

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 КПП

Студент(ка)	<u>С.М. Горохов</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 КПП. 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 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 55 страниц и включает 15 таблиц, 7 рисунков, а также графическую часть работы, которая содержит 7 листов.

## СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	4
1 Анализ исходных данных.....	6
2 Разработка технологической части работы.....	9
2.1 Определение исходных параметров.....	9
2.2. Выбор метода получения заготовки.....	9
2.3 Выбор стратегии разработки техпроцесса.....	9
2.4 Разработка технологического маршрута.....	11
2.5 Выбор средств технологического оснащения.....	12
2.6 Расчет норм времени.....	15
3 Проектирование специальных средств оснащения.....	18
4 Безопасность и экологичность технического объекта.....	30
4.1 Конструктивно-технологическая и организационно-техническая характеристики рассматриваемого технического объекта.....	30
4.2 Идентификация профессиональных рисков.....	31
4.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков.....	32
4.4 Обеспечение пожарной безопасности технического объекта.....	34
4.5 Обеспечение экологической безопасности технического объекта	37
4.6 Заключение по разделу.....	39
5 Экономическая эффективность работы.....	42
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	45
СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ.....	46
ПРИЛОЖЕНИЕ А.....	49
ПРИЛОЖЕНИЕ Б.....	52
ПРИЛОЖЕНИЕ В.....	54

## ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время учение о качестве обработки валов малой жёсткости представляют собой один из основных вопросов технологии машиностроения. Развитие этого вопроса является заслугой учёных – Б.С. Балакшина, В.Г. Подпоркина, А.П. Соколовского и других.

Работы по исследованию качества механической обработки валов малой жёсткости проводились технологическими кафедрами МВТУ им. Э. Баумана, Московского станкоинструментального института, ЛПИ, КПИ и других вузов. Эти работы вызывались потребностями быстрорастущего машиностроения.

Решение этих вопросов ведётся различными путями.

Для предотвращения указанных вредных явлений на практике, при малосерийном производстве, принимаются самые разнообразные меры. С этой целью устанавливаются дополнительные опоры в виде подвижных и неподвижных люнетов, подвешивают различные грузы, предназначенные для увеличения массы колеблющегося вала, применяют проходные резцы с криволинейной передней поверхностью или вместо них используют подрезные резцы с особой геометрией, устанавливают виброгасители.

В настоящее время на ряде отечественных заводов разработаны системы автоматического управления упругими перемещениями. Управление упругими перемещениями позволяет существенно повысить точность обработки деталей на станках при одновременном увеличении производительности.

Использованные работы способствовали совершенствованию методов обработки валов малой жёсткости и повышение качества обработки. Однако производительность, в большинстве случаев, оставалась низкой. Это обстоятельство имеет особое значение в условиях малосерийного и серийного производства.

Целесообразно для указанных условий разработать новый способ с учётом обработки ступенчатых валов, положив в основу решения этого вопроса метод устранения упругих отжатий звена «деталь – станок» в горизонтальной плоскости.

## 1 Анализ исходных данных

Проектируемая деталь применяется в коробке переключения передач рубочных автоматов. Масса детали составляет 44,45 кг. Изготавливается деталь из стали 40Х (ГОСТ 4543-71) с твердостью 192-240 единиц. Длина составляет 1009 мм. Данный вал можно отнести к маложестким. Следовательно, он подвержен короблению, как при изготовлении, так и после обработки.

Химический состав и механические свойства материала, из которого изготовлен вал, приведены в таблицах 1.1 и 1.2.

Таблица 1.1 – Химический состав

В процентах

C	Si	Mn	Ni	Cr
0,36 – 0,44	0,17 – 0,37	0,50 – 0,8	≤ 0,30	0,8 – 1,1

Таблица 1.2 – Механические свойства стали 40Х

$\sigma_T$ , кГ/мм <sup>2</sup>	$\sigma_{вр}$ , кГ/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	$a_n$ , кГ/см <sup>2</sup>	НВ (не более)
36	61	16	40	7	192...240

Поверхности 20, 35 (И), ввиду того, что они выполняют основные служебные функции детали, определим как исполнительные.

Поверхности 1, 5, 25 и 27 (ОБ) определим как основные конструкторские базы, так как они фиксируют положение вала КПП.

Поверхности 4, 26, 35 и 36 (ВБ) определим как вспомогательные конструкторские базы, так как они отвечают за положение присоединяемых деталей.

Остальные поверхности (С) определим как свободные, так как они не сопрягаются с другими деталями.

Заносим эти данные в таблицу 1.3.

