) / 2 = (473,145 - 463,605) / 2 = 4,77 \text{ мм}.$$

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.

## 2.4 Выбор баз

На первой операции фрезерно-центровальной 005 в качестве технологических баз используем цилиндрические шейки  $5^{00}$  и  $6^{00}$ , также торцевую поверхность  $19^{05}$ . Здесь и далее индекс около обозначения поверхности означает номер операции, на которой она получена.

На операции 010 токарной в качестве технологических баз используем черновые базы – ось, материализованную в виде цилиндрических шеек  $3^{00}$  и  $14^{00}$  и торцевую поверхность  $17^{05}$ .

На операции 015 токарной в качестве технологических баз используем центровые отверстия поверхности  $1^{20}$  и  $31^{20}$ . В качестве опорной базы принимаем, также центровое отверстие  $31^{20}$ .

На операции 025 шлицефрезерной в качестве технологических баз используем ось  $34^{20}$ , материализованную в виде центровых отверстий поверхности  $1^{20}$  и  $31^{20}$ , в качестве опорной базы в продольном направлении, также используем центровое отверстие  $31^{20}$ .

На операции 030 шлифовальной в качестве технологических баз используем ось  $34^{20}$ , материализованную в виде центровых отверстий



поверхности.  $1^{20}$  и  $31^{20}$ , в качестве опорной базы в продольном направлении, также используем центровое отверстие  $31^{20}$ .

На операции 035 зуборезной в качестве технологических баз используем ось  $34^{20}$ , материализованную в виде центровых отверстий поверхности  $1^{20}$  и  $31^{20}$ , в качестве опорной базы в продольном направлении используется центровое отверстие  $1^{20}$ .

На операции 040 зуборезной в качестве технологических баз используем центровые отверстия поверхности  $1^{20}$  и  $31^{20}$ , в качестве опорной базы в продольном направлении используем центровое отверстие  $1^{20}$ .

На операции 045 зуборезной в качестве технологических баз используем ось  $34^{100}$ , материализованную в виде центровых отверстий поверхности  $1^{20}$  и  $31^{20}$ , в качестве опорной базы в продольном направлении, также используем центровое отверстие  $31^{20}$ .

На операции 060 шлифовальной в качестве технологической базы используем ось  $34^{100}$ , материализованную в виде центровых отверстий поверхности  $1^{20}$  и  $31^{20}$ .

На операции 065 резбошлифовальной в качестве технологических баз принимаем ось  $34^{100}$ , материализованную в виде центровых отверстий поверхности  $1^{20}$  и  $31^{20}$ , в качестве опорной базы в продольном направлении, также используем центровое отверстие  $31^{20}$ .

На операции 070 шлифовальной в качестве технологических баз принимаем ось  $34^{100}$ , материализованную в виде центровых отверстий поверхности  $1^{20}$  и  $31^{20}$ , в качестве опорной базы в продольном направлении, также используем центровое отверстие  $31^{20}$ .

Принятые схемы базирования обеспечивают нулевую или минимальную погрешность базирования при обработке.

## 2.5 Выбор средств технологического оснащения

Выбор средств технологического оснащения сведем в таблицу 2.3.

Таблица 2.3 – Средства технологического оснащения ТП обработки детали.

№ операции	Наименование и модель оборудования	Наименование приспособления	Наименование инструмента	Наименование измерительного средства
1	2	3	4	5
005 – фрезерно-центровальная	Фрезерно-центровальный «Черчилль»	Тиски призматические с самоцентрирующим и губками ГОСТ 130041-89 Патрон для центровочного сверла ГОСТ 2876-80	Фреза торцовая со вставными ножами Т15К10 ГОСТ 9413-80 Сверло центровочное тип А ГОСТ 14952-80 Р6М5 Метчик ОСТ 2450-73	Штангенциркуль ГОСТ 166-80 Калибр, шагомер
010 – токарная 015	Токарно-копировальный станок	Патрон 3-х кулачковый с плавающими кулачками ГОСТ 2675-80 Центр вращающийся ГОСТ 8742-62	Резец-вставка 16×20×60 ОСТ 24.10.1-83 Т5К10 Резец-вставка 16×20×60 ОСТ 24.10.1-83 Т30К10	ШЦ-1 ГОСТ 166-80
025 – шлицефрезерная	Фрезерный станок с делительным устройством	УСП	Фреза шпоночная ГОСТ 4675-71 Р6М5	ШЦ-1 ГОСТ 166-80
030 – шлифовальная	Шлифовальный станок Fortuna	УСП, центра ГОСТ 18259-72	Шлифовальный круг Fortuna	БВ-4100

### Продолжение таблицы 2.3

1	2	3	4	5
035 – зуборезная	Зуборезный станок «Глисон-950»	Специальное приспособление	Фреза дисковая модульная Р6М5К5-МП, m=18, d=160 ГОСТ 10996-64	Прибор измерительный универсальный
060 – шлифовальная	Центрошлифовальный станок 3922	Патрон мембранный ГОСТ 16157-71	Головка шлифовальная ГОСТ 2743-0001 ГОСТ 17119-71	Шаблон
065 – резьбовая	Резьбонарезной станок с профильным кругом	УСП, центра ГОСТ 18259-72	Профильный круг MSO «Цинциннати»	БВ-4100

### 2.6 Расчет норм времени

Расчет норм времени на 025 шлицефрезерную операцию.

