

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 двух ступенчатого редуктора

Студент	<u>К.Н. Мухоморов</u> (И.О. Фамилия)	_____	(личная подпись)
Руководитель	<u>Д.А. Расторгуев</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

В работе показан технологический процесс изготовления вала-шестерни. Выполнены все этапы проектирования технологии, включая анализ исходных данных, проектирование исходной заготовки, выбор методов обработки, формирование и расчет операций.

В рамках технологического раздела выполнено проектирование заготовки, наиболее подходящей для выбранного – среднесерийного типа производства. Для вал-шестерни назначены переходы по обработке отдельных поверхностей, которые по типовому маршруту объединены в операции.

Выполнены расчеты по определению припусков и размеров, режимов резания на самые ответственные – токарные операции, где происходит формирование геометрии детали.

Для повышения производительности в работе выполнено проектирование токарного патрона, обеспечивающего постоянство баз при установке заготовки в центрах с механизированным приводом закрепления. Токарный резец с виброгасящими вставками обеспечивает повышение стойкости инструмента, снижение шероховатости.

Предусмотрено современное оборудование и оснащение, которое обеспечивает безопасность труда, экологические нормы, а также экономическую эффективность предложенных технологических изменений.

# СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	4
1 Анализ исходных данных.....	5
1.1 Анализ служебного назначения и условий работы детали .....	5
1.2 Классификация поверхностей детали.....	5
1.3 Анализ технологических требований чертежа .....	6
2 Разработка технологической части работы.....	9
2.1 Выбор заготовки .....	9
2.2 Проектирование заготовки.....	10
2.3 Разработка технологического маршрута .....	11
2.4 Выбор средств технологического оснащения.....	14
2.5 Определение режимов резания.....	17
2.6 Определение норм времени обработки .....	21
3 Проектирование специальных средств оснащения .....	24
3.1 Сбор данных .....	24
3.2 Расчет сил резания .....	24
3.3 Расчет усилия зажима.....	25
3.4 Расчет зажимного механизма .....	27
3.5 Расчет силового привода.....	27
3.6. Расчет погрешности установки заготовки в приспособлении .....	28
3.7 Описание работы патрона.....	29
3.8 Проектирование резца и его крепления.....	29
4. Безопасность и экологичность работы .....	32
4.1 Конструктивно-технологическая характеристика объекта .....	32
4.2 Идентификация профессиональных рисков .....	32
4.3 Методы и технические средства снижения профессиональных рисков.....	33
4.4. Обеспечение пожарной и техногенной безопасности рассматриваемого технического объекта.....	34
4.5 Обеспечение экологической безопасности рассматриваемого технического объекта .....	35
4.6 Выводы по разделу «Безопасность и экологичность технического объекта» .....	36
5 Экономическая эффективность работы.....	38
ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....	42
СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ .....	43
ПРИЛОЖЕНИЕ А.....	47
ПРИЛОЖЕНИЕ Б .....	50
ПРИЛОЖЕНИЕ Б .....	58
ПРИЛОЖЕНИЕ В.....	61

## **ВВЕДЕНИЕ**

На современном этапе развития основными задачами, рассматриваемыми технологией машиностроения, является следующее: создание принципиально новых технологий, позволяющих многократно повысить производительность, точность, качество; переход от разработки отдельных машин и технологий к разработке и применению технологических комплексов; применение системы автоматического проектирования технологических процессов.

В работе с использованием САПР ТП Вертикаль, инженерно-математических программ выполнено проектирование технологических операций и оснащения. Это позволило сократить время подготовки расчетов и документации при сохранении качества проектирования.

# 1 Анализ исходных данных

## 1.1 Анализ служебного назначения и условий работы детали

Вал-шестерня является входной ступенью цилиндрического двух ступенчатого редуктора. Она передает крутящий момент с привода через шкив, который установлен на выходном конце вала со шпоночным соединением на зубчатый венец, который зацепляется с зубчатым колесом первой ступени. Для вала выбран материал – сталь легированная 40ХФА ГОСТ 4543-71 [1]. Так как вал-шестерня является входной ступенью, частота его вращения высокая (порядка 3500 об/мин). Соответственно, циклические нагрузки также высокие. Работа может сопровождаться воздействием внешней пыли, грязи через сальниковое уплотнение крышки, через которую проходит выходной конец вала. Поэтому твердость материала должна быть на высоком уровне. Из-за циклических нагрузок ударная вязкость должна быть тоже высокой. Для этого объемная закалка вала не подходит, так как из-за прокаливаемости материала (до HRC 50 на глубину до 60 мм) зубья будут хрупкими. Используется закалка током высокой частоты (ТВЧ) [2]. Свойства материала детали приводятся в таблицах 1.1 и 1.2.

Таблица 1.1 - Химический состав по ГОСТ 4543-71 В процентах

C	Si	V	Mn	Cr	S	P	Cu	Ni
					не более			
0,37 – 0,44	0,17- 0,37	0.1- 0.18	0,50 - 0,80	0.8- 1.1	0,025	0,025	0,30	0,30

## 1.2 Классификация поверхностей детали

Для правильного назначения технических требований необходимо выявить служебное назначение каждой поверхности и сформулировать обоснованные требования к ней. Для этого поверхности группируют по

служебному назначению в таблицу 1.3 [3] в соответствии со схемой на рисунке 1.1.

### 1.3 Анализ технологических требований чертежа

Сначала систематизируем требования по всем поверхностям и сведем их в таблицу 1.4.

Таблица 1.2 -Механические свойства [1]

Марка стали	Временное сопротивление $\sigma_B$ , МПа	Предел текучести $\sigma_{0,2}$ , МПа	Относительное удлинение $\delta$ , %
40ХФА	615	395	15

Таблица 1.3 – Назначение поверхностей

Назначение	Номер поверхности
1 Исполнительная	22, 25
Конструкторские базы:	
2 Основная	4, 14, 9, 20
3 Вспомогательная	12,22,29,13,21
4 Свободные	-

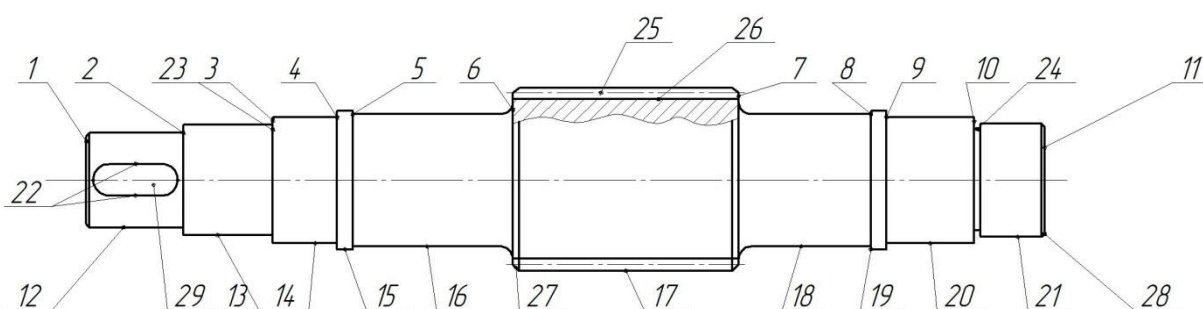


Рисунок 1.1 – Схема с номерами поверхностей вал-шестерни

По технологичности детали отметим следующее. Деталь унифицированная и стандартизированная по конструкторским элементам, имеет среднюю жесткость, средние требования по точности и

шероховатости. Может обрабатываться по типовому техпроцессу. Заготовка или прокат или штамповка/поковка. Базирование типовое - в центрах. Вход-выход инструмента обеспечен. Зубчатая поверхность – средней точности. В целом, деталь не представляет проблем при обработке и может считаться технологичной [5].

Таблица 1.4 - Анализ технологических требований чертежа В миллиметрах

Вид поверхности, ее номер	Габариты	Квалитет	Ra, мкм	Технические требования	
				расположения	формы
1	2	3	4	5	6
Плоская 1	348	14	6,3	-	-
Плоская 2	36	14	2,5	-	-
Плоская 3	88	14	6,3	-	-
Плоская 4	114	10	1,25	0,025	-
Плоская 5	6	14	6,3	-	-
Плоская 6	84	14	6,3	-	-
Плоская 7	84	14	6,3	-	-
Плоская 8	6	14	6,3	-	-
Плоская 9	170	10	1,25	0,025	-
Плоская 10	32	14	1,25	-	-
Плоская 11	348	14	6,3	-	-
Цилиндрическая 12	31	7	1,25	0,016	-
Цилиндрическая 13	35	8	1,25	0,016	0,006
Цилиндрическая 14	16	6	6,3	-	-
Цилиндрическая 15	5	14	6,3	-	-

Продолжение таблицы 1.4  
В миллиметрах

1	2	3	4	5	6
Цилиндрическая 16	52	14	6,3	-	-
Цилиндрическая 17	68	10	3,2	-	-
Цилиндрическая 18	50	14	6,3	-	-
Цилиндрическая 19	52	14	6,3	-	-
Цилиндрическая 20	46	6	0,8	0,02	0,006
Цилиндрическая 21	42	6	1,25	0,016	-
Фасонная 22	5	9	2,5	0,02, 0,015	-
Фасонная 23	1	14	6,3	-	-
Фасонная 24	2	14	6,3	-	-
Зубчатая 25	64	8-B	2,5	0,012	-
Зубчатая 26	60	14	6,3	-	-
Коническая 27	2x45	14	6,3	-	-
Коническая 28	1x45	14	6,3	-	-
Плоская 29	10	14	3,2	-	-



## 2 Разработка технологической части работы

### 2.1 Выбор заготовки

Для проектировании технологии необходимо определить тип производства. По объему выпуска 1000 валов в год при массе 6,5 кг - получается среднесерийное производство [4].