Таблица 1.3 – Характеристика поверхностей

В миллиметрах

Поверхность			Размеры			Форма, расположение			Шероховатость Ra, мкм
№	Тип	Форма	Значение	Допуск	Квалитет	Погрешность	Допуск	Квалитет	
3	ОБ	Ц	35	0,016	6				0,8
4	ВБ	Ц	35	0,03	7				1,25
5	ОБ	Ц	35	0,016	6				0,8
6	С	Ц	98	0,22	11				2,5
8	С	Ц	45	0,62	14				10
9	С	Ц	65	0,74	14				10
10	С	Ц	45	0,62	14				10
13	С	Ц	34	1	15				10
14	С	Ц	54	1,2	15				10
15	С	Ц	34	1	15				10
16	С	ЦВ	20	0,52	14				10
17	ТБ	КВ	24	0,84	15				1,25
18	ТБ	КВ	24	0,84	15				1,25
20	И	Ф	94		6				0,8
21	С	Ф	89,2						2,5
25	ОБ	П	280	0,52	12	⇐	0,016	7	1,25
26	ВБ	П	120	0,87	14	⇐	0,025	9	1,6
27	ОБ	П	280	0,52	12	⇐	0,016	7	1,25
28	С	П	70	0,62	14				10
29	С	П	170	1	14				10
30	С	П	205	1,15	14				10
35	И, ВБ	П	16	0,043	9				2,5
36	ВБ	П	49	0,2	11				10

Проведя анализ исходных данных базового техпроцесса можно сделать вывод, что основным направлением его совершенствования должно быть уменьшение штучного времени и повышении стойкости инструмента на операциях лезвийной обработки – точения и фрезерования. Необходимо провести модернизацию операции за счет усовершенствования инструмента и применения современного оборудования на основе данных достижений

передовых фирм производителей оборудования и режущего инструмента. Также необходимо провести изменения на других операциях технологического процесса, приводящие к уменьшению штучного времени, затрат на технологическую оснастку путем оптимизации режимов резания и применения современного оборудования. При этом введение усовершенствований должно подтверждаться экономическими расчетами и приносить экономический эффект. Результаты проведенной работы представлены в соответствующих разделах бакалаврской работы.

Для достижения цели бакалаврской работы, сформулированной в самом начале, 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

Группу стали определим по ГОСТ 7505 – 89 как М1.

Согласно ГОСТ 2590 – 71 принимаем ближайший диаметр прутка для получения заготовки равным 115 мм.

Штамповку относим к степени сложности С1 согласно ГОСТ 7505 – 89.

### 2.2 Выбор метода получения заготовки

В базовом варианте заготовка для детали изготавливалась из прутка с помощью проката. В проектируемом варианте предлагается получать заготовку для детали с помощью метода горячей штамповки.

### 2.3 Выбор стратегии разработки техпроцесса

Программа выпуска 5000 деталей в год.

Определяем коэффициент серийности  $k_C$  :

$$k_C = \frac{t_B}{T_{ум.ср.}}$$

где  $t_B$  – такт выпуска, мин/шт.;  $T_{ум.ср.}$  – среднее штучное время, мин.

$$T_{ум.ср.} = \frac{\sum T_{ум.}}{n}$$

где  $n$  – число операций;  $\sum T_{ум.}$  – суммарное штучное время по всем операциям.

$$\sum T_{ум.} = 131,84 \text{ мин.}$$

$$T_{ум.ср.} = \frac{131,84}{10} = 13,18 \text{ мин.}$$

$$t_B = F_D \frac{60}{N}$$

где  $F_D$  – действительный годовой фонд времени работы оборудования.

$F_D = 4140$  часа при двухсменной работе.

$$t_B = 4140 \frac{60}{5000} = 496,8 t_B \text{ мин/шт.}$$

$$k_C = \frac{496,8}{13,18} = 37,7 .$$

$k_C$  больше 20. Следовательно имеем дело с мелкосерийным типом производства.

Расчёт припусков на размер 55к6.

Расчётов припусков и предельных размеров для обработки 55к6 приведены в таблице 2.1.

Таблица 2.1 – Припуски для обработки 55к6

В миллиметрах

Технологические переходы обработки	Элементы припуска			Расчёт поверхности	Размеры		Припуски	
	R <sub>z</sub>	h	ΔΣ		min	max	min	max
Размер заготовки	320	350	1200	59,207	59,207	62,807		
Точение черновое	50	50	72	55,467	55,467	55,767	3,74	7,04
Точение чистовое	25		20,6	55,123	55,123	55,243	0,34	0,52
Точение алмазное	15		0,618	55,033	55,033	55,063	0,09	0,18
Хонингование				55,002	55,002	55,021	0,031	0,042

## 2.4 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
21	14	10	То
22	14	10	Тп, Ток
23	14	10	Тп, Ток
24	14	10	Тп, Ток
25	14	10	Ток
26	14	10	Фц
27	14	10	Фц
28	14	10	Фц
29	14	10	Ф
30	14	10	Ф
31	14	10	Ф
32	14	10	Ф
33	14	10	Ф
34	14	10	Ф
35	14	10	Ф
36	14	10	Ф
37	14	10	Ф
38	14	10	Ф

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

Как видно из таблицы наиболее трудоемкие по изготовлению поверхности – резьбовая поверхность 5, а также шейки под подшипники и посадочные поверхности – 8, 12, 16.