Для среднесерийного производства определяем норму штучно-калькуляционного времени по формуле:

$$T_{шт-к} = \frac{T_{н.з.}}{n} + T_o + \left( T_{yc} + T_{з.о.} + T_{уп} + T_{из} \right) K + T_{об.отг},$$

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;  $T_{уп}$  – 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 и снятие заготовки, закрепление ее и открепление равно:

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

Время на приемы управления:

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

Время, затраченное на измерение детали равно 1,3 минуты при 20% контролируемых деталей получим:

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

С учетом поправочного коэффициента 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 составляет 7% от оперативного времени:

$$T_{об.омг} = 7\% \text{ от } T_o.$$

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

Тогда

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

Результаты расчетов заносим в операционную карту.

Определение нормы времени на 045 зуборезную операцию.

Определение основного времени:

$$T_0 = \frac{l + l_1 + l_2 + l_3}{S \cdot n} \cdot i; \quad l_1 = \sqrt{t \cdot (D - t)} = \sqrt{40,5 \cdot (746 - 40,5)} = 169 \text{ мм};$$

$$T_0 = \frac{500 + 40,5 + 169 + 150}{3,6 \cdot 259,5} = 1,84 \text{ мин.}$$

Расчет вспомогательного времени. Время на установку и снятие детали занимает 0,31 минуты, на управление станком 1,44 минуты; время на обслуживание рабочего места 3% от оперативного времени, а время на личные надобности 4% от оперативного времени.

$$T_{вс} = 1,75 \text{ мин}; \quad T_{ум} = (1,84 + 1,75) \cdot \left(1 + \frac{7}{100}\right) = 3,84 \text{ мин}; \quad T_{умк} = 3,84 + \frac{18}{250} = 3,91 \text{ мин.}$$

Полученные показатели сведем в таблицы 2.4 – 2.7.

Таблица 2.4 – Структура штучного времени по операциям техпроцесса

В часах

№ операции	Базовый вариант		Проектный вариант	
	$T_{\text{маш}}$	$T_{\text{шт}}$	$T_{\text{маш}}$	$T_{\text{шт}}$
005	0,647	1,114	0,647	1,114
010	0,841	1,114	0,841	1,114
015	0,747	1,114	0,747	1,114
020	1,20	1,53	1,20	1,53
025	1,14	1,49	1,14	1,49
035	0,27	0,33	0,27	0,33
040	1,03	1,12	1,03	1,12
045	0,55	1,89	0,45	1,10
050	1,31	1,57	1,31	1,57
055	0,85	1,11	0,85	1,11
060	1,10	1,39	1,10	1,39
065	1,14	1,39	1,14	1,39
070	0,55	0,75	0,55	0,75

Таблица 2.5 – Сводная трудоемкость работ

В часах

№ операции	Базовый вариант	Проектный вариант
	$T_{\text{общ}}$	$T_{\text{общ}}$
1	2	3
005	3855	3855
010	3855	3855
015	3855	3855
020	5295	5295
025	5157	5157
035	1142	1142
040	3876	3876

Продолжение таблицы 2.5

1	2	3
045	6541	3807
050	5433	5433
055	3841	3841
060	4672	4672
065	4811	4811
070	2596	2596

Средний разряд работ на каждую обслуживаемую операцию установим 4-й.

Таблица 2.6 – Количество оборудования

№ операции	Базовый вариант		Проектный вариант	
	$C_{расч}$	$C_{прин}$	$C_{расч}$	$C_{прин}$
005	0,928	1	0,928	1
010	0,928	1	0,928	1
015	0,928	1	0,928	1
020	1,275	2	1,275	2
025	1,240	2	1,240	2
035	0,275	1	0,275	1
040	0,933	1	0,933	1
045	1,575	2	0,917	1
050	1,308	2	1,308	2
055	0,925	1	0,925	1
060	1,125	2	1,125	2
065	1,158	2	1,158	2
070	0,625	1	0,625	1

Так как в базовом варианте на операциях 020, 060, 070 и в проектном варианте на операциях 020, 060, 070 применяется оборудование с автоматизацией загрузки и разгрузки деталей, не требующие обслуживания операторами, примем число операторов без учета возможность многостаночного обслуживания для базового варианта 16 человек, для проектного 14 человек.

Таблица 2.7 – Коэффициент загрузки оборудования

№ операции	Базовый вариант		Проектный вариант	
	$K_z$	$K_{z\text{ ср}}$	$K_z$	$K_{z\text{ ср}}$
1	2	3	4	5
005	0,928		0,928	
010	0,928		0,928	
015	0,928		0,928	
020	0,638		0,638	
025	0,62		0,62	
035	0,275	0,542	0,275	0,529
040	0,933		0,933	
045	0,780		0,917	
050	0,654		0,654	
055	0,925		0,925	
060	0,563		0,563	
065	0,579		0,579	
070	0,625		0,625	

Общая численность занятых операторов поточной линии составит 32 человека. К основным рабочим, занятым в производстве, примем вспомогательных рабочих: наладчики 5 разряда – 4 человека; слесари-



ремонтники 4 разряда – 4 человека; контролеры 4 разряда – 4 человека.  
Число работников ОТК 2 человека (для работы в 2 смены).