Выбор заготовки ведем исходя из расчетной себестоимости получения вала с учетом механической обработки. Технологическая себестоимость на изготовление детали из штамповки [5]:

$$C_T = M \cdot C_{\text{заг}} + C_{\text{мех}} - C_{\text{отх}} \cdot 1 - K_{\text{им}} , \quad (2.1)$$

где  $K_{\text{им}}$  – коэффициент использования материала заготовки;

$M$  – масса заготовки, кг.

$$C_{\text{заг}} = C_{\text{шт}} \cdot h_T \cdot h_C \cdot h_B \cdot h_M \cdot h_{\text{П}}, \quad (2.2)$$

где  $h_T$  – коэффициент точности;

$h_C$  – коэффициент группы сложности;

$h_B$  – коэффициент массы заготовки;

$h_M$  – коэффициент марки материала заготовки;

$h_{\text{П}}$  – коэффициент годового объема заготовки.

$$C_{\text{заг}} = 38,71 \cdot 1,0 \cdot 1,18 \cdot 0,87 \cdot 0,89 \cdot 1 = 35,3 \text{ руб/кг},$$

$$C_{\text{мех}} = C_c + E_H \cdot C_k, \quad (2.3)$$

$$C_{\text{мех}} = 3,56 + 0,1 \cdot 10,35 = 4,6 \text{ руб/кг},$$

$$C_T = 7,4 \cdot (35,3 + (4,6 - 1,4)(1 - 0,88)) = 264 \text{ руб}.$$

Технологическая себестоимость на изготовление детали из проката:

$$C_{\text{заг}} = C_{\text{пр}} \cdot h_{\phi}, \quad (2.4)$$

$$C_{\text{заг}} = 28,34 \cdot 1,06 = 30 \text{ руб,кг,}$$

$$K_{\text{им}} = \frac{m_{\text{д}}}{m_{\text{з}}} = \frac{6,5}{9,1} = 0,71,$$

$$C_m = 9,1 \cdot (30 + (4,6 - 1,4)(1 - 0,71)) = 281 \text{ руб.}$$

Выбираем изготовление детали из штамповки, так как его стоимость намного меньше, чем у проката.

## 2.2 Проектирование заготовки

Вал шестерня изготавливается методом открытой горячей штамповки. Штамповочное оборудование – кривошипный горячештамповочный пресс (открытая штамповка). Количество примерное переходов — 3. Нагрев заготовок — электропечь. Масса штамповки (расчетная) – 7,4 кг (коэффициент N1=6). Класс точности — Т4 (КТ=4). Группа стали — М2 (MS=2). Средняя массовая доля углерода в стали 0,40% С. Степень сложности — С2 (ST=2). Исходный индекс:

$$\text{ИН} = \text{NI} + (\text{MS} - 1) + (\text{ST} - 1) + 2(\text{КТ} - 1) = 6 + (2 - 1) + (2 - 1) + 2(4 - 1) = 14. \quad (2.5)$$

Все размерные параметры заготовки в таблице 2.1.

Таблица 2.1 - Основные припуски на размеры

В миллиметрах

Размер	Габариты	Верхнее/нижнее отклонение	Припуск общий
1	2	3	4
Диаметр	35	-	напуск
То же	41	+1,8/-1,0	2,5
»	46	-	напуск

Продолжение таблицы 2.1  
В миллиметрах

1	2	3	4
»	52	+1,8/-1,0	1,9
»	50	-	напуск
Зубчатый венец	68	+2,1/-1,1	2,5
Диаметр	50	-	напуск
»	52	+1,8/-1,0	1,9
»	46	-	напуск
»	42	-	напуск
Длина	36	-	напуск
» »	88	+1,8/-1,0	2,0
» »	114	-	напуск
» »	170	-	напуск
» »	84	+2,4/-1,2	2,0
» »	32	-	напуск
» »	348	+2,7/-1,3	2,2

Смещение по поверхности разъема штампа — 1,0 мм [6].  
Штамповочные уклоны – не более 3-5°. Радиус закругления наружных углов — 2 мм.

### 2.3 Разработка технологического маршрута

Выбор маршрутов для обработки поверхностей вала-шестерни показан в таблице 2.2 [7]. В таблице 2.2 приняты следующие сокращения: Т – точение; Шч – шлифование чистовое; Тпч – точение получистовое; Ф –

фрезерование; Ш – шлифование; ТО – термическая обработка; ЗШ-зубошлифование; С – сверление; ЦШ – центрошлифование.

Таблица 2.2 - Выбор маршрутов обработки поверхностей

Вид поверхности	Квалитет	Ra, мкм	Маршрут (в скобках квалитет и шероховатость в мкм)
1	2	3	4
Плоская 1, 11	14	12,5	Ф(12,5;12)-ТО(12,5;12)
Плоская 2	14	2,5	Т(12,5;12)-Тпч(6,3;8)- ТО(6,3;9)-Ш(3,2;7)
Плоская 3, 4, 9, 10	14	1,25	Т(12,5;12)-Тпч(6,3;8)- ТО(6,3;9)-Ш(1,25;7)
Плоская 5 - 8	14	12,5	Т(12,5;12) - Тпч(6,3;8)- ТО(12,5;9)
Цилиндрическая 12	7	1,25	Т(12,5;12)-Тпч(6,3;8)- ТО(6,3;9)-Ш(1,25;7)
Цилиндрическая 13	8	1,25	Т(12,5;12)-Тпч(6,3;8)- ТО(6,3;9)-Ш(1,25;7)
Цилиндрическая 14, 20	6	0,8	Т(12,5;12)-Тпч(6,3;8)- ТО(6,3;9)-Ш(3,2;7)-Шч(0,8;6)
Цилиндрическая 15, 16, 18, 19	14	12,5	Т(12,5;12) - Тпч(6,3;8)- ТО(12,5;9)
Цилиндрическая 17	10	3,2	Т(12,5;12) - Тпч(3,2;8)- ТО(12,5;9)
Цилиндрическая 21	10	1,25	Т(12,5;11)-Тпч(6,3;8)- ТО(6,3;9)-Ш(1,25;7)
Фасонная 22	9	1,6	Ф(1,6;9)- ТО(1,6;9)
Фасонная 23, 24	14	12,5	Тпч(6,3;9)- ТО(6,3;9)
Зубчатая 25	8	3,2	Ф(6,3;11)- ТО(6,3;12) -ЗШ(3,2;8)
Зубчатая 26	10	6,3	Ф(6,3;11)- ТО(6,3;12)
Коническая	14	12,5	Тпч(6,3;8)- ТО(6,3;9)

Продолжение таблицы 2.2

1	2	3	4
27, 28			
Плоская 29	11	3,2	Ф(3,2;11)- ТО(1,6;9)
Центровые отверстия	6	0,63	С(3,2;9)-ТО(3,2;9)-ЦШ(0,63; 6)

Весь маршрут по валу показан в таблице 2.3 [8].

Таблица 2.3 - Маршрут изготовления вала шестерни

Операция	Оборудование	Содержание
1	2	3
000 Заготовительная	ГКШП пресс К8542	Штамповка заготовки
010 Фрезерно-центровальная	Фрезерно-центровальный (MP71M)	Фрезерование торцов и центрование с двух сторон
015 Токарная черновая	Токарный с ЧПУ Traub TNL 12K	Черновая токарная обработка с одной стороны. Черновая токарная обработка с другой стороны
020 Термообработка	Печь электрическая	Нормализация
025 Токарная получистовая	Токарный с ЧПУ Traub TNL 12K	Получистовая токарная обработка с двух сторон. Фрезерование паза
030 Зубофрезерование	Зубофрезерный 5350А	Фрезерование зубьев шестерни
035 Термическая обработка	Установка ТВЧ	Закалка поверхностная

Продолжение таблицы 2.3

1	2	3
040 Круглошлифовальная	Круглошлифовальный модель станка 3В110	Шлифование по контуру поверхностей черновое
045 Круглошлифовальная	Круглошлифовальный модель станка 3В110	Шлифование по контуру поверхностей чистовое
050 Зубошлифовальная	Зубошлифовальный полуавтомат 58К70В	Шлифование зубьев шестерни
055 Моечная	Моечная машина	Промывка детали
060 Контрольная	Контрольный стенд	Контроль детали

#### 2.4 Выбор средств технологического оснащения

Для проведения операций выбраны приспособления для установки вала на станках [9]. Для выбранных переходов подобран инструмент [10, 11]. Для контроля операционных размеров указаны необходимые средства контроля [12]. Итог выбора показан в таблице 2.4.