## **2.5 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	Фрезерно-центровальная	Фрезерно-центровальный станок модели 6P82Г	1.фреза торцевая 2.сверло 3.метчик M20	Штангенциркуль Глубиномер Калибр резьбовой	Тиски машинные
010 015 020 025	Токарная	Токарно-винторезный станок модели 16К30Ф305	Резец проходной $\varphi = 45^\circ$ , $\gamma = 0^\circ$ , режущая часть T15K6	Штангенциркуль ШЦ-11-150-0,1 ГОСТ	Поводковый патрон 3-х кулачковый самоцентрирующий ГОСТ 2572 - 72, люнет роликовый самоцентрирующий 3 шт.
030	Фрезерная	Универсально-фрезерный станок модели 6Б75ВФ1	1.фреза концевая	Радиусомеры Штангенциркуль ШЦ-11-150-0,1 ГОСТ	Тиски машинные ГОСТ 18237 - 72 делительная головка ГОСТ 16203 - 70
035	Фрезерная	Универсально-фрезерный станок модели 6Б75ВФ1	Фреза дисковая D= 73 мм, ширина b= 32мм	Штангенциркуль ШЦ-11-150-0,1 ГОСТ	Тиски машинные ГОСТ 18237 - 72 делительная головка ГОСТ 16203 - 70
040	Сверлильная	Вертикально-сверлильный станок модели 2554	1.сверло 2.зенкер развёртка 3.сверло зенкер развёртка 4.сверло	Калибр-пробка Штангенциркуль ШЦ-11-150-0,1 ГОСТ	Патрон 3 <sup>х</sup> -кулачковый ГОСТ 2675 – 71 делительная головка ГОСТ 16203 - 70
045	Термическая	ТВЧ НРС 48...56 на глубину 0,8-1,2 мм			

Продолжение таблицы 2.3

1	2	3	4	5	6
050	Химическая	X18тв Твёрдое хромирование			
055	Алмазное точение	16К30Ф305 Токарно-винторезный станок	Резец проходной $\varphi = 45^\circ, \gamma = 0^\circ$ , режущая часть ТТ7К12	Микрометр ГОСТ	Поводковый патрон 3 <sup>х</sup> кулачковый самоцентрирующий ГОСТ 2572 - 72, люнет роликовый самоцентрирующий 3 шт.
060	Суперфинишная	Вертикально-суперфинишный станок модели	абразивные бруски К36 М28 СТ2 К	Микрометр ГОСТ	Поводковый патрон 3 <sup>х</sup> кулачковый самоцентрирующий ГОСТ 2572 - 72, люнет роликовый самоцентрирующий 3 шт.

## 2.6 Расчет норм времени

Расчет норм времени на 30 фрезерную операцию.

Норма штучно-калькуляционного времени:

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

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

В 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 и открепление равно:

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

Время, затраченное на управление:

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

Время, затраченное на измерение 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 и отдых составляет семь процентов от оперативного времени:

$$T_{об.отг} = 7\% \text{ от } T_o.$$

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

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 40 сверлильную 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.

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

### **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.

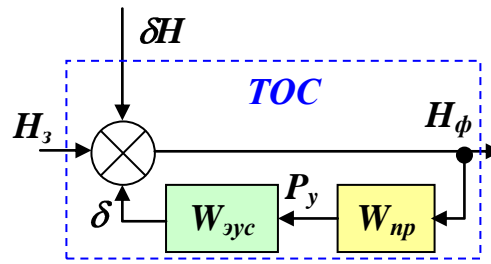


Рисунок 3.1 – Функциональная схема процесса точения

Точность обработки определяется фактической глубиной  $H_\phi$  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  $\delta h$  – случайное отклонение размера заготовки от номинала,  $\delta$  – 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,  $\varphi$  – 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  $\delta H$  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  $\sigma^2$  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 по текущей информации предусматривает перманентное управление непосредственно в ходе реализации процесса. Если удастся получить достоверную информацию о мгновенном значении погрешности или фактической глубины резания непосредственно в месте обработки, то можно построить САУ, которая корректирует теоретическую (заданную) глубину  $H_3$  резания по результатам сравнения ее с фактической  $H_\phi$  глубиной, измеряемой по каналам обратной связи:  $\delta H_3 = H_3 - H_\phi$ . Такая САУ состоит из управляемого привода поперечной подачи ( $W_{CAU}$ ) и измерительного прибора обратной связи. На рисунке 3.2 приведена схема управления по этому методу.

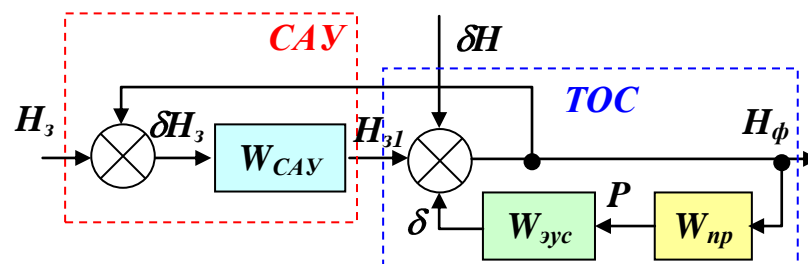


Рисунок 3.2 – Схема управления по текущей информации

Следует отметить, что аналогичные системы, с управлением по каналу продольной подачи, успешно были использованы на различном металлообрабатывающем оборудовании учеными школы Б.С. Балакшина и убедительно доказали свою эффективность [2, 3].