### 3 Проектирование специальных средств оснащения

Процесс резания может быть представлен в виде управляемого объекта в его классическом понимании, на который действуют различные возмущающие воздействия (рисунок 3.1). Целью любого процесса обработки резанием является получение годной детали (поверхности) за минимальное время или с минимальной себестоимостью.

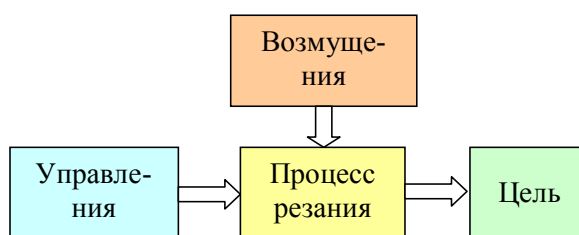


Рисунок 3.1 – Управляемый объект

Процесс формообразования на любом станке выполняется в упругой технологической системе, на которую влияют разнообразные возмущения, мешающие достижению цели управления.

На этапе проектирования технологической операции по имеющейся модели процесса может быть определено большинство детерминированных возмущений или хотя бы наиболее сильные из них. Далее, при выборе управляющих воздействий, которыми чаще всего являются параметры режима резания, применяют два принципиально разных подхода. Первый предусматривает выбор постоянных значений параметров режима, которые назначают исходя из того, чтобы при наихудшем сочетании возмущений получить годную деталь. Второй подход состоит в непрерывном управлении режимами в соответствии с известными принципами автоматического регулирования. Первый подход в настоящее время можно смело считать анахронизмом.

Первый подход, который чаще всего применялся на практике благодаря своей простоте, приводит к весьма существенным потерям

производительности обработки. Причем потери будут тем больше, чем больше диапазон колебания возмущений и сильнее их влияние на технологическую систему. Например, при обработке сложных поверхностей деталей, которые характеризуются изменением условий обработки по контуру в десятки раз, эти потери достигают 200-300% основного времени. Поэтому, при выборе параметров режима резания, наряду с задачей оптимизации всего процесса, необходимо решать задачу компенсации или стабилизации действующих на систему возмущений, что позволит максимально приблизить процесс к стационарному. Таким образом, эти две задачи взаимосвязаны, поскольку возмущения в значительной мере определяют ограничения области возможных значений управляющих воздействий, а также законы или алгоритмы управления.

Как уже отмечалось, наиболее сильно эти возмущения сказываются при обработке сложных поверхностей, когда к традиционным возмущающим факторам, а именно: изменению припуска, физико-механических свойств материала заготовки, инструмента и т.п., прибавляются возмущения, связанные со сложным относительным формообразующим движением инструмента и детали и непрерывным изменением параметров срезаемого слоя припуска [15].

В качестве иллюстрации предлагается пример формирования управлений при контурной обработке любым инструментом, имеющим исходную инструментальную поверхность в виде цилиндра. На рисунке 3.2, а представлен процесс формообразования резанием контура 1 детали, когда заготовка имеет абсолютно эквидистантный припуск (линия 2). Исходя из геометрических условий формообразования, центр инструмента движется по эквидистанте 3 к обрабатываемой поверхности. Ясно, что условия силового взаимодействия инструмента и заготовки будут определяться параметрами срезаемого слоя припуска, зависящими от дуги контакта АВ, длина которой при разных положениях инструмента существенно различается. Поэтому вектор  $P$  силы резания также изменяет свою величину и направление в

плоскости YOX. Вектор силы резания на рисунке 3.2, а изображен в предположении движения по эквидистанте с постоянной подачей  $S_p$ .

