

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Тольяттинский государственный университет»
Институт машиностроения
Кафедра «Оборудование и технологии машиностроительного производства»
Направление 15.03.05 «Конструкторско-технологическое обеспечение
машиностроительных производств»
Профиль «Технология машиностроения»

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА (БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА)

на тему Технологический процесс изготовления блока шестерен коробки подач универсального фрезерного станка

Студент(ка)

Панькин А.В.

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

Логинов Н.Ю.

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Консультанты

Горина Л.Н.

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Зубкова Н.В.

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Виткалов В.Г.

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Допустить к защите

И.о. заведующего кафедрой

к.т.н., доцент

А.В. Бобровский

(личная подпись)

«_____» _____ 2016 г.

Тольятти 2016

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Тольяттинский государственный университет»
Институт машиностроения
Кафедра «Оборудование и технологии машиностроительного производства»

УТВЕРЖДАЮ

И.о. зав. кафедрой _____ А.В.Бобровский

«___» _____ 2016 г.

ЗАДАНИЕ

на выполнение выпускной квалификационной работы
(уровень бакалавра)

направление подготовки 15.03.05 «Конструкторско-технологическое обеспечение
машиностроительных производств»
профиль «Технология машиностроения»

Студент _____ Панькин Артем Валерьевич _____ гр. ТМбз-1131

1. Тема _____ Технологический процесс изготовления блока шестерен коробки подач универсального фрезерного станка

2. Срок сдачи студентом законченной выпускной квалификационной работы «___» ____ 2016 г.

3. Исходные данные к выпускной квалификационной работе _____ материалы преддипломной практики, чертеж детали программа выпуска №=5000 дет./год

4. Содержание выпускной квалификационной работы (объем 40-60 с.)

Титульный лист.

Задание. Аннотация. Содержание.

Введение, цель работы

1) Описание исходных данных

2) Технологическая часть работы

3) Проектирование станочного приспособления

4) Проектирование режущего инструмента

5) Безопасность и экологичность технического объекта

6) Экономическая эффективность работы

Заключение. Список используемой литературы.

Приложения: технологическая документация

АННОТАЦИЯ

Тема данной выпускной квалификационной работы: Технологический процесс изготовления детали блока шестерен универсального фрезерного станка.

Пояснительная записка включает в себя разделы: анализ исходных данных, цели и задачи работы, выбор стратегии разработки техпроцесса, выбор метода получения и проектирование заготовки, выбор методов обработки поверхностей, разработка технологического маршрута и плана обработки детали, выбор оборудования и средств технологического оснащения, расчет режимов резания, проектирование станочного приспособления, проектирование режущего инструмента. Так же в записке приведен анализ безопасности и экологичности технического объекта и сделан расчет экономической эффективности.

Пояснительная записка состоит из страниц, графическая часть содержит листов формата А1.

СОДЕРЖАНИЕ

	Стр.
АННОТАЦИЯ	3
ВВЕДЕНИЕ, ЦЕЛЬ РАБОТЫ	6
1 ОПИСАНИЕ ИСХОДНЫХ ДАННЫХ	7
1.1 Назначение и условия работы детали	7
1.2 Классификация поверхностей детали	7
1.3 Анализ требований к поверхностям детали	9
1.4 Формулировка задач работы	10
2 ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ РАБОТЫ	11
2.1 Определение типа производства	11
2.2 Выбор стратегии разработки техпроцесса	11
2.3 Выбор метода получения заготовки	13
2.4 Выбор методов обработки поверхностей	14
2.5 Разработка технологического маршрута изготовления детали	16
2.6 Расчет припусков	17
2.7 Выбор оборудования и средств технологического оснащения	23
2.8 Расчет режимов обработки	26
3 ПРОЕКТИРОВАНИЕ СТАНОЧНОГО ПРИСПОСОБЛЕНИЯ	31
3.1 Расчет патрона специального с кулачками	31
3.2 Расчет сил резания	32
3.3 Расчет силы вдавливания поводков	32
3.4 Расчет усилия зажима кулачков	33
3.5 Расчет пружины	33
3.6 Расчет погрешности установки заготовки в приспособление	38
3.7 Расчет привода патрона	39
4 ПРОЕКТИРОВАНИЕ РЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА	42
4.1 Расчет червячной фрезы	42
5 БЕЗОПАСНОСТЬ И ЭКОЛОГИЧНОСТЬ ТЕХНИЧЕСКОГО	

ОБЪЕКТА

6 ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ РАБОТЫ

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

ПРИЛОЖЕНИЯ

ВВЕДЕНИЕ, ЦЕЛЬ РАБОТЫ

В условиях бурно развивающихся в стране рыночных отношений, все острее встает вопрос обеспечения конкурентоспособности продукции отечественных станкостроительных предприятий на внутреннем и внешнем рынках.

Повышение производительности и качества изготовления изделий машиностроения требует постоянного совершенствования технологических процессов изготовления деталей, входящих в них.

Решение этой задачи возможно только при условии применения в технологических процессах современного высокопроизводительного оборудования (станков с ЧПУ, многоцелевых станков), прогрессивного режущего инструмента, работающего на оптимальных режимах резания, и механизированной технологической оснастки. Технологические процессы должны сводиться к минимуму применение ручного труда при изготовлении деталей.

Предметом данной выпускной квалификационной работы стала разработка технологического процесса изготовления блока шестерен, входящего в коробку скоростей универсального фрезерного станка, заданного качества с минимальной себестоимостью.

1 ОПИСАНИЕ ИСХОДНЫХ ДАННЫХ

1.1 Назначение и условия работы детали.