Процесс резания в замкнутой ТОС, как и раньше, упрощенно представлен элементами, которые выделены штриховой линией. Система при функционировании не использует никакой априорной информации об управляемом процессе резания, однако для выбора ее параметров, обеспечивающих устойчивую и качественную работу, необходимы некоторые сведения о математической модели объекта. Передаточная функция системы управления, по которой проводят расчет таких параметров системы, с учетом управляемого объекта, имеет вид:

$$W = \frac{W_{CAV}}{1 + W_{эвс} W_{np} + W_{CAV}}. \quad (3.3)$$

Передаточная функция САУ в наиболее упрощенном виде может быть представлена апериодическим звеном первого порядка:

$$W_{CAV} = \frac{k_{CAV}}{T_{CAV}s + 1}, \quad (3.4)$$

где  $k_{CAV}$ ,  $T_{CAV}$  – коэффициент передачи и постоянная времени,  $s$  – оператор Лапласа.

При этом необходимо оценивать САУ не только по устойчивости, но и по быстродействию, чтобы она не была фактором, который ограничивает производительность. Исходя из существенной нелинейности передаточных функций системы, а также действия возмущений, которые имеют случайный характер, проблема теоретического расчета ее параметров значительно усложняется. Таким образом, даже при известном значении постоянной времени САУ необходимо, как минимум, определить оптимальное значение

ее коэффициента передачи. Для решения такой задачи так же, как и в предыдущем случае, целесообразно воспользоваться имитационным экспериментом.

Для проведения имитационных экспериментов была разработана прикладная программа (рисунок 3.3). Исходные данные отвечают условиям предыдущей серии исследований, что дает возможность сравнить эффективность методов управления.

При сравнении интерфейсов по рисунку 3.3 можно заметить некоторые отличия, которые связаны с разными методами управления: во-первых, задается не глубина резания, а необходимый диаметр детали, поскольку текущее значение глубины резания назначается самой системой по результатам измерений, во-вторых, появилось окошко для назначения параметров САУ. В соответствии с методом управления состоялись изменения и в анимационном окне. Деталь 1 также закреплена в патроне 2, однако суппорт 3 движется вместе с измерительным устройством 4, который обеспечивает сигнал обратной связи для сравнивающего устройства 5.

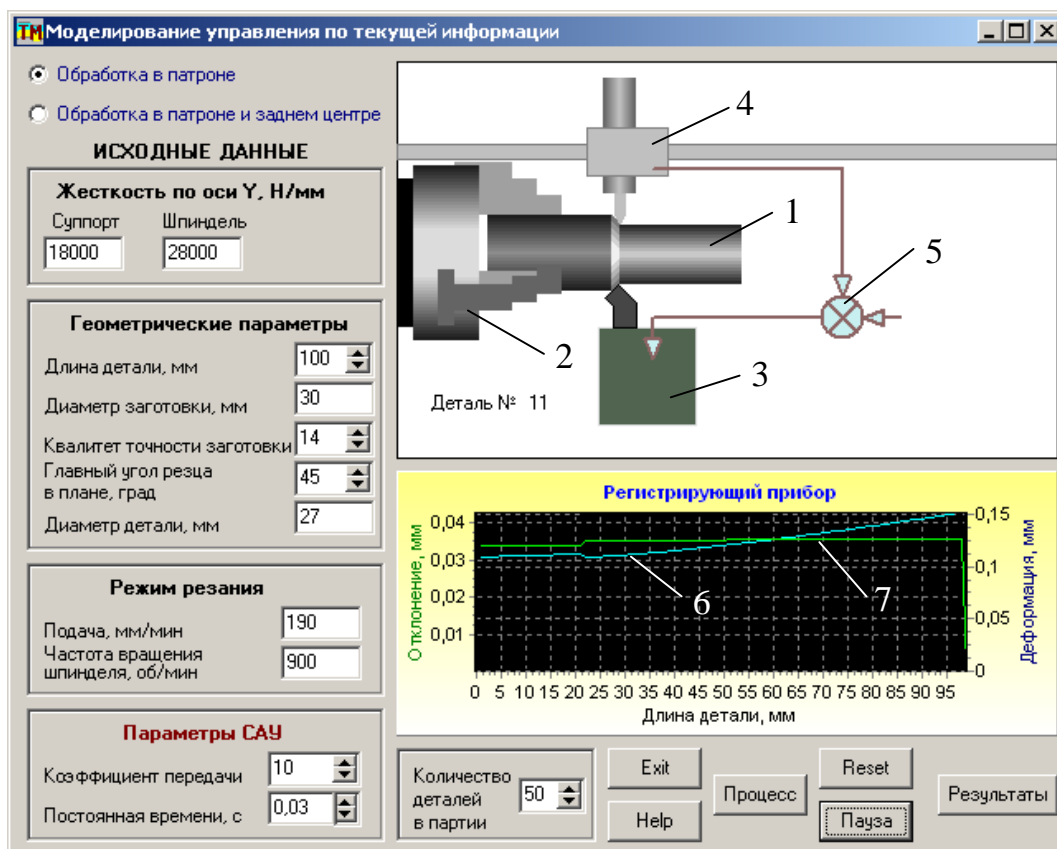


Рисунок 3.3 – Интерфейс прикладной программы

В окне регистрирующего прибора представляются результаты измерений отклонения размера детали – линия 6 и упругая деформация ТОС – линия 7. Видно, что, не смотря на существующую упругую деформацию, которая, естественно, вызвана силой резания, отклонение по продольной координате почти постоянно.

В соответствии с задачей имитационных экспериментов, необходимо определить влияние метода на случайную и детерминированную составляющие погрешности обработки отдельно и установить оптимальную величину коэффициента передачи САУ.