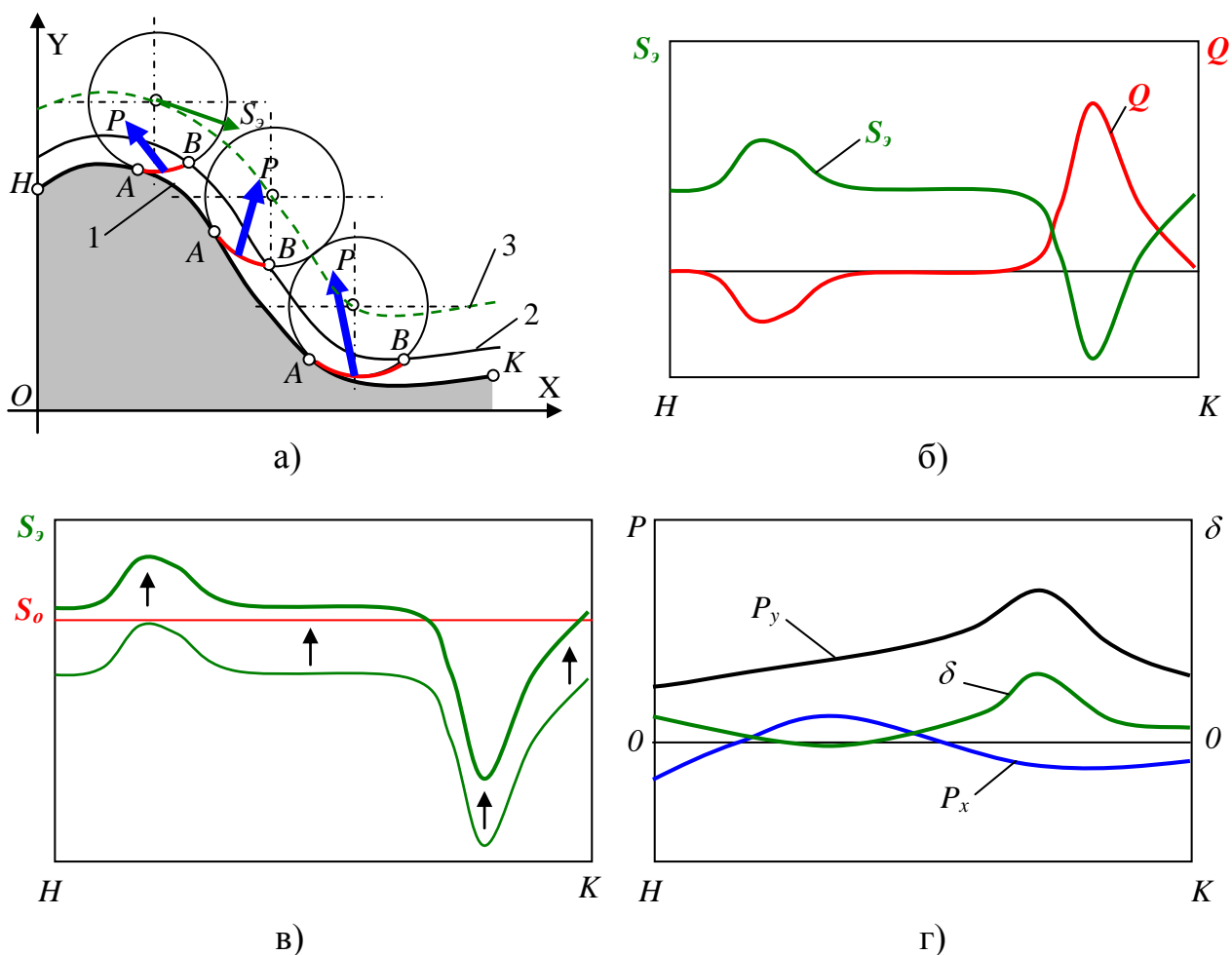


Рисунок 3.2 – Пример управления при контурной обработке

Известно, что почти для всех видов обработки главным фактором, определяющим качество обработанной поверхности, является интенсивность  $Q$  съема припуска, которая зависит от длины дуги контакта. На рисунке 3.2, б показан график изменения этого важнейшего параметра процесса резания по развертке длины эквидистанты. Видно, что процесс является квазистационарным, и это обязательно приведет к существенному изменению свойств обработанной поверхности по ее длине (шероховатость, физико-механические свойства поверхностного слоя). Поскольку интенсивность съема припуска зависит также и от подачи  $S_p$  по эквидистанте

центра инструмента, появляется возможность стабилизировать интенсивность съема припуска за счет управления этой подачей. Предполагаемый закон управления подачей  $S_z$  по эквидистанте для рассматриваемого случая представлен на рисунке 3.2, б. Он получается из условия максимального приближения условий контурной обработки к условиям обработки поверхности постоянной кривизны. В результате интенсивность съема припуска на всех участках контура будет одинаковой.

Теперь наступает очередь выполнения главной цели управления: минимизировать время обработки. Тут, безусловно, должна решаться задача оптимизации, желательно в такой формулировке, которая позволяет считать ее однокритериальной. Например: выбрать такой уровень изменения подачи  $S_z$  по эквидистанте (т.е. ее «среднюю» величину  $S_o$ ), чтобы при максимальной производительности удовлетворялись все условия точности и качества обработанной поверхности. На рисунке 3.2, в обозначен возможный метод решения такой задачи за счет перемещения полученного закона управления подачей  $S_z$  в положение, соответствующее оптимальному уровню «средней» подачи  $S_o$ . Оптимальная величина «средней» подачи определяется при решении стандартной задачи нелинейного программирования как для поверхности постоянной кривизны.

Однако такое управление хотя и приводит к выравниванию условий резания по контуру и оптимизации процесса по принятому критерию (минимальное время обработки), но не может полностью стабилизировать силу резания из-за разного влияния интенсивности и подачи на силовые и качественные характеристики процесса. Кроме того, вообще не следует ожидать стабилизации составляющих  $P_x$  и  $P_y$  силы резания хотя бы по причине изменения направления вектора силы в плоскости XOY (рисунок 3.2, г). В дополнение, жесткости упругой ТОС по разным направлениям всегда различны и упругие деформации, вызванные составляющими силы резания, также различны. На формирование погрешности обработки, которая измеряется по нормали к контуру, эти упругие деформации влияют по-

разному. Все это приводит к необходимости вводить третье управляющее воздействие в виде коррекции траектории движения центра инструмента, которая уже не будет эквидистантой.