Таблица 2.4 - Средства технологического оснащения

Оп ера ци я	Тех. оборудование	Станочные приспособле ния	Режущий инструмент	Контрольные приспособлени я
1	2	3	4	5
005	ГКШП			
010	Фрезерно- центровальны й MP71M	Тиски 7201- 0007 ГОСТ 14904-80	01.2.0234.000-03 Фреза диаметр 200 мм, z=12 P6M5 ТУ 2-035- 910-83; сверло	Калибр-пробка ГОСТ 14827- 69; шаблон ГОСТ 2534-79

Продолжение таблицы 2.4

1	2	3	4	5
			центровочное: 2317-0033 диаметр 4 мм Р6М5 ГОСТ 14952-75	
015	Токарный с ЧПУ Traub TNL 12K	Патрон 7100- 0005 ГОСТ 2675-80; центр 7032- 0020 ГОСТ 13214-79	РТТNL 2525M22 Резец Т5К10 ТУ 2-035-892-82	Калибр-скоба ГОСТ 18255- 73; шаблон ГОСТ 2534-79
020	Печь	-	-	-
025	Токарный с ЧПУ Traub TNL 12K	Патрон 7100- 0005 ГОСТ 2675-80; центр 7032- 0020 ГОСТ 13214-79	РТТNR 2525M22 Резец Т15К6 ТУ 2-035-892-82	Линейка ГОСТ 427-75; шаблон ГОСТ 2534-79
025	Токарный с ЧПУ Traub TNL 12K	Патрон 7100- 0010 ГОСТ 2675-80; центр 7032- 0025 ГОСТ 13214-79	2223-4944 фреза диаметром 16 мм Р8М3К6С ГОСТ 23247-78	Калибр-скоба ГОСТ 18255- 73; шаблон ГОСТ 2534-79
030	Зубофрезерны й станок	Патрон 7100- 0010 ГОСТ 2675-80	Червячная зуборезная фреза	Набор роликов; микрометр ГОСТ 6507-90

Продолжение таблицы 2.4

1	2	3	4	5
	5350А	центр 7032-0025 ГОСТ 13214-79	Р9М4К8 модуль m=2 мм ГОСТ 9323-79; фреза червячная модуль m=2 мм класс А Р6М5К5 (2510-4143) с титановым покрытием	
040	Круглошлифовальный станок 3Б161	Патрон 7108-0025 ГОСТ 2571-71; центр 7032-0020 ГОСТ 13214-79	Шлифовальный круг 1 250x25x76 24А F40 L V 35м/с А ГОСТ 2424-2008	Скоба ГОСТ 11098-75; шаблон ГОСТ 2534-79
045	Круглошлифовальный станок 3Б161	Патрон 7108-0025 ГОСТ 2571-71; центр 7032-0020 ГОСТ 13214-79	Шлифовальный круг 1 250x25x76 25А F60 N V 35м/с А ГОСТ 2424-2008	Скоба ГОСТ 11098-75; шаблон ГОСТ 2534-79
050	Зубошлифовальный станок 58К70В	Патрон 7108-0025 ГОСТ 2571-71; центр 7032-0020 ГОСТ 13214-79	Круг червячный шлифовальный с непрерывным делением 1SP 270x130x160 25А F80 L 11 V	Шаблон; зубоизмерительная машина



Продолжение таблицы 2.4

1	2	3	4	5
			35м/с ГОСТ 1643-81	
055	Моечная машина	-	-	-
060	Контрольный стенд	-	-	Измерительная машина

### 2.5 Определение режимов резания

Рассчитаем режимы резания на операцию 010 точение черновое. Оборудование - токарный станок с ЧПУ модели Traub TNL 12K. PTTNL 2525M22 Резец T5K10 ТУ 2-035-892-82. Определяем глубину резания:

$$t = \frac{D - d}{2}, \quad (2.6)$$

де D - максимальный диаметр обработки: t=2 мм.

Назначаем подачу по таблице [9] S=0,6 мм/об. Период стойкости T=60 мин. Определим скорость резания, допускающую режущими свойствами резца:

$$V = \frac{C_v \cdot K_v}{T^m \cdot t^{x_v} \cdot S^{y_v}}, \quad (2.7)$$

где  $C_v=290$ ;  $m=0,2$ ;  $x=0,15$ ;  $y=0,35$  – коэффициенты уравнения;

$K_v$  - коэффициент, учитывающий влияние материала заготовки ( $K_{MV}$ ), состояние поверхности ( $K_{nv}$ ), материал инструмента ( $K_{iv}$ ), параметр обрабатываемой поверхности ( $K_{vl}$ ), геометрические параметры инструмента ( $K_{fv}$ ), условия обработки ( $K_{vж}$ ):

$$K_v = K_{MV} \cdot K_{nv} \cdot K_{uv} \cdot K_{\varphi v}, \quad (2.8)$$

где  $K_{MV}$  – коэффициент для учета влияния физико-механических параметров материала заготовки на скорость резания

$$K_{MV} = K_r \cdot \left( \frac{750}{\sigma_B} \right)^{n_1} = \left( \frac{750}{650} \right)^1 = 1,15; \quad (2.9)$$

где  $K_2$  - коэффициент группы материала по обрабатываемости,  $K_2=1$ ;

$n_v$  – для твердого сплава для точения,  $n_v=1$ ;

$K_{nv}$  - коэффициент влияние поверхности заготовки,  $K_{nv}=0,8$  [14],

$K_{uv}$  - коэффициент для Т5К10,  $K_{uv}=0,65$  ;

$K_{\varphi v}$  – коэффициент для угла в плане  $93^\circ$ ,  $K_{\varphi v}=0,7$ . Получим:

$$K_v = 1,15 \cdot 0,8 \cdot 0,65 \cdot 0,7 = 0,42.$$

По формуле (2.7) скорость резания:

$$V = \frac{290 \cdot 0,42}{90^{0,2} \cdot 2^{0,15} \cdot 0,6^{0,4}} = 55 \text{ м / мин.}$$

Частота вращения заготовки:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D}, \quad (2.10)$$

где  $D$  - обрабатываемый диаметр, мм.

$$n = \frac{1000 \cdot 55}{3,14 \cdot 68} = 258 \text{ об / мин.}$$

Рассчитаем силу резания по формуле

$$P_Z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p, \quad (2.11)$$

где  $C_p$  – поправочный коэффициент;

$x, y, n$  – показатели степени [14]. Для радиальной составляющей силы резания:  $C_{py}=243$ ;  $x=0,9$ ;  $y=0,6$ ;  $n=-0,3$ . Для тангенциальной составляющей сил резания:  $C_p=300$ ;  $x=1,0$ ;  $y=0,75$ ;  $n=-0,15$ ;

$K_p$  – коэффициент фактических условий резания:

$$K_p = K_{mp} \cdot K_{\varphi p} \cdot K_{\gamma p} \cdot K_{\lambda p} \cdot K_{rp}, \quad (2.12)$$

$K_{mp}$  коэффициент, учитывающий марку материала:

$$K_{MP} = \left( \frac{\sigma_B}{750} \right)^{n_1} = \left( \frac{650}{750} \right)^{0.75} = 0,9; \quad (2.13)$$

где  $K_{\varphi p}, K_{\gamma p}, K_{\lambda p}, K_{rp}$  - коэффициенты по параметрам режущей части.

Для осевой силы:  $K_{\varphi p}=1,17$ ;  $K_{\gamma p}=1,0$ ;  $K_{\lambda p}=1,07$ ;  $K_{rp}=1$ .

Для радиальной составляющей силы резания:  $K_{\varphi p}=0,5$ ;  $K_{\gamma p}=1,0$ ;  $K_{\lambda p}=1,25$ ;  $K_{rp}=1$ . Для тангенциальной составляющей сил резания:  $K_{\varphi p}=0,89$ ;  $K_{\gamma p}=1,0$ ;  $K_{\lambda p}=1,0$ ;  $K_{rp}=1,0$ .

$$K_{xp} = 1,17 \cdot 1,0 \cdot 1,07 \cdot 0,9 = 1,13,$$

$$K_{py} = 0,5 \cdot 1,0 \cdot 1,25 \cdot 0,9 = 0,56,$$

$$K_{pz} = 0,9 \cdot 0,89 = 0,8.$$

Тогда сила резания для чернового точения будет равна

$$P_x = 10 \cdot 339 \cdot 2^{1,0} \cdot 0,6^{0,5} \cdot 55^{-0,4} \cdot 1,13 = 1194 \text{ Н} ,$$

$$P_y = 10 \cdot 243 \cdot 2^{0,6} \cdot 0,6^{0,6} \cdot 55^{-0,4} \cdot 0,56 = 120 \text{ Н} ,$$

$$P_z = 10 \cdot 300 \cdot 2^{1,0} \cdot 0,6^{0,75} \cdot 55^{-0,15} \cdot 0,8 = 1793 \text{ Н} .$$

Мощность  $N_p$ , кВт, затрачиваемая на резание

$$N_p = \frac{P_z \cdot V}{1000 \cdot 60} , \quad (2.14)$$

$$N_p = \frac{1793 \cdot 55}{1000 \cdot 60} = 1,6 .$$

Мощность  $N_{\text{шп}}$ , кВт, на шпинделе станка

$$N_{\text{шп}} = N_d \cdot \eta , \quad (2.15)$$

$$N_{\text{шп}} = 18 \cdot 0,9 = 16,2 \text{ кВт} .$$

1,6 < 16 кВт – условие выполняется, следовательно, резание возможно.

Для операции 025 токарная полуступенчатая режимы обработки назначим таблично [15]. Результат проектирования следующий для точения:

глубина резания – 0,6 мм;

подача – 0,25 мм/об;

скорость - 125 м/мин;

обороты заготовки – 585 об/мин.

Для фрезерования паза:

глубина резания – 3 мм;

подача на оборот фрезы – 0,2 мм/об;

скорость - 56 м/мин;

обороты заготовки – 1783 об/мин.