Такие имитационные эксперименты были проведены для избранного диапазона изменения коэффициента  $k_{CAU}$  и по результатам статистической обработки построены соответствующие графики на рисунке 3.4. При экспериментах, в соответствии с (3.3) следует ожидать потерю устойчивости



всей системы управления, и в таком случае статистическая часть программы работать не будет.

Анализ полученных результатов показывает, что при повышении коэффициента передачи САУ наблюдается повышение коэффициента уточнения операции и приближения центра группирования к номинальному размеру. Причем такая тенденция сохраняется как для максимального, так и для минимального размера детали, которые вообще-то совпадают. Однако за границей  $k_{CAУ} > 60$  вся система управления теряет устойчивость, что проявляется в отклонении размеров на значительные (порядка нескольких миллиметров) величины.

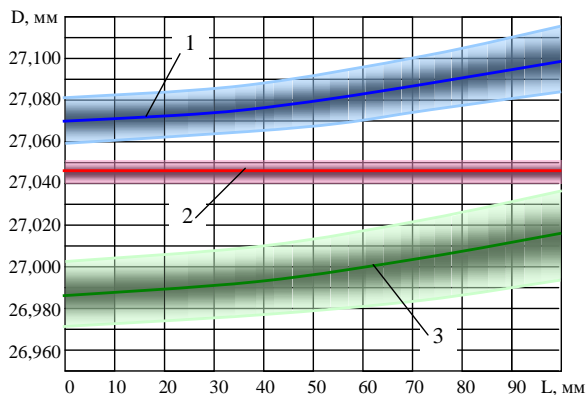


Рисунок 3.4 – Графики зависимостей коэффициентов уточнения и центров группирования размеров деталей от коэффициента  $k_{CAУ}$  передачи САУ

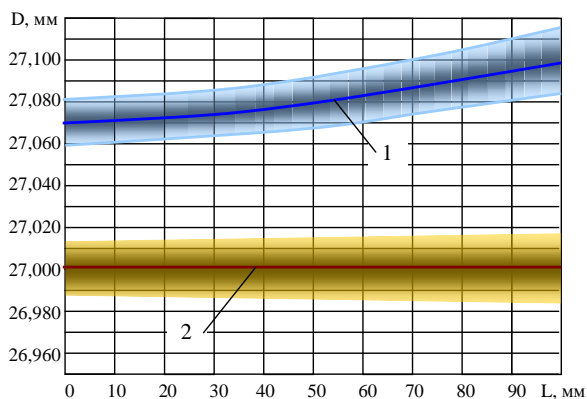
Таким образом, по результатам имитационного эксперимента для исходной системы можно рекомендовать  $k_{CAУ}=60$ , что дает коэффициент уточнения  $k_y=62$  и совпадение центров группирования максимального и минимального размеров детали. Это свидетельствует о полной ликвидации детерминированной составляющей погрешности обработки (постоянная составляющая погрешности 0,045 мм может быть легко скомпенсирована

простой подналадкой), и значительном повышении качества точности обработанных по такому методу деталей (сравните с предыдущим).

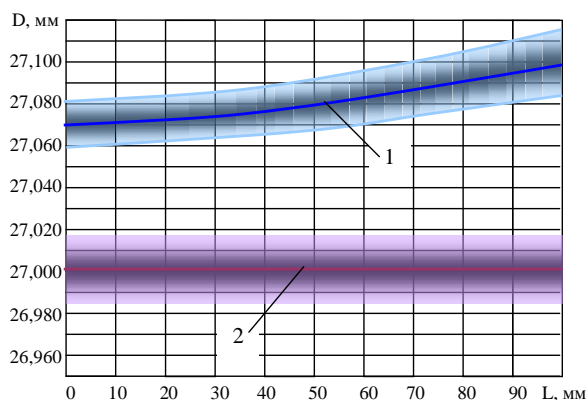
Наилучшим, с точки зрения обеспечения точности обработки, оказался, как и ожидалось, метод управления по текущей информации. Он обеспечивает полную компенсацию детерминированной составляющей погрешности и наибольший коэффициент уточнения операции, что свидетельствует о значительном уменьшении влияния случайной составляющей погрешности. Так, при  $k_{CAV}=60$  дисперсия для максимального размера детали (линия 2 на рисунке 3.5, а)  $\sigma^2=1,696$ , для минимального  $\sigma^2=1,713$ , центры группирования  $M_1=27,046$  мм и  $M_2=27,045$  мм соответственно. Однако для реализации этого метода необходима САУ, снабженная измерительным устройством размера непосредственно в месте обработки. Такие технические обстоятельства значительно осложняют практическую реализацию, однако в будущем, несомненно, будут решены.