Рассмотренный пример убедительно показывает, что формирование управляющих воздействий для любого процесса обработки резанием должно осуществляться в следующей строгой последовательности:

1. Стабилизация условий резания.
2. Оптимизация процесса резания.
3. Коррекция формообразующей траектории.

Конечно, в начале решения задачи управления необходимо установить подходящие управляющие воздействия, которые наиболее сильно влияют на процесс и легко изменяются. Как правило, для большинства видов обработки таким воздействием является подача по эквидистанте.

Следует заметить, что не для всех процессов резания все перечисленные пункты обязательны к исполнению. Например, при обработке гладкой цилиндрической детали точением при эвидистантном припуске, стабильность условий резания по ходу формообразования обеспечена самой конфигурацией детали и способом обработки. Однако, можно с уверенностью утверждать, что два последующих пункта обязательны всегда.

Как уже отмечалось, наиболее целесообразно осуществлять автоматическое управление режимами обработки на станках с ЧПУ, поскольку на них основное время расходуется непосредственно на резание, велика стоимость основного времени обработки, имеются широкие технические возможности для реализации требуемых законов управления и, в конце концов, именно на этих станках чаще всего осуществляется контурная обработка и обработка сложных 3-D поверхностей. Все это позволяет при минимальных затратах на автоматическое управление получить максимальный выигрыш. Отметим, что в многосерийном и массовом производстве экономически выгодным будет также оснащение

специальных и специализированных станков системами автоматического управления.

Наиболее сложными операциями в технологическом плане являются операции обработки 3-D поверхностей. Действительно, процесс обработки сложной 3-D поверхности существенно отличается от процессов контурной обработки (2-D) и тем более от обработки поверхностей постоянной кривизны. Основное отличие состоит в сложных траекториях формообразующих движений, форме исходной инструментальной поверхности, форме поверхности заготовки – то есть в геометрических и кинематических условиях выполнения процесса. Следствием этого является существенное изменение вектора  $Q$  геометрических параметров срезаемого слоя припуска (в десятки раз) в зависимости от участка обрабатываемой поверхности, что приводит к существенной нестационарности всех основных параметров и выходных характеристик процесса.

По этой причине для успешной реализации процесса обработки сложной 3-D поверхности необходимо непрерывное управление с целью компенсации дестабилизирующего действия обозначенных факторов. Поскольку такое управление должно выполняться в функции задающей координаты обработки, то есть быть “быстрым”, в качестве управляющих воздействий не могут быть приняты смазочно-охлаждающая технологическая среда (СОТС), скорость резания и материал инструмента. Действительно, какую бы марку инструментального материала или СОТС мы не выбирали, устранить или компенсировать действие главного дестабилизирующего фактора – вектора  $Q$  геометрических параметров срезаемого слоя припуска, который определяется лишь геометрическими условиями, не удастся. Напротив, в качестве управляющих воздействий подходят подача формообразующего движения, а при многопроходной обработке и поперечная подача (глубина резания).

В металлообработке применяют два основных метода управления, а также их комбинации: управление по ошибке и по возмущению. Управление

по ошибке предусматривает создание специальных систем автоматического управления с обратными связями и модернизацию оборудования. Управление по возмущению требует точного знания адекватной математической модели процесса и может быть реализовано на станке с ЧПУ без его модернизации. Причем, эффективность такого управления для обработки сложных 3-D поверхностей вполне достаточна, поскольку все главные нестационарные возмущения так или иначе связаны с геометрическим взаимодействием исходной инструментальной поверхности и поверхности заготовки и могут быть с достаточной степенью точности определены на этапе моделирования, что предопределяет высокую адекватность математической модели, используемой для управления. Для каждого вида обработки (точение, фрезерование, шлифование) эта априорная информация должна быть дополнена. Например, если процесс формообразования выполняется с высокими скоростями, обязательный учет динамических явлений, для шлифования необходимо учитывать изнашивание абразивного круга.

Таким образом, управление по возмущению предусматривает расчет законов управления подачей формообразующего движения, коррекции траектории формообразования на последнем проходе, а при многопроходной обработке – еще и расчет закона распределения срезаемого припуска по проходам. Расчеты выполняются на этапе моделирования процесса с использованием априорной информации с последовательным выполнением отмеченных выше этапов: стабилизация – оптимизация – коррекция.

Стабилизация предполагает управление скоростью формообразования путем одновременного управления подачей формообразующего движения в направлении текущей координаты обработки и поперечной подачей при многопроходной обработке. Как уже отмечалось, для тех видов обработки, где самой схемой съема припуска обеспечена стабильность или там, где нестабильность режимов резания не существенно влияет на качество обработанной поверхности, можно обойтись без первого этапа. Далее



проводится оптимизация режима резания. После, при моделировании процесса с найденным на первом этапе законом управления скоростью формообразования, выполняют расчет коррекции. Коррекция траектории формообразующего движения означает изменение траектории в сравнении с геометрической эквидистантой и особенно рекомендуется для ТОС сниженной или существенно переменной в направлении формообразующей координаты жесткостью.