## 2.6 Определение норм времени обработки

Определим нормы времени табличным методом для операций 010 и 025 [16]. Для среднесерийного производства рассчитывается штучно-калькуляционное время  $T_{ш-к}$ , мин

$$T_{ш-к} = T_{шт} + \frac{T_{п.з.}}{n}, \quad (2.16)$$

где  $T_{п.з.}$  - подготовительно-заключительное время на обработку партии заготовок, мин;

$n$  - количество заготовок в партии запуска, шт.

$$n = \frac{N \cdot a}{D} = \frac{1000 \cdot 6}{254} = 24 \quad (2.17)$$

где  $N$  – программа, шт/год;

$a$  - период запуска валов,  $a = 6$  дней;

$D$  - рабочие дни. Штучное время  $T_{шт}$

$$T_{шт} = T_0 + T_B + T_{об.ом}, \quad (2.18)$$

где  $T_0$  – время обработки, мин;

$T_B$  – время вспомогательное, мин.

$$T_B = (T_{y.c} + T_{з.о} + T_{yn} + T_{из} + T_{xx}) \cdot k, \quad (2.19)$$

где  $T_{yn}$  - время включения – выключения станка, мин;

$T_{з.о.}$  - время зажима и раскрепления вала, мин;

$T_{y.c}$  - время базирования и снятия вала, мин;

$T_{из}$  - контрольное время, мин;

$T_{xx}$  - время холостых ходов перемещений, мин;

$k=1,85$ - уточняющий коэффициент для серийности;

$T_{об.от}$ —время обслуживания оборудования, а также личный отдых, мин;

$T_{тех}$ ,  $T_{орг}$  - время технического и организационного обслуживания, мин.

$$T_0 = \frac{(l_1 + l_p + l_2) \cdot i}{S_{мин}}, \quad (2.20)$$

где  $l_1$  - длина при врезании, мм;

$l_p$  - длина обрабатываемого участка, мм;

$l_2$  - длина перебега, мм;

$i$  - число ходов.

$$T_0 = \frac{3 + 160 + 2 + 2 + 2 + 6 + 9 + 3}{258 \cdot 0,6} = 1,2 \text{ мин},$$

$$T_0 = \frac{3 + 188 + 2 + 2 + 2 + 9 + 3}{258 \cdot 0,6} = 1,4 \text{ мин},$$

$$T_B = (0,04 + 0,12 + 0,04 + 0,5 + 0,06) \cdot 1,85 = 1,4 \text{ мин},$$

$$T_{оп} = 1,2 + 1,4 + 1,4 = 4,0 \text{ мин},$$

$$T_{об.от} = 0,6 \cdot 4,0 = 0,24 \text{ мин},$$

$$T_{шт} = 4,0 + 0,24 = 4,24 \text{ мин},$$

$$T_{шт-к} = 4,24 + 15 / 20 = 5 \text{ мин}.$$

Аналогичные расчеты проведем для 025 операции. Для установов А и Б, по переходам 1 и 2 основное время равно

$$T_0 = \frac{3 + 114 + 2 + 2 + 2}{585 \cdot 0,25} = 0,84 \text{ мин},$$

$$T_0 = \frac{3 + 64 + 2 + 2 + 2}{585 \cdot 0,25} = 0,5 \text{ мин.}$$

Добавим основное время на проточку канавок и фрезерование паза

$$T_B = 0,04 + 0,12 + 0,04 + 0,5 + 0,06 \cdot 1,85 = 1,4 \text{ мин,}$$

$$T_{оп} = 0,84 + 0,5 + 0,37 + 1,4 = 3,11 \text{ мин,}$$

$$T_{об.от} = 0,6 \cdot 3,11 = 0,2 \text{ мин,}$$

$$T_{ит} = 3,11 + 0,2 = 3,21 \text{ мин,}$$

$$T_{ит-к} = 3,21 + 15 / 20 = 4 \text{ мин.}$$

Результаты проектирования операций приведены на листах технологических наладок на 010 токарную черновую и 025 токарную получистовую.

## 3 Проектирование специальных средств оснащения

### 3.1 Сбор данных

Задача – рассчитать и спроектировать патрон для токарных операций, обеспечивающий точность установки и надежность закрепления заготовки на токарном станке, а также специализированное переналаживаемое приспособление для фрезерных операций.

Штамповка на ГКШП из 40ХФА с пределом прочности  $\sigma_B=760$  МПа. На операциях 015 - 020 проводится черновое точение при помощи резца контурного с маркировкой РТТНЛ 2525М22. Крепление механическое пластины твердого сплава Т5К10 по ТУ2-035-892-82. Режимы резания расчетные:  $t=2$  мм;  $S=0,6$  мм/об;  $V=55$  м/мин.

Для данных условий подходит одноместное переналаживаемое универсальное приспособление. Это возможно за счет наладки перестановкой сменных кулачков.

### 3.2 Расчет сил резания

Расчет сил резания выполнен в разделе 2.6 и получены следующие результаты для осевой  $P_x$ , радиальной  $P_y$ , тангенциальной  $P_z$  составляющих:  $P_x = 1194$  Н,  $P_y = 120$  Н,  $P_z = 1793$  Н.

Схема установки предполагает использование поджимного центра. Вал оказывается в двух опорах, жесткость которых обеспечивает сопротивление поперечным смещениям под действием  $P_y$ . Сопротивление деформациям в поперечном направлении зависит от жесткости вала, которая определяется конструктивно и от сил зажима не зависит. Также конструктивная жесткость передней и задней бабок обеспечивает сопротивление поперечным деформациям, которая от сил зажима также не зависит. Осевая составляющая прижимает заготовку к установочным кулачкам. Поэтому расчет ведем только для тангенциальной составляющей силы резания.



### 3.3 Расчет усилия зажима

Тангенциальная составляющая силы резания пытается провернуть вал в кулачках, а сила зажима препятствует этому. Для ее определения необходимо составить уравнение равновесия этих сил. Суммарный момент резания  $M_p$ , Н·м, от тангенциальной силы:

$$M_p = \frac{P_z \cdot d_0}{2}, \quad (3.1)$$

где  $P_z$  – тангенциальная сила резания, Н;

$d_0$  – диаметр заготовки, мм.

Момент  $M_3$ , Н·м, от силы закрепления:

$$M_3 = \frac{T \cdot d_3}{2} = \frac{W \cdot f \cdot d_3}{2}, \quad (3.2)$$

где  $W$  – усилие закрепления, Н;

$f$  – коэффициент трения. Из равенства этих моментов  $M_p$  и  $M_3$ :

$$W_{pz} = \frac{k \cdot P_z \cdot d_0}{f \cdot d_3}; \quad (3.3)$$

где  $k$  – коэффициент безопасности определяется как:

$$k = k_0 \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot k_4 \cdot k_5; \quad (3.4)$$

где  $k_0$  – минимальный коэффициент  $k_0 = 1,5$ ;

$k_1$  – коэффициент для сил резания при черновом точении,  $k_1 = 1,2$ ;

$k_2$  – коэффициент затупления резца для черновой обработки,  $k_2 = 1,2$ ;

$k_3$  – коэффициент прерывистого течения,  $k_3 = 1,0$ ;

$k_4$  – коэффициент стабильности силы зажима,  $k_4 = 1,0$ ;

$k_5$  – коэффициент эргономики механизированного зажима,  $k_5 = 1,0$ .

$$k = 1,5 \cdot 1,2 \cdot 1,2 = 2,16.$$

Принимаем  $k = 2,5$ . Коэффициент  $f$  между поверхностью под зажим и зажимным кулачком  $f = 0,35$ . Тогда

$$W_{Pz} = \frac{2,5 \cdot 1793 \cdot 68}{0,35 \cdot 40} = 21772H.$$

Усилие закрепления  $W_1$ , действующее на постоянные кулачки:

$$W_1 = \frac{W}{1 - \left( \frac{3 \cdot l_k}{H_k} \cdot f_1 \right)} \quad (3.5)$$

где  $l_k$  – вылет кулачка, мм;

$H_k$  – длина поверхности трения кулачка в корпусе патрона;

$f_1$  – коэффициент трения для условий полусухого трения,  $f_1 = 0,1$ .

Параметры формулы (3.5) принимаются конструктивно. В результате компоновки получаем следующие размеры  $b_c = 30$  мм; ширина у постоянного кулачка 52 мм, сменного кулачка  $B_1 = 35$  мм, длина  $H_K = 52$  мм, вылет  $l_K = 30$  мм.

$$W_1 = \frac{W}{1 - \left( \frac{3 \cdot l_k}{H_k} \cdot f_1 \right)} = \frac{22771}{1 - \left( \frac{3 \cdot 30}{52} \cdot 0,1 \right)} = 26329H.$$

### 3.4 Расчет зажимного механизма

Для механизации зажима усилие  $Q$  на приводе увеличивается выбранным клиновым зажимом:

$$Q = \frac{W_1}{i_c} \quad (3.6)$$

где  $i_c$  – передаточное отношение по силе зажимного механизма.

Диаметр патрона  $D_{II}$ , мм:

$$D_{II} = d_3 + 2 \cdot H_K = 68 + 2 \cdot 52 = 172 \text{ мм.} \quad (3.7)$$

Примем его 200 мм. Коэффициент  $i_c$  для клина определяется по углу  $\alpha$ . Принимаем угол клина  $7^\circ$ . Тогда по таблице из [16] с учетом значения угла коэффициент составит  $i_c = 2,7$ .

$$Q = \frac{W_1}{i_c} = \frac{26329}{2,7} = 9751 \text{ Н.}$$

### 3.5 Расчет силового привода

Привод механизированного зажима используется для реализации рассчитанного усилия  $Q$ . Для удобства компоновки он фиксируется на обратном конце шпинделя. Чтобы обеспечить усилие большое по величине, необходим гидравлический привод, для которого определяется диаметр поршня гидроцилиндра:

$$D = 1,13 \cdot \sqrt{\frac{Q}{P}}, \quad (3.8)$$

где  $P$  – давление масла в системе, МПа. Принимаем  $P=1,5$  МПа.

$$D = 1.13 \cdot \sqrt{\frac{Q}{P}} = 1.13 \cdot \sqrt{\frac{9751}{1.5}} = 91 \text{ мм.}$$

Так как расчетный диаметр поршня  $D < 120$  мм, то оставим выбранное давление. Для зажима и освобождения заготовки рассчитывается ход поршня:

$$S_Q = \frac{S_W}{i_{II}}, \quad (3.9)$$

где  $S_W$  – свободный ход кулачков для свободной установки - снятия заготовки,  $S_W = 3$  мм;

$i_{II} = \text{ctg} \alpha$  - передаточный коэффициент клинового механизма по перемещению.

$$i_{II} = \text{tg} \alpha = \text{tg} 7^\circ = 0.122 ;$$

$$S_Q = \frac{S_W}{i_{II}} = \frac{3}{0.122} = 25 \text{ мм.}$$

Принимаем  $S_Q = 35$  мм.