а)



б)



в)

а) 1 – без управления, 2 – управление по текущей информации  $k_{CAV}=60$ , 3 – управление по апостериорной информации при коррекции размера  $k=1$ ; б) 1 – без управления, 2 – управление по априорной информации  $k=1,15$ ; в) 1 – без управления, 2 – управление по апостериорной информации при коррекции ЧПУ  $k=0,8$

Рисунок 3.5 – Центры группирования и рассеяния размеров по длине детали

Метод управления по априорной информации полностью компенсирует детерминированную составляющую погрешности обработки (конечно, при адекватной модели процесса) и почти не изменяет влияние случайной составляющей (линия 2 на рисунке 3.5, б). При коэффициенте коррекции априорной зависимости  $k=1,15$  дисперсия для максимального размера детали  $\sigma^2=4,533$ , для минимального  $\sigma^2=4,152$ , центры группирования  $M_1=27,001$  мм и  $M_2=27,002$  мм соответственно. Таким образом, этот метод рекомендуется применять в случаях, когда удельный вес детерминированной составляющей в общем балансе погрешности обработки является значительным. К таким процессам относятся почти все процессы обработки сложных поверхностей, когда к переменной передаточной функции ЭУС добавляется существенная модификация передаточной функции самого процесса резания [15]. Практический опыт свидетельствует, что в таких процессах детерминированная составляющая превышает случайную в несколько раз. Эффективность метода полностью зависит от адекватности заложенных математических моделей ТОС и ЭУС.

Управление по апостериорной информации, которое заключается в коррекции заданной глубины резания (автоподладки) от детали к детали независимо от продольной координаты, технически просто реализуется, но имеет наихудшие характеристики точности. Дисперсия увеличивается в сравнении с обработкой без управления и составляет при оптимальном коэффициенте коррекции  $k=1$  для максимального размера детали 6,587, для минимального 5,516 (линия 3 на рисунке 3.5, а).

Для реализации метода управления по апостериорной информации при учете закона управления по продольной координате необходимо использовать станок с ЧПУ и организовать систему управления так, чтобы измерять координату каждого обработанного сечения с определенным шагом, причем измерение желательно проводить по той же схеме, что и при обработке детали. Эти слишком трудоемкие операции можно автоматизировать с помощью контрольно-измерительных машин (КИМ), оснащенных системами ЧПУ. При обработке на станках с ЧПУ контроль можно выполнять и непосредственно на станке, где была обработана деталь.

Управлением по этому методу можно компенсировать все систематические составляющие погрешности, однако невозможно уменьшить случайные составляющие. Такой вывод подтвержден результатами имитационных экспериментов (линия 2 на рисунке 3.5, в): при оптимальном коэффициенте коррекции  $k=0,8$  для максимального размера детали  $\sigma^2=5,743$ , для минимального  $\sigma^2=5,666$ , центры группирования  $M_1=27,001$  мм и  $M_2=26,999$  мм соответственно.

Анализ результатов проведенных исследований позволяет сформулировать следующие выводы:

1. Наилучшим, с точки зрения обеспечения точности, является метод управления по текущей информации. Он обеспечивает полную компенсацию детерминированной составляющей погрешности обработки и наибольший коэффициент уточнения операции, что свидетельствует про значительное уменьшение влияния случайной составляющей погрешности обработки.

Однако для реализации этого метода необходима САУ, которая имеет измерительное устройство размера непосредственно в месте обработки.

2. 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.

3. Управление по апостериорной информации, которое состоит в коррекции размера (автоподналадка), технически просто реализуется, однако имеет наихудшие характеристики точности.

4. Управлением по апостериорной информации при коррекции ЧПУ можно компенсировать все систематические составляющие погрешности, однако невозможно уменьшить влияние случайной составляющей.

5. 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.

## 4 Безопасность и экологичность технического объекта

Разработка мероприятий по обеспечению безопасности и экологичности проводится с использованием методики и данных учебно-методического пособия [23].

### 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 КПП	Фрезерно-центровальная операция	Фрезеровщик	Фрезерно-центровальный станок модели 6Р82Г, тиски машинные	40Х ГОСТ 4543-71, смазочно-охлаждающая жидкость, ветошь
Техпроцесс изготовления	Токарная операция	Токарь	Токарно-винторезный	40Х ГОСТ 4543-71,

Продолжение таблицы 4.1

1	2	3	4	5
вала КПП			станок модели 16К30Ф305, поводковый патрон 3-х кулачковый самоцентрирующий ГОСТ 2572 - 72, люнет роликовый самоцентрирующий	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
Фрезерно-центровальная операция, Токарная операция	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	Обрабатываемая заготовка, металлорежущий станок, смазочно-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 КПП	Фрезерно-центровальный станок модели 6P82Г, токарно-	Пожары класса В	Пламя и искры; тепловой поток; повышенная	Осколки, части разрушившихся оборудования, изделий и иного

Продолжение таблицы 4.4

1	2	3	4	5
	винторезный станок модели 16К30Ф305		температура окружающей среды; повышенная концентрация токсичных продуктов горения и термического разложения; пониженная концентрация кислорода; снижение видимости в дыму	имущества; 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 вала КПП	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	Фрезерно-центровальный	Масляный туман, пыль	Нефтепродукты, смазочно-	Стружка, ветошь, металлолом,

Продолжение таблицы 4.7

1	2	3	4	5
процесс изготовления вала КПП	станок модели 6Р82Г, токарно-винторезный станок модели 16К30Ф305		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 КПП. Рассматриваются фрезерно-центровальная и токарная операции. На данной операции используются фрезеровщик и токарь. Работают на фрезерно-центровальном станке модели 6P82Г и токарно-винторезном станке модели 16К30Ф305. В качестве приспособления используются машинные, Поводковый патрон 3-х кулачковый самоцентрирующий ГОСТ 2572 - 72, люнет роликовый самоцентрирующий и соответствующий инструмент фреза торцевая, сверло, метчик М20; при этом применяются технологические и расходные вещества и материалы 40Х 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 вала привода дробилки (таблица 4.4). Произведен выбор средств пожаротушения (таблица 4.5) и предложены организационные мероприятия по обеспечению пожарной безопасности технического объекта технологического процесса изготовления вала КПП (таблица 4.6).