Предварительные практические испытания показали, что при таком управлении удастся обеспечить не только требуемое качество обработанной 3-D поверхности на всех участках, но и ее необходимые геометрические параметры при минимальном времени обработки.

## 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 вала-шестерни заднего моста	Токарная операция	Токарь	Токарно-копировальный станок, патрон 3-х кулачковый с плавающими кулачками ГОСТ 2675-80, центр вращающийся	19ХГН ГОСТ 4543-81, смазочно-охлаждающая жидкость, ветошь

Продолжение таблицы 4.1

1	2	3	4	5
			ГОСТ 8742-62, ОСТ 24.10.1-83, резец-вставка Т5К10, Т30К10	
Техпроцесс изготовления вала-шестерни заднего моста	Шлифовальная операция	Шлифовщик	Шлифовальный станок Fortuna, УСП, центра ГОСТ 18259-72, Шлифовальный круг Fortuna	19ХГН ГОСТ 4543-81, 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
1	2	3
Токарная операция, Шлифовальная операция	Острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок, инструментов и оборудования; движущиеся машины и механизмы; подвижные части	Обрабатываемая заготовка, металлорежущий станок, смазочно-

## Продолжение таблицы 4.2

1	2	3
	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 обработка вала-шестерни заднего моста	Токарно-копировальный станок, шлифовальный станок	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
	Fortuna		температура окружающей среды; повышенная концентрация токсичных продуктов горения и термического разложения; пониженная концентрация кислорода; снижение видимости в дыму	вынос высокого напряжения на токопроводящие 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 богры, 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 вала-шестерни заднего моста	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 негорючем 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 вала-шестерни заднего моста	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 вала-шестерни заднего моста. Рассматриваются токарная и шлифовальная операции. На данных операциях используются токарь и шлифовальщик. В качестве оборудования используются токарно-копировальный станок и шлифовальный станок Fortuna. В качестве приспособления используется патрон 3-х кулачковый с плавающими кулачками ГОСТ 2675-80, центр вращающийся ГОСТ 8742-62, ОСТ 24.10.1-83, шлифовальный станок Fortuna, УСП, центра ГОСТ 18259-72 и соответствующий инструмент резец-вставка Т5К10, Т30К10, шлифовальный круг Fortuna; при этом применяются технологические и расходные вещества и материалы 19ХГН ГОСТ 4543-81, 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 вала-шестерни заднего моста (таблица 4.4). Произведен выбор средств пожаротушения (таблица 4.5) и предложены организационные мероприятия по обеспечению пожарной безопасности технического объекта технологического процесса изготовления вала-шестерни заднего моста (таблица 4.6).

В разделе идентифицированы негативные экологические факторы технического объекта технологического процесса изготовления вала-шестерни заднего моста (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 вала-шестерни заднего моста. Разработаны мероприятия по их устранению и снижению их влияния на работника. Проведен анализ пожарной безопасности на участке по изготовлению вала-шестерни заднего моста и выбор средств пожаротушения. Приведены результаты анализа по

обеспечению экологической безопасности технического объекта –  
технологический процесс изготовления вала-шестерни заднего моста.

## 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 зуборезной операции 045 применяется:

- зуборезный станок «Глиссон-950»;
- кондукторная втулка;
- фреза дисковая модульная Р6М5К5-МП ГОСТ 10996-64.

Совершенствование данной операции позволило сократить основное и штучное время ее выполнения. При данных условиях основное время операции составляет 3,84 мин., а штучное – 3,91 мин.

Используя методику определения капитальных вложений [26] была определена сумма инвестиций, которая составила 198670,4 руб.

Используя методику расчета технологической себестоимости [26], была определена величина данного показателя по сравниваемым вариантам. 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 045 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 31,2% и в проектируемом варианте технологического процесса изготовления вала-шестерня заднего моста составит 32,09 руб.