### 3.6. Расчет погрешности установки заготовки в приспособлении

Так как перед обработкой кулачки растачиваются, то погрешность установки детали в приспособление равна:

$$\varepsilon_y = 0,3 \cdot Td = 0,3 \cdot 210 = 63 \text{ мкм}, \quad (3.10)$$

где  $Td$  – операционный допуск, мм.

### **3.7 Описание работы патрона**

Зажимное приспособление служит для установки вала – шестерни при ее обтачивании при токарных операциях.

Зажимное приспособление содержит гидравлический силовой привод (на листе не показан), который соединяется с патроном. Патрон состоит из корпуса 1, по трем радиальным пазам в котором перемещаются постоянные кулачки 4. К ним через шпонки 23 на вставку промежуточную 3 винтами 24 крепятся сменные кулачки 2, которые фиксируют заготовку. Постоянные кулачки 4 по Т-образным пазам соединяются с клином 7, который по свободной посадке установлен на центральную втулку 10. В нее вставлена крышка 6, которая винтами 18 фиксируется по центру корпуса 1. В крышку 6 вкручивается опорный винт 17. По центру через крышку 6 проходит центр 5, который имеет регулировочный винт 16 с гайкой 25. Между головкой винта 16 и гайкой 11 установлена пружина 22. Клин 7 винтами 19 крепится к фланцу 12, в котором в выточке крепится фланец втулки 9, которая по резьбе соединяется с тягой (не показана), которая соединяет с силовым приводом. Корпус патрона 1 фиксируется на планшайбе 8, которая крепится непосредственно к фланцу шпинделя станка винтами 21. Параллельно каждому пазу под кулачки 4 выполнен паз, в котором установлен балансир 13, который рычаг 15 соединяется с пазом постоянного кулачка 4.

Патрон работает следующим образом. Давление в левой полости гидроцилиндра приводит к перемещению штока, тяги, втулки 9, которая фланцем толкает клин 7.

### **3.8 Проектирование резца и его крепления**

При точении для повышения эффективности процесса резания широко используются различные методы и способы гашения или демпфирования колебаний.

Ниже дается описание конструкции резца, который из-за специальных виброгасящих вставок позволяет повысить качество обработки при повышении стойкости режущей пластины. Он показан на листе графической части.

Режущий инструмент в виде режущей головки 1 со стандартным фланцем для крепления манипулятором. В пазу этой головки режущая пластина 2 закрепляется винтом 3 через опорный штифт 11. Режущая головка 1 вставляется в державку 13. В ней она закреплена при помощи винта 3, который фиксируется в пластине 4, в которую запрессован штифт 11. Режущая головка 1 вставляется в державку 13. Для закрепления режущей головки 2 в отверстие вставлена разжимная цанга 6 опирающаяся на палец 5. Она раздвигается винтом 12, который доступен через отверстие в корпусе 10 для закрепления на станке. Сама державка вставлена в корпусе 10 между полиуретановыми вставками 14 и 15. В корпусе 10 державка 13 фиксируется запрессованными направляющими 7 и упирается в буртик в корпусе 10. С торца державка 13 поджимается крышкой 9 при помощи регулируемого винта 8. За счет этого создается давление на вставку 14. За счет этого обжимается конец державки 13.

При точении при помощи такого резца сила резания смещает державку в направлении осевой координаты по направлению подачи и в направлении скорости резания по оси  $z$ . При этом возмущения от колебаний рассеиваются в упругих вставках.

Виброгашение во вставках уменьшает колебания в зоне резания во время врезания резца в заготовку и при его отводе. Это ведет к снижению шероховатости обработанной поверхности на 30-40%. Работоспособность режущей пластины растет более чем в два раза.

Крепление происходит за счет комбинированного эксцентрикового зажима винтовым – клиновым зажимом.

Разработанная конструкция представлена на листе. На токарном автомате Traub TNL 12K измененным резцом обработка будет вестись

быстрее за счет более высокой скорости резания и основное время равно  $T_0=2,2$  мин, а штучно-калькуляционное время  $T_{шт-к}=4,6$  мин.

## 4. Безопасность и экологичность работы

### 4.1 Конструктивно-технологическая характеристика объекта

Сведения о материалах, операциях и оборудовании, используемом в технологическом процессе изготовления вала-шестерни, представлены в таблице 4.1 [18].

Таблица 4.1 - Паспорт технического объекта

Технологический процесс	Технологическая операция	Должность работника	Оборудование	Материалы, вещества
Обработка вала - шестерни	Токарная	Оператор станочник на специальных станках	Токарный с ЧПУ Traub TNL 12K	Сталь 40ХФА, Технологические среды (СОЖ и смазка), ветошь

### 4.2 Идентификация профессиональных рисков

Таблица 4.2 - Определение рисков

Технологическая операция	Производственный вредный и/или опасный фактор (ОВПФ)	Источник ОВПФ
Токарная комплексная	физические: подвижные части производственного оборудования; передвигающиеся изделия, заготовки, материалы; повышенная или пониженная температура поверхностей оборудования, материалов; повышенный уровень шума на рабочем месте; повышенный уровень вибрации; острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок, инструментов и оборудования	Станок, заготовка с приспособлением, инструмент
	Физические: повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны; Химические: токсические; раздражающие	Зона резания
	Повышенная напряженность электрического поля	Органы управления



### 4.3 Методы и технические средства снижения профессиональных рисков

Таблица 4.3 – Мероприятия направленные на снижение уровня опасных и вредных производственных факторов (ОВПФ)

ОВПФ	Технические средства защиты, организационно-технические методы частичного снижения, полного устранения ОВПФ	Средства защиты работающего
Повышенная или пониженная температура поверхностей оборудования, материалов	Обеспечить охлаждение станков; Обеспечить подачу СОЖ; Оградить опасную зону.	Перчатки с покрытием
Подвижные части производственного оборудования; передвигающиеся изделия, заготовки, материалы	Экраны на станке	-
Острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок, инструментов и оборудования	Предупреждения, ограждения – экраны рабочей зоны	Перчатки с полимерным покрытием
Физические: повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны; Химические: токсические; раздражающие	Вентиляция местная и общая	-
Повышенная напряженность электрического поля	Заземлить правильно станок, предохранители	-
Повышенный уровень шума на рабочем месте; повышенный уровень вибрации	Акустическая обработка (звукопоглощающие экраны). Виброопоры – демпферы станка	Беруши

#### 4.4. Обеспечение пожарной и техногенной безопасности рассматриваемого технического объекта

Таблица 4.4 – Определение характеристик пожара

Производственный участок и/или производственное подразделение	Используемое оборудование	Номер пожара	Опасные факторы при пожаре	Сопутствующие проявляющиеся факторы при пожаре
Участок механической обработки	Токарный с ЧПУ Traub TNL 12K	Пожары, связанные с воспламенением и горением жидкостей или плавящихся твердых веществ и материалов (В)	Неисправность электропроводки; пламя и искры; возгорание промасленной ветоши	Вынос электрического напряжения на элементы технологических установок, оборудования, агрегатов, изделий и иного имущества

Таблица 4.5 – Выбор средства пожаротушения

Средства первичного пожаротушения	Средства мобильного пожаротушения	Установки/системы стационарного пожаротушения	Средства автоматики для пожаротушения	Оборудование для пожаротушения	СИЗ для спасения людей	Инструмент для пожаротушения (механизированный и немеханизированный)	Сигнализация, связь и оповещение при пожаре
Огнетушители ОВП-8 (з) –А В (Н, С), ящики с песком, пожарные краны	Пожарные автомобили и пожарные лестницы ОВП-40 (з)	Системы пенного пожаротушения Пенная система тушения	Технические средства оповещения и управления эвакуацией	Напорные пожарные рукава и рукавные разветвления	Веревки пожарные карабины пожарные противогазы, респираторы	Лопаты, багры, ломы, топоры ЩП-Б	Автоматические извещатели

Таблица 4.6 – Средства обеспечения пожарной безопасности

Название техпроцесса, применяемого оборудования, которое входит в состав технического объекта	Вид предлагаемых к реализации организационных и/или организационно-технических мероприятий	Нормативные требования по обеспечению пожарной безопасности, а также реализуемые эффекты
Токарная комплексная	Хранение ветоши в несгораемых ящиках. Применение плавких предохранителей или автоматов в электроустановках Станков. Общее руководство и контроль за состоянием пожарной безопасности на предприятии.	Обеспечение средств пожаротушения и безопасности проведения огневых работ. При эксплуатации эвакуационных путей и выходов должно быть обеспечено соблюдение проектных решений. Использование пожарной сигнализации и пожарных извещателей, противопожарные инструктажи в соответствии с графиком

#### 4.5 Обеспечение экологической безопасности рассматриваемого технического объекта

Таблица 4.7 – Определение экологически опасных факторов объекта

Название технического объекта и/или производственного техпроцесса	Структурные элементы технического объекта и/или производственного техпроцесса а также энергетической установки, транспорта и т.п.	Экологическое негативное воздействие рассматриваемого технического объекта на атмосферу	Экологическое негативное воздействие рассматриваемого технического объекта на гидросферу	Экологическое негативное воздействие рассматриваемого технического объекта на литосферу
Токарная комплексная	Токарный с ЧПУ Traub TNL 12K	Пыль металлическая, токсичные испарения	Взвешенные вещества и нефтепродукты Охлаждающие среды - СОЖ	Основная часть отходов должна храниться в металлических контейнерах промасленная ветошь стружка

Таблица 4.8 – Разработанные организационные и технические мероприятия для снижения антропогенного негативного воздействия

Название технического объекта	Токарная комплексная -
Предлагаемые мероприятия для снижения негативного воздействия на атмосферу	Очистка воздуха для выходящего воздуха при помощи насадочного скруббера
Предлагаемые мероприятия для снижения негативного воздействия на гидросферу	Фильтрация для местной отчистки
Предлагаемые мероприятия для снижения негативного воздействия на литосферу	Разделка, сортировка, переплавка

#### **4.6 Выводы по разделу «Безопасность и экологичность технического объекта»**

1. В данном разделе приведены параметры технологического процесса изготовления вал-шестерни в виде описания токарной операции, указания специальности рабочих-операторов, модели оборудования, материалов основных и вспомогательных (таблица 4.1).