В разделе идентифицированы негативные экологические факторы технического объекта технологического процесса изготовления вала КПП (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).

Выполнение раздела позволило выявить наиболее значимые опасные и вредные факторы, возникающие в процессе изготовления вала КПП, разработать мероприятия по их устранению и снижению их влияния на работника. Рассмотрев опасные вредные производственные факторы производственного объекта, воздействие этого объекта на окружающую среду, возможные чрезвычайные и аварийные ситуации на его территории и предложив меры по их устранению можно сделать вывод о том, что проектируемый технологический процесс удовлетворяет необходимым нормам и не наносит сильного вреда человеку и окружающей среде –



технологический процесс изготовления вала КПП.

## 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:

- универсальный фрезерный станок, модель 6Б75ВФ1;
- делительная головка ГОСТ 16203-70;
- фреза дисковая.

Совершенствование данной операции позволило сократить основное и штучное время ее выполнения. При данных условиях основное время операции составляет 9,46 мин., а штучное – 11,45 мин.

Используя методику определения капитальных вложений [24] была определена сумма инвестиций, которая составила 249825,33 руб.

Используя методику расчета технологической себестоимости [24], 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 23,3% и в проектируемом варианте технологического процесса изготовления вала КПП составит 79,47 руб.

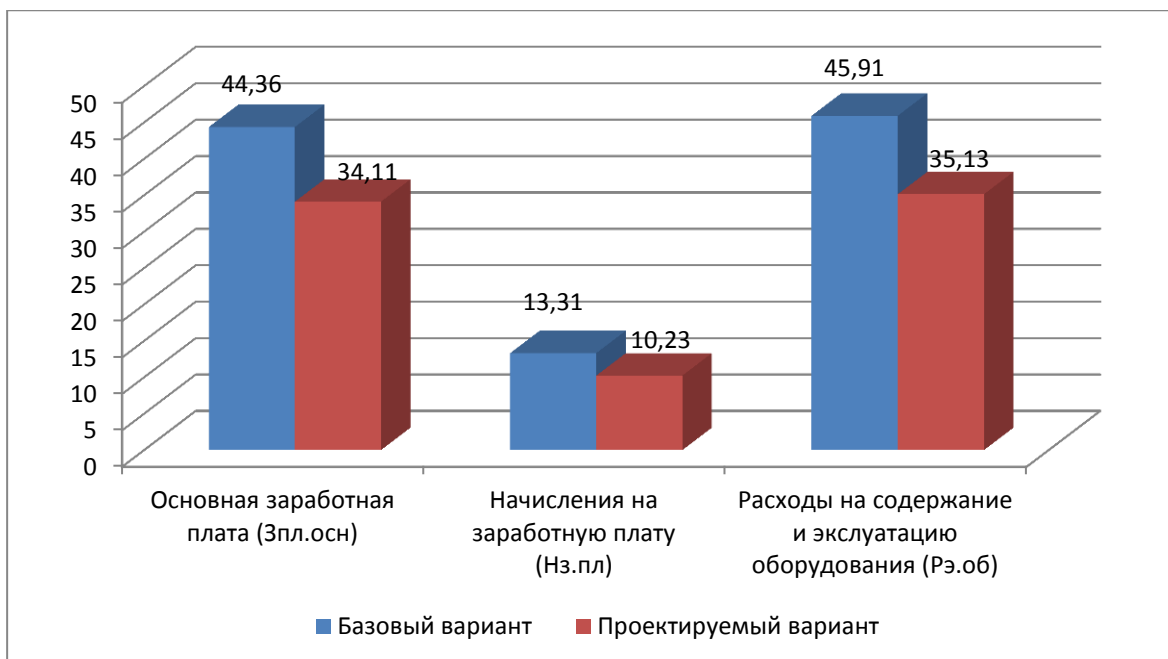


Рисунок 5.1 – Параметры, входящие в технологическую себестоимость детали «Вал КПШ», по сравниваемым операциям, руб.

Учитывая полученные значения технологической себестоимости, по методике калькулирования себестоимости [24] была определена полная себестоимость выполнения операции 030 (рисунок 5.2).

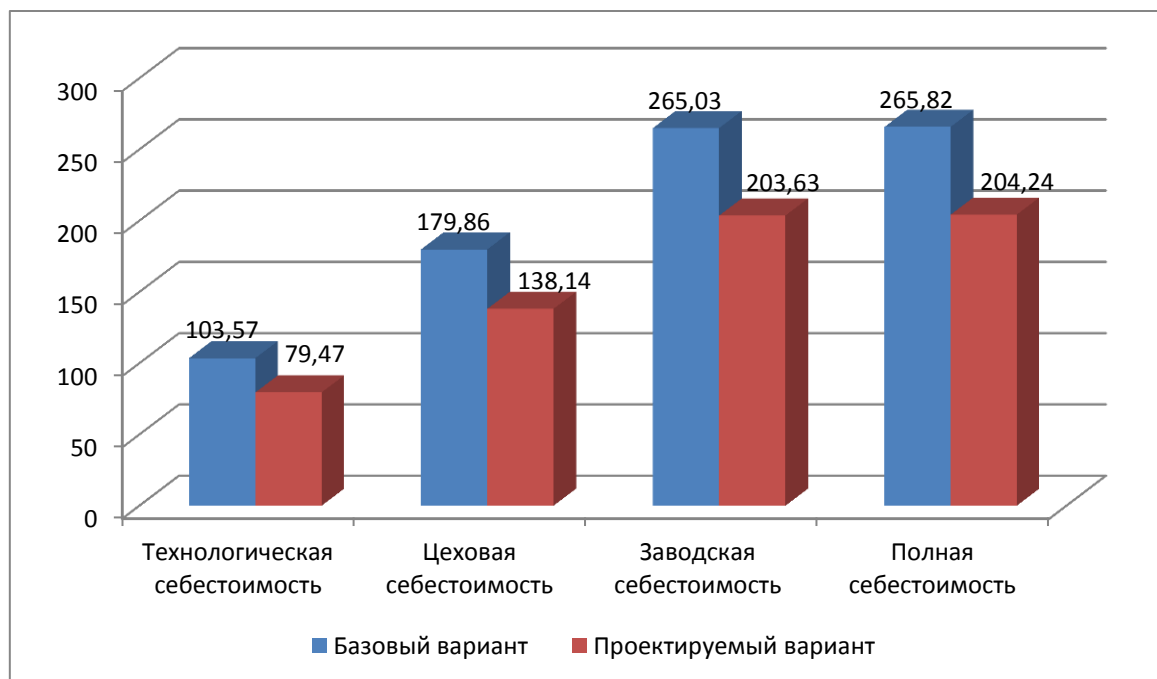


Рисунок 5.2 – Калькуляция себестоимости по вариантам технологического процесса выполнения операции 030, руб.

Как видно из рисунка, полная себестоимость составила в базовом варианте – 265,82 руб., а в проектном – 204, 24 руб. Изменения по данному параметру составит 23,2%.

Благодаря такой разнице, предприятие может получить чистую прибыль в размере 246320 руб., что окупит предполагаемые инвестиции (249825,33 руб.) в течение 2-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 51670,35 рублей. «Так как значение ЧДД (Эинт)  $> 0$ , то проект считается эффективным и поэтому определяется индекс доходности» [24]. Его величина составила 1,21 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 246320 руб.

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

## СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Клепиков, В.В. Курсовое проектирование по технологии машиностроения: учебное пособие / В.В. Клепиков, В.Ф. Солдатов. – М. : ИНФРА-М, 2017. – 229 с.
2. Клепиков, В.В. Технология машиностроения: учебник / В.В. Клепиков, А.Н. Бодров. – М. : ФОРУМ, ИНФРА-М, 2004. – 860 с.
3. Базров, Б.М. Основы технологии машиностроения: учебник для вузов / Б.М. Базров – М. : Машиностроение, 2005. – 736 с.
4. Безъязычный, В.Ф. Основы технологии машиностроения: учебник / В.Ф. Безъязычный – М. : Инновационное машиностроение, 2016. – 568 с.
5. Гельфгат, Ю.И. Сборник задач и упражнений по технологии машиностроения: учебное пособие для машиностроительных техникумов / Ю.И. Гельфгат – М. : Высшая школа, 1986. – 271 с.
6. 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.
7. 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.
8. Иванов, И.С. Расчёт и проектирование технологической оснастки в машиностроении: учебное пособие / И.С. Иванов – М. : ИНФРА–М, 2015. – 198 с.
9. Иванов, И.С. Технология машиностроения: производство типовых деталей машин: учебное пособие / И.С. Иванов – М. : ИНФРА-М, 2014. – 223 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. Суслов, А.Г. Технология машиностроения: учебник / А.Г. Суслов – М. : КНОРУС, 2013. – 336 с.
14. 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.
15. Сысоев, С.К. Технология машиностроения. Проектирование технологических процессов / С.К. Сысоев, А.С. Сысоев, В.А. Левко. – СПб. : Издательство «Лань», 2016. – 352 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. Nee, A. Y. C. Handbook of Manufacturing Engineering and Technology / A. Y. C. Nee. – London : Springer Reference, 2015. – 3491 p.
20. Данилевский, В.В. Лабораторные работы и практические занятия по технологии машиностроения / В.В. Данилевский, Ю.И. Гельфгат. – М. : Высшая школа, 1988. – 222 с.

21. Приходько, И.Л. Проектирование заготовок: учебное пособие / И.Л. Приходько, В.Н. Байкалова. – М. : Издательство РГАУ–МСХА, 2016. – 171 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. 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.
24. Зубкова, Н.В. Методическое указание к экономическому обоснованию курсовых и дипломных работ / Н.В. Зубкова. – Тольятти : ТГУ, 2015. – 46 с.



## **ПРИЛОЖЕНИЕ А**

Маршрутная карта





## **ПРИЛОЖЕНИЕ Б**

Операционная карта



## **ПРИЛОЖЕНИЕ В**

Карта эскизов