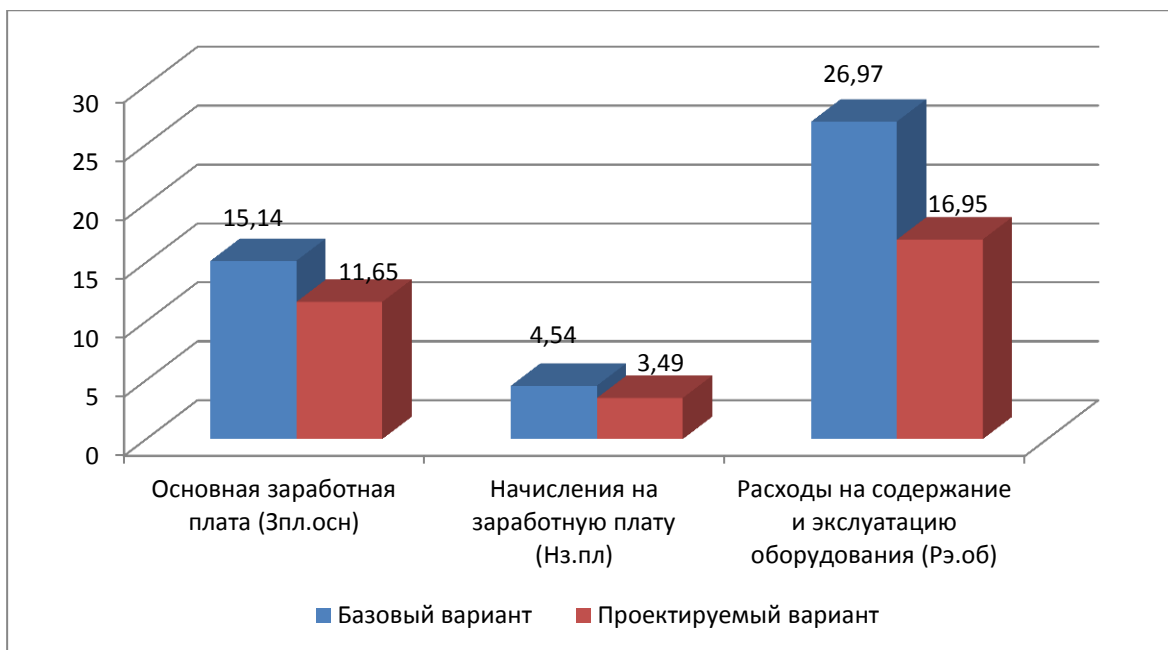


Рисунок 5.1 – Параметры, входящие в технологическую себестоимость детали «Вал-шестерня заднего моста», по сравниваемым операциям, руб.

Учитывая полученные значения технологической себестоимости, по методике калькулирования себестоимости [26] была определена полная себестоимость выполнения операции 045 (рисунок 5.2).

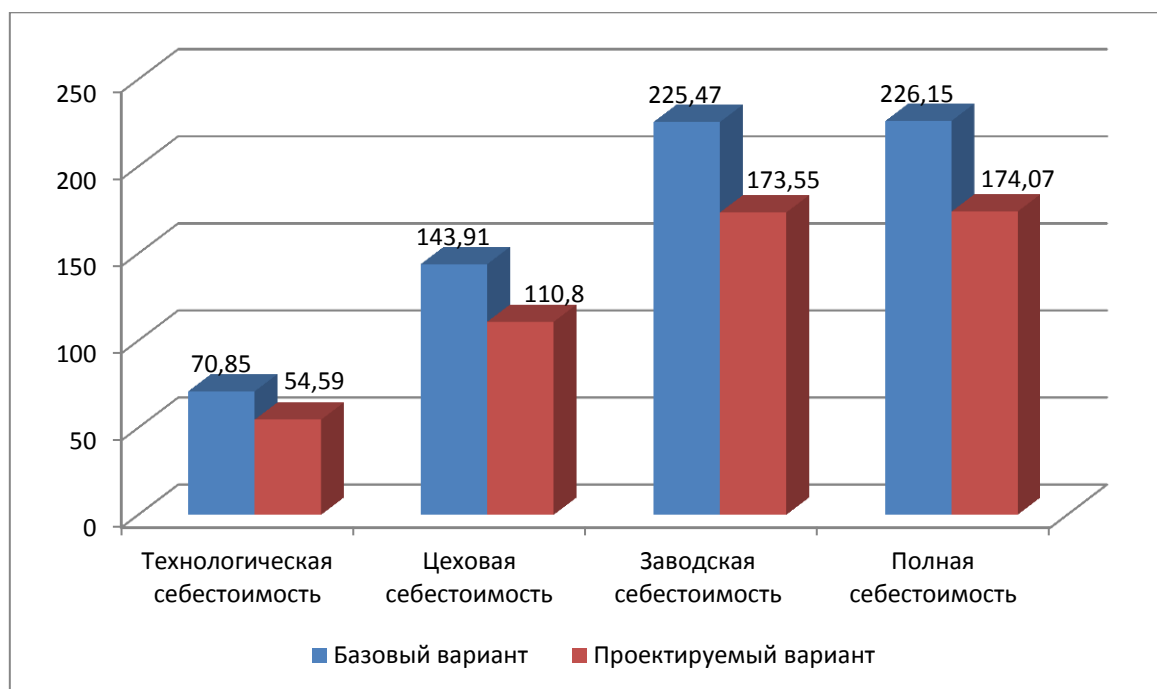


Рисунок 5.2 – Калькуляция себестоимости по вариантам технологического процесса выполнения операции 045, руб.

Как видно из рисунка, полная себестоимость составила в базовом варианте – 102,07 руб., а в проектном – 74,72 руб. Изменения по данному параметру составит 26,8%.

Благодаря такой разнице, предприятие может получить чистую прибыль в размере 109400 руб., что окупит предполагаемые инвестиции (168554,1 руб.) в течение 3-х лет. 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 30116,3 рублей. «Так как значение ЧДД (Эинт) > 0, то проект считается эффективным и поэтому определяется индекс доходности» [26]. Его величина составила 1,18 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.