2. Идентифицированы физические риски по элементам операции изготовления вал-шестерни (таблица 4.2).

3. Предложены меры по использованию устройств по снижению рисков в виде комплекса мер, а также предложены отдельные элементы из средств защиты работников (таблица 4.3).

4. Предусматриваются мероприятия по пожарной безопасности разработанной операции. Выполнена идентификация класса пожарной опасности данного участка с описанием опасных факторов возгорания. Все предложенные меры и средства по пожарной безопасности даны в таблицах 4.4, 4.5 и 4.6.

5. Дается описание вредных экологических факторов по влиянию токарной операции при изготовлении вал-шестерни (таблица 4.7). Меры по их снижению в таблице 4.8.

В результате выполненных в разделе 4 работ обеспечивается соответствие спроектированной комплексной токарной операции по всем требованиям по производственной, пожарной и экологической безопасности.

## 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.

Учитывая, описанные ранее совершенствования технологического процесса изготовления вала-шестерня двухступенчатого редуктора, определим:

- капитальные вложения в проектированный процесс;
- технологическую себестоимость изменяющихся по вариантам операций;
- полную себестоимость обработки детали по вариантам;
- показатели экономической эффективности проектируемого варианта технологического процесса.

Согласно соответствующим методикам [20] рассчитаем все необходимые параметры и сделаем выводы о целесообразности внедрения предложенных изменений.

Сделаем краткое описание изменений. Для выполнения токарной операции использовался токарный автомат Trau TNL 12K. В качестве оснастки было предложено использовать патрон рычажный самоцентрирующий и центр жесткий. Обработка необходимых поверхностей вала-шестерня осуществляется резцом T5K10 ТУ 2-035-892-82 с демпфирующей вставкой PTTNL 2525M22, в то время как базовый вариант предполагал использование резца без демпфирующей вставки. Эти изменения позволили уменьшить как основное, так и вспомогательное время, что в итоге привело к выполнению описанной операции за более короткое время, т.е. вместо 5 минут, операция выполняется за 4,6 минут.

Так как, изменению подвергся только инструмент, значит капитальные вложения в проектируемый вариант будут складываться из

суммы затрат на проектирование, затрат на инструмент, а также оборотных средств в незавершенном производстве (рис. 5.1). Поэтому общий объем инвестиций составит 10374,73 рублей.



Рисунок 5.1 – Капитальные вложения в проектируемый вариант, руб.

Из рисунка 5.1 видно, что самые большие инвестиции требуются на затраты, связанные с проектированием нового технологического процесса. На их долю приходится около 89,2% всех капитальных вложений. Остальные параметры составляют 10,6% и 0,2% соответственно.

Следующим важным показателем при определении экономической эффективности является технологическая себестоимость. Обычно она складывается из четырех показателей: затрат на основной материал ( $M$ ), основной заработной платы ( $Z_{ПЛ.ОСН}$ ), начислений на заработную плату ( $H_{З.ПЛ}$ ) и расходов на содержание и эксплуатацию оборудования ( $P_{Э.ОБ}$ ). Однако, в процессе совершенствования технологического процесса, метода получения заготовки не менялся, а это значит, что величиной затрат на основной материал можно пренебречь, т.к. ее значение не оказывает влияние на итоговую разницу между вариантами (базовым и проектируемым). Значения, входящих в технологическую себестоимость

величин, без учета затрат на основной материал, представлены на рисунке 5.2.

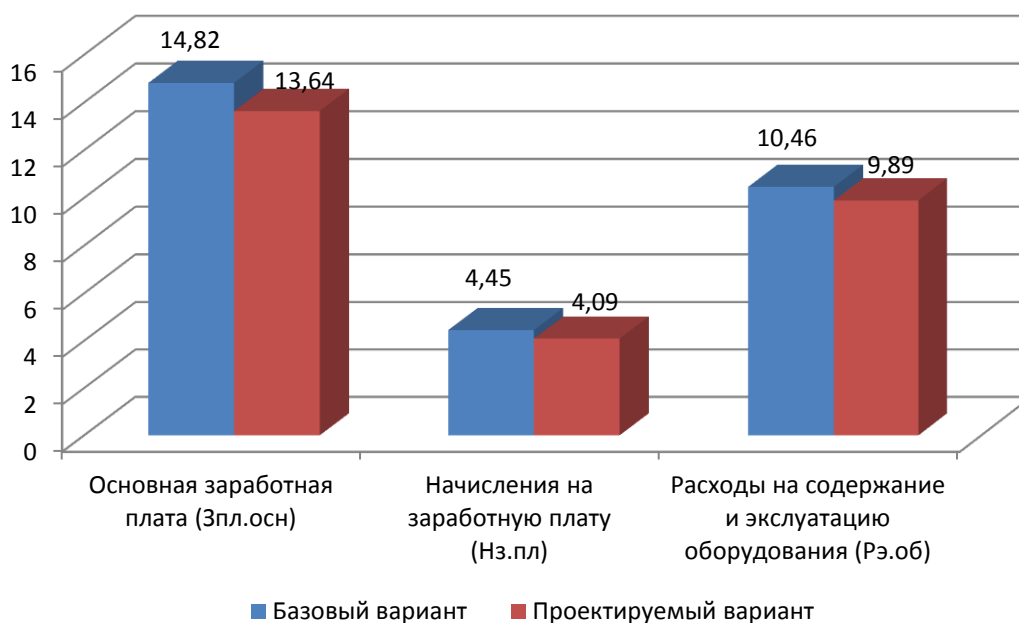


Рисунок 5.2 – Показатели технологической себестоимости по изменяющимся операциям, руб.

Анализируя представленные значения, можно сделать несколько выводов. Первый, это то, что по всем показателям технологической себестоимости в проектируемом варианте произошло уменьшение. Второй – что самая большое влияние на величину технологической себестоимости оказывает основная заработная плата, т.к. ее доля составляет 49,9% для базового варианта и 49,4% для проектируемого. Второе место, по оказанию влияния на технологическую себестоимость, занимают расходы на содержание и эксплуатацию оборудования, их доля составляет 35,2% и 35,8%, соответственно вариантам. Учитывая полученные значения, величина технологической себестоимости для базового варианта составит 29,73 руб., а для проектируемого – 27,62 руб.

На базе полученных значений технологической себестоимости, основной заработной платы и соответствующих коэффициентов были



определены значения цеховой, заводской и полной себестоимости, величины которых представлены на рисунке 5.3.



Рисунок 5.3 – Виды себестоимости и их значения по вариантам технологического процесса, руб.

Анализируя данный рисунок, видно, что в проектируемом варианте технологического процесса все показатели уменьшаются. Это позволяет получить итоговую разницу между вариантами в 6,45 руб., т.е. изготовление вала-шестерня ступенчатого насоса в проектируемом варианте обойдется предприятию на 7,7% дешевле, чем было в базовом варианте.

Такая разница между вариантами позволяет предприятию получить дополнительную чистую прибыль в объеме 5160 руб. и окупить вложенные средства в течение 3-х лет. Кроме этого, эффективность предложенных мероприятий по совершенствованию технологического процесса, подтверждаются положительной величиной чистого дисконтируемого дохода в размере 1410,71 руб., что позволит получить прибыль на каждый вложенный рубль в объеме 1,14 руб.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В работе проведен анализ исходных данных, выполнен анализ чертежа вала-шестерни, что позволило применить в технологическом процессе новый метод обработки. В рамках технологического раздела выполнено проектирование заготовки, наиболее подходящей для выбранного – среднесерийного типа производства. Для вал-шестерни назначены переходы по обработке отдельных поверхностей, которые по типовому маршруту объединены в операции. Выполнены расчеты по определению припусков и размеров, режимов резания на самые ответственные – токарные операции, где происходит формирование геометрии детали. Для повышения производительности в работе выполнено проектирование токарного патрона, обеспечивающего постоянство баз при установке заготовки в центрах с механизированным приводом закрепления. Токарный резец с виброгасящими вставками обеспечивает повышение стойкости инструмента, снижение шероховатости. Предусмотрено современное оборудование и оснащение, которое обеспечивает безопасность труда, экологические нормы, а также экономическую эффективность предложенных технологических изменений.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Марочник сталей и сплавов / сост. А. С. Зубченко [и др.] ; под ред. А. С. Зубченко. - 2-е изд., перераб. и доп. - Москва : Машиностроение, 2003. - 782 с.
2. Антонюк, В. Е. Конструктору станочных приспособлений : справ. пособие / В. Е. Антонюк. - Минск : Беларусь, 1991. - 400 с.
3. Режимы резания металлов : справочник / Ю. В. Барановский [и др.] ; под ред. А. Д. Корчемкина. - 4-е изд., перераб. и доп. - Москва : НИИТавтопром, 1995. - 456 с.
4. Белоусов, А. П. Проектирование станочных приспособлений : учеб. пособие для техникумов / А. П. Белоусов. - 3-е изд., перераб. и доп. ; Гриф МО. - Москва : Высш. шк., 1980. - 240 с.
5. Бушуев, В. В. Практика конструирования машин : справочник / В. В. Бушуев. - Москва : Машиностроение, 2006. - 448 с.
6. Бушуев, В. В. Тяжелые зубообрабатывающие станки / В. В. Бушуев, С. П. Налетов. - 2-е изд., перераб. и доп. - Москва : Машиностроение, 1986. - 280 с.
7. Станочные приспособления : учеб. пособие для студентов вузов, обуч. по направлениям подготовки 15.03.05 (151900) "Конструкторско-технол. обеспечение машиностроит. пр-в", "Автоматизация технол. процессов и пр-в (машиностроение)" / В. В. Клепиков [и др.]. - Гриф УМО. - Москва : Форум, 2016. - 318 с.
8. Станочные приспособления : справочник. В 2 т. Т. 1 / А. И. Астахов [и др.]. - Москва : Машиностроение, 1984. - 591 с.
9. Горина, Л. Н. Обеспечение безопасных условий труда на производстве : учеб. пособие / Л. Н. Горина. - Гриф УМО. - Тольятти : ТГУ, 2016. - 68 с.