Блок шестерен служит для передачи крутящего момента с одного вала на другой в коробке скоростей. Деталь изготавливается из стали 20ХГНМ, подвергается нитроцементации на глубину 0,4...0,7 мм, закалке и низкому отпуску. Твердость поверхности ≥ 58 HRC. Твердость сердцевины у основания зуба 32...45 HRC.

Блок шестерен имеет 2 зубчатых венца: прямозубый, который служит для передачи крутящего момента к шпинделю напрямую и косозубый – для обеспечения передачи на реверс.

У прямозубого колеса модуль равен 2,75, а число зубьев – 14. У косозубого колеса модуль равен 2,0, число зубьев 39, угол наклона зубьев 29^0 . Венец выполнен косозубым для обеспечения плавности зацепления и уменьшения уровня шума в КС.

Блок шестерен имеет внутренние шлицы для восприятия и передачи крутящего момента от вала, а также для перемещения блока вдоль вала.

1.2 Классификация поверхностей детали.

Исполнительные поверхности – поверхности детали, выполняющие ее служебное назначение. [1]

Основные конструкторские базы – базы, определяющие положение детали в сборочной единице.

Вспомогательные конструкторские базы – поверхности, определяющие положение присоединяемых деталей относительно данной.

Свободные поверхности – поверхности, не указанные во всех вышеперечисленных пунктах.

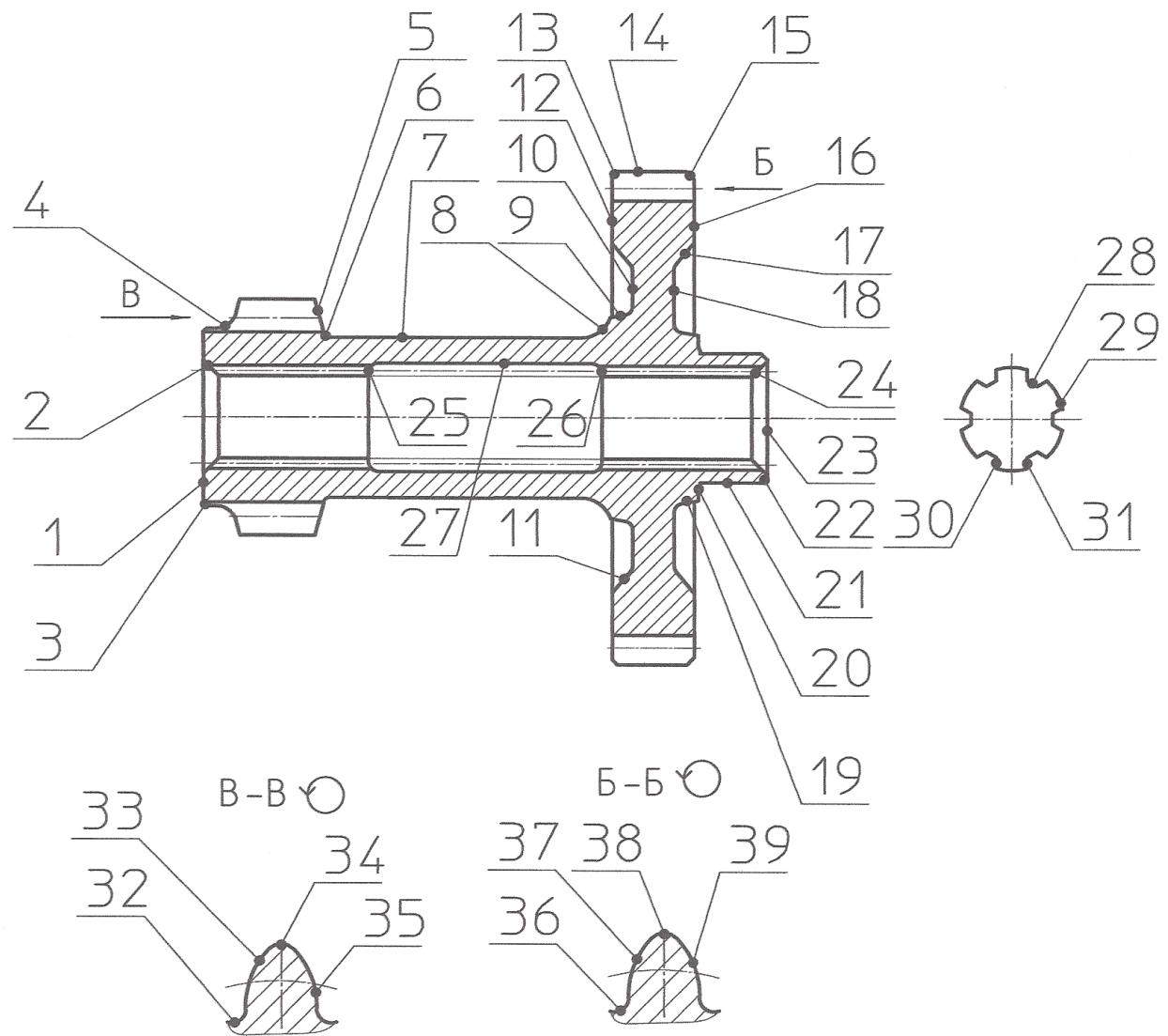


Рис. 1.1. Обозначение поверхностей детали

Таблица 1.1 - Классификация поверхностей.

№	Вид поверхности	Номер поверхности
1	Исполнительные поверхности	30, 31, 33, 35, 37, 39
2	Основные