Таким образом можно утверждать, что поставленная цель выполненной бакалаврской работы достигнута – это разработка технологического процесса изготовления вала-шестерни заднего моста с минимальной себестоимостью.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Безъязычный, В.Ф. Основы технологии машиностроения: учебник / В.Ф. Безъязычный – М. : Инновационное машиностроение, 2016. – 568 с.
2. 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.
3. 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.
4. Гельфгат, Ю.И. Сборник задач и упражнений по технологии машиностроения: учебное пособие для машиностроительных техникумов / Ю.И. Гельфгат – М. : Высшая школа, 1986. – 271 с.
5. Клепиков, В.В. Курсовое проектирование по технологии машиностроения: учебное пособие / В.В. Клепиков, В.Ф. Солдатов. – М. : ИНФРА-М, 2017. – 229 с.
6. Клепиков, В.В. Технология машиностроения: учебник / В.В. Клепиков, А.Н. Бодров. – М. : ФОРУМ, ИНФРА-М, 2004. – 860 с.
7. Nee, A. Y. C. Handbook of Manufacturing Engineering and Technology / A. Y. C. Nee. – London : Springer Reference, 2015. – 3491 p.
8. Данилевский, В.В. Лабораторные работы и практические занятия по технологии машиностроения / В.В. Данилевский, Ю.И. Гельфгат. – М. : Высшая школа, 1988. – 222 с.
9. Приходько, И.Л. Проектирование заготовок: учебное пособие / И.Л. Приходько, В.Н. Байкалова. – М. : Издательство РГАУ–МСХА, 2016. – 171 с.
10. Скворцов, В.Ф. Основы технологии машиностроения: учебное пособие / В.Ф. Скворцов – М. : ИНФРА-М, 2016. – 330 с.

11. Кондаков, А.И. Курсовое проектирование по технологии машиностроения: учебное пособие / А.И. Кондаков – 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. 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. Филонов, И.П. Инновации в технологии машиностроения: учебное пособие / И.П. Филонов, И.Л. Баршай. – Минск : Вышэйшая школа, 2009. – 110 с.
17. Silberschmidt, V. Mechanics of Advanced Materials: Analysis of Properties and Performance / V. Silberschmidt, V. Matveenko. Switzerland : Springer International Publishing, 2015. – 205 p.
18. Горбацевич, А.Ф. Курсовое проектирование по технологии машиностроения: учебное пособие для вузов / А.Ф. Горбацевич, В.А. Шкред. – М. : Альянс, 2015. - 256 с.
19. Суслов, А.Г. Технология машиностроения: учебник / А.Г. Суслов – М. : КНОРУС, 2013. – 336 с.
20. 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.

21. Сысоев, С.К. Технология машиностроения. Проектирование технологических процессов / С.К. Сысоев, А.С. Сысоев, В.А. Левко. – СПб. : Издательство «Лань», 2016. – 352 с.
22. Bertsche, B. Reliability in Automotive and Mechanical Engineering: Determination of Component and System Reliability / B. Bertsche, A. Schanz, K. Pickard. – Berlin Heidelberg : Springer-Verlag, 2015 – 502 p.
23. Маталин, А.А. Технология машиностроения: учебник / А.А. Маталин – СПб. : Издательство «Лань», 2016. – 512 с.
24. Некрасов, С.С. Технология машиностроения / С.С. Некрасов, И.Л. Приходько, Л.Г. Баграмов. – М. : Колос, 2005. – 360 с.
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. Зуев, А.А. Технология машиностроения. – 6-е издание, исправленное и дополненное / А.А. Зуев – СПб. : Издательство «Лань», 2003. – 496 с.

## **ПРИЛОЖЕНИЕ А**

Маршрутная карта



Директ. Взам. Г/пол.																						
																						2
А	Цех	Уч.	РМ	Опер.	Код. наименование операции	Обозначение документа																
Б	Код. наименование оборудования				Обозначение кода																	
К/М	Наименование детали, со. единицы или материала				СМ	Г	Проф.	Р	УГ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Кшт.	Пз	ЕН	КИ	Н. расх.				
А01				040	4161	Зубонарезная																
Б02						Зуборезный полуавтомат Глисон 950								1	1	1						
А03						045	4161	Зубонарезная														
Б04						Зуборезный полуавтомат Глисон 950								1	1	1						
А05						055	5000	Термическая обработка														
Б06														1	1	1						
А07						060	4143	Центрошлифовальная														
Б08						Центрошлифовальный станок 3922								1	1	1						
А09						065	4135	Резьбошлифовальная														
Б10						Резьбошлифовальный MSD Цинципати								1	1	1						
А11						070		Шлифовальная														
Б12						Шлифовальный Fortula								1	1	1						
13																						
А14						075	0125	Промыека														
Б15						Моечная машина								4	1	1						
А16						080	0200	Контроль														
Б17						Стол								1	1	1						
МК						Маршрутная карта																

## **ПРИЛОЖЕНИЕ Б**

Операционная карта и карта эскизов