10. Горохов, В. А. Проектирование и расчет приспособлений : учебник для вузов / В. А. Горохов, А. Г. Схиртладзе. - Гриф УМО. - Старый Оскол : ТНТ, 2008. - 301 с.
11. ГОСТ 7505-89. Поковки стальные штампованные. Допуски, припуски и кузнечные напуски. – Введ. 1990-01-07. – М. : Изд-во стандартов, 1990. – 83 с.
12. Технология машиностроения : специальная часть : учеб. для вузов / А. А. Гусев [и др.]. - Гриф МО. - Москва : Машиностроение, 1986. - 480 с.
13. Допуски и посадки : справочник. В 2 ч. Ч. 1 / В. Д. Мягков [и др.]. - 6-е изд., перераб. и доп. - Ленинград : Машиностроение, Ленингр. отд-ние, 1982. - 543 с.
14. Допуски и посадки : справочник. В 2 ч. Ч. 2 / В. Д. Мягков [и др.]. - 6-е изд., перераб. и доп. - Ленинград : Машиностроение, Ленингр. отд-ние, 1983. - 447 с.
15. Долин, П. А. Справочник по технике безопасности / П. А. Долин. - 6-е изд., перераб. и доп. - Москва : Энергоатомиздат, 1985. - 823 с.
16. Дьячков, В. Б. Специальные металлорежущие станки общемашиностроительного применения : справочник / В. Б. Дьячков, Н. Ф. Кабатов, М. У. Носинов. - Москва : Машиностроение, 1983. - 286 с.
17. Схиртладзе, А. Г. Технологическая оснастка машиностроительных производств : учеб. пособие. Т. 1 / А. Г. Схиртладзе, В. П. Борискин. - Гриф УМО. - Старый Оскол : ТНТ, 2008. - 547 с.
18. Схиртладзе, А. Г. Технологическая оснастка машиностроительных производств : учеб. пособие. Т. 2 / А. Г. Схиртладзе, В. П. Борискин. - Гриф УМО. - Старый Оскол : ТНТ, 2008. - 518 с.
19. Зубарев, Ю. М. Специальные методы обработки заготовок в машиностроении : учеб. пособие для студентов машиностр. вузов / Ю. М. Зубарев. - Гриф УМО. - Санкт-Петербург : Лань, 2015. - 400 с.

20. Зубкова, Н.В. Методическое указание к экономическому обоснованию курсовых и дипломных работ по совершенствованию технологических процессов механической обработки деталей (для студентов специальностей 120100 / Н.В. Зубкова, – Тольятти : ТГУ, 2015. - 46 с.

## **ПРИЛОЖЕНИЯ**

**ПРИЛОЖЕНИЕ А**  
**Маршрутная карта**

Директ.																								
Безм.																								
Посл.																								
Разраб.	Мухоморов К.Н.																							
Проверил	Расторгуев Д.А.																							
Утвердил	Логинев Н.Ю.																							
Н. контр.	Егоров А.Г.																							
Вал шестерня																								
Сталь 40ХФА ГОСТ 4543-71																								
М 01	Код	ЕВ	МД	ЕН	Н. расх.	КИМ	Код заготовки	Профиль и размеры	КД	МЗ														
М 02	12	кг	6,5	1	1	0,88	24	73х352	1	7,4														3
А	Цех Уч. РМ	Опер.	Код. наименование операции		Код. наименование оборудования		СМ	Проф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Кшт.	Гпз.	Тшт.							
Б																								
А03	000 Штамповка заготовительная																							
Б04	Пресс К8542	1 1 1 1																						
А05	010	4221 Фрезерно-центровальная																						
Б06	Фрезерно-центровальный МР71М	1 1 1 23																						
А07	015	4114 Токарная																						
Б08	Токарный центр Traub TNL 12K	1 1 1 1																						
А09	020	5000 Термическая обработка																						
Б10	1 1 1 1																							
А11	025	4114 Токарная																						
Б12	Токарный центр Traub TNL 12K	1 1 1 1																						
О13																								
А14	030	4165 зубофрезерная																						
Т15	Зубофрезерный 5350А	1 1 1 1																						
Т16																								
МК	Маршрутная карта	1																						

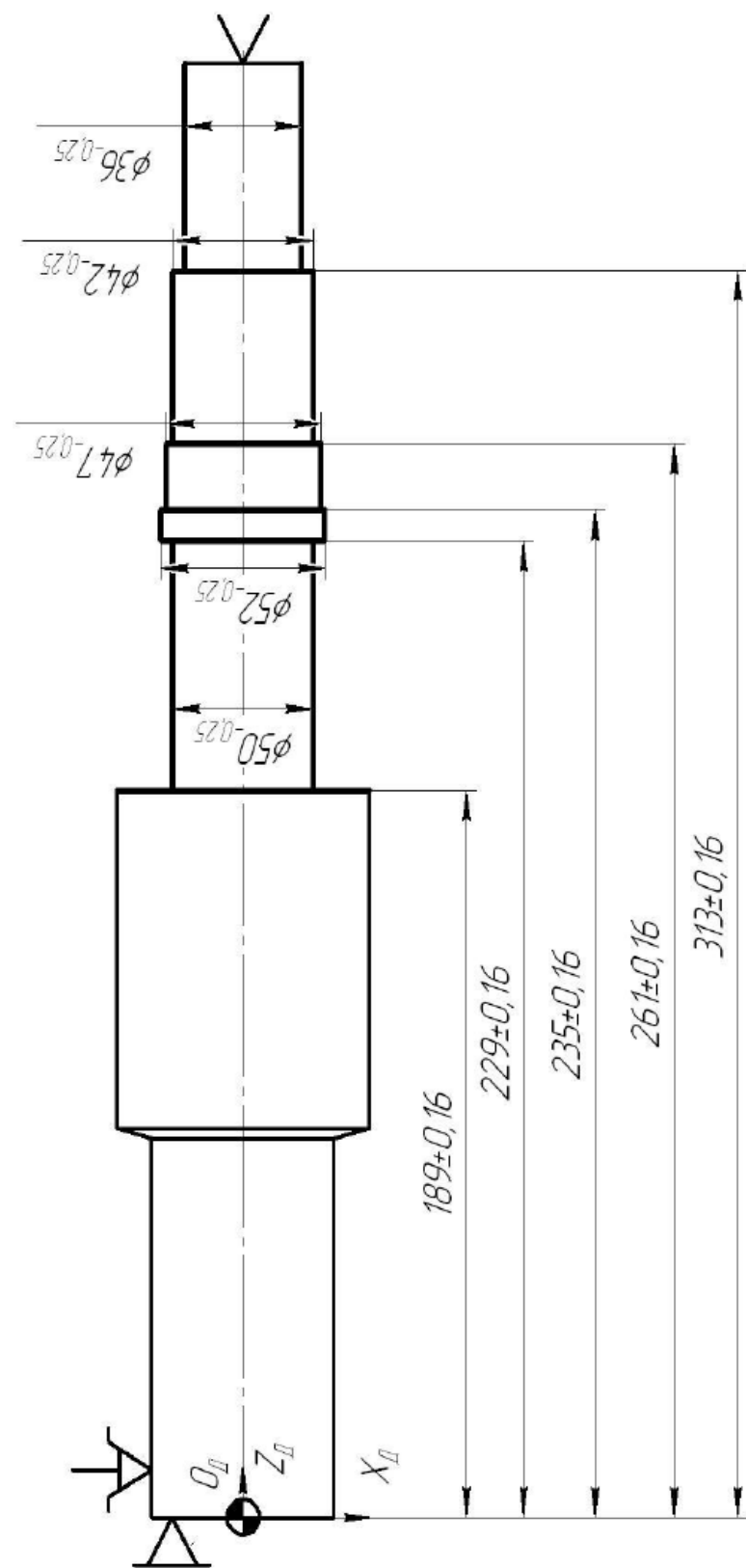


Дюол.	Взам.	Плол.											2			
Цех	Уч.	РМ	Юлер.	Код. наименование операции	СМ	Проф.	Р	УГ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Кшт.	Плз	Тшт.	
К/М	Наименование детали, сб. единицы или материала			Обозначение кода												
T01																
A02				035 Термическая												
B03																
A04				040 4131 Круглошлифовальная												
B05				Круглошлифовальный 3В110									1	1	1	
A06				045 4131 Круглошлифовальная												
B07				Круглошлифовальный 3В110									1	1	1	
A08				050 4151 Зубошлифовальная												
B09				Зубошлифовальный 53К70В									1	1	1	
A10				055 Моечная												
11																
A12				060 Контрольная												
13																
14																
15																
16																
17																
МК	Маршрутная карта															2

**ПРИЛОЖЕНИЕ Б**  
**Операционные карты**

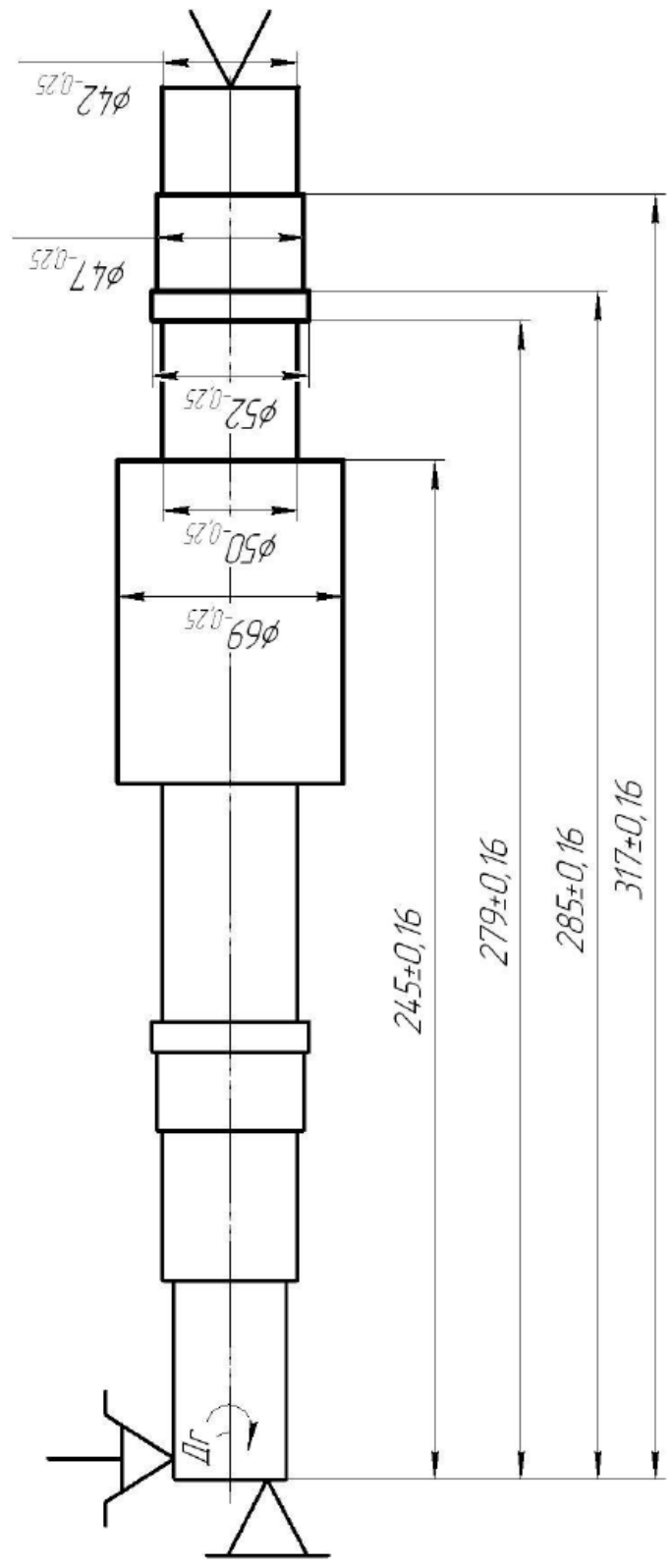
Двусл. Взам. Полл.											4	1			
Разраб. Мухоморов К.Н.															
Проверил Расторгуев Д.А.															
Утвердил Логинов Н.Ю.															
Н. контр. Егоров А.Г.															
Наименование операции		Материал		Твердость		ЕВ		МД		Профиль и размеры		МЗ		КОИД	
Токарная		Сталь 40ХФА ГОСТ 4543-71		200		кг		6,5		73x352		7,4		1	
Оборудование, устройство ЧПУ		Обозначение программы		Ю		I в		I лз.		I шт.		СОЖ			
Traub TNL 12K				2,4		1,4		15		5					
P		ПИ		L		t		l		s		n		v	
001 1. Установить и закрепить заготовки															
T02 Патрон 7100-0005 ГОСТ 2675-80; Центр 7032-0020 ГОСТ 13214-79															
03															
004 2. Точить наружную поверхность															
T05 РТТНЛ 2525М22 Резец Т15К6 ТУ 2-035-892-82															
P06		1		52		160		2		1		0,6		275	
07															
008 3. Раскрепить вал и переустановить															
009 4. Точить наружную поверхность															
T10 РТТНЛ 2525М22 Резец Т15К6 ТУ 2-035-892-82															
P11		1		69		188		2		1		0,6		275	
012															
013 5 Раскрепить и снять заготовку															
OK		Операционная карта												3	

Дуол.																																										
Бзам.																																										
Т/Юол.																																										
																												3	010													



ГОСТ 3.1105-84 Форма

Дуобл. Бзам. Тлоол.																					4		010



КЭ Карта эскизов

Дубл.	Взам.	Посл.											4	1			
			Вал шестерня														
Разраб.	Мухоморов К.Н.																025
Проверил	Расторгуев Д.А.																КОИД
Утвердил	Логинев Н.Ю.																МЗ
Н. контр.	Егоров А.Г.																7,4
Наименование операции			Материал		Твердость		ЕВ		МД		Профиль и размеры						
Токарная полуцистовая			Сталь 40ХФА ГОСТ 4543-71		200		кз		6,5		74x352						1
Оборудование, устройство ЧПУ			Обозначение программы		То		Тв		Т пз.		Тшт.		СОЖ				
Токарный центр Traub TNL 12K																	
Р			ПИ		D или B		L		t		l		s		n		v
T01	1. Установить заготовку																
T02	Патрон 7100-0010 ГОСТ 2675-80; Центр 7032-0025 ГОСТ 13214-79																
O03	2. Точить наружную поверхность																
T04	РТТNL 2525M22 Резец Т15К6 ТУ 2-035-892-82																
P05	1	52	160	160	0,6	1	0,25	585	124								
O06	3. Переустановить заготовку																
T07	РТТNL 2525M22 Резец Т15К6 ТУ 2-035-892-82																
P08	1	52	160	160	0,6	1	0,25	585	124								
O09	4. Фрезеровать паз																
T10	Фреза концевая Р6М5 d=10																
O11	2	10	30	30	0,2	3	0,2										
T12	2223-3552 Фреза $\pm 10$ , z=3 Р8МЗК6С ГОСТ 23248-78																
13																	
OK	Операционная карта																









**ПРИЛОЖЕНИЕ Б**  
**Спецификация поводкового патрона**

Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание	
А1			19.БР.ОТМП.640.60.00.000.СБ	Сборочный чертеж	1		
<i>Документация</i>							
<i>Детали</i>							
		1	19.БР.ОТМП.640.60.00.001	Корпус	1		
		2	19.БР.ОТМП.640.60.00.002	Кулачок сменный	3		
		3	19.БР.ОТМП.640.60.00.003	Вставка промежуточная	3		
		4	19.БР.ОТМП.640.60.00.004	Кулачок постоянный	3		
		5	19.БР.ОТМП.640.60.00.005	Центр	1		
		6	19.БР.ОТМП.640.60.00.006	Крышка	1		
		7	19.БР.ОТМП.640.60.00.007	Клин	1		
		8	19.БР.ОТМП.640.60.00.008	Фланец	1		
		9	19.БР.ОТМП.640.60.00.009	Втулка	1		
		10	19.БР.ОТМП.640.60.00.010	Хвостовик	1		
		11	19.БР.ОТМП.640.60.00.011	Винт опорный	1		
		12	19.БР.ОТМП.640.60.00.012	Крышка прижимная	1		
		13	19.БР.ОТМП.640.60.00.013	Противовес	3		
		14	19.БР.ОТМП.640.60.00.014	Винт заглушка	3		
		15	19.БР.ОТМП.640.60.00.015	Рычаг	3		
		16	19.БР.ОТМП.640.60.00.016	Упор направляющий	1		
		17	19.БР.ОТМП.640.60.00.017	Опора регулируемая	1		
<b>19.БР.ОТМП.640.60.000.СП</b>							
Изм. / лист		№ докум.		Подп.		Дата	
Разраб. Мухоморов К.Н.							
Пров. Расторгцев Д.А.							
Исхонтр. Егоров А.Г.							
Утв. Логинов Н.Ю.							
<b>Патрон поводковый</b>					Лит.	Лист	Листов
						1	2
					ТГУ, ИМ зр. МСБЗ-1403		

Копировал

Формат А4



**ПРИЛОЖЕНИЕ В**  
**Спецификация резца**

Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
<i>Документация</i>						
A2			19.БР.ОТМП.640.65.00.000.СБ	Резец	1	
<i>Детали</i>						
		1	19.БР.ОТМП.640.65.00.001	Режущая головка	1	
		2	19.БР.ОТМП.640.65.00.002	Режущая пластина	1	
		3	19.БР.ОТМП.640.65.00.003	Винт верхний	1	
		4	19.БР.ОТМП.640.65.00.004	Пластина опорная	1	
		5	19.БР.ОТМП.640.65.00.005	Палец	1	
		6	19.БР.ОТМП.640.65.00.006	Цанга	2	
		7	19.БР.ОТМП.640.65.00.007	Направляющая	2	
		8	19.БР.ОТМП.640.65.00.008	Винт поджимной	1	
		9	19.БР.ОТМП.640.65.00.009	Крышка	1	
		10	19.БР.ОТМП.640.65.00.010	Корпус		
		11	19.БР.ОТМП.640.65.00.011	Опорный штифт	1	
		12	19.БР.ОТМП.640.65.00.012	Винт разжимной	1	
		13	19.БР.ОТМП.640.65.00.013	Державка	1	
		14	19.БР.ОТМП.640.65.00.014	Кольцо вставка	1	
		15	19.БР.ОТМП.640.65.00.015	Пластина	4	
19.БР.ОТМП.640.65.00.000.СП.						
Изм./Лист		№ докум.	Подп.	Дата		
Разраб.		Мухоморов К.Н.				
Пров.		Расторгуев Д.А.				
Н.контр.		Егоров А.Г.				
Утв.		Логинов Н.Ю.				
Резец					Лит.	Лист
						1
					ТГУ, ИМ гр. МСДЗ-1403	

Копировал

Формат А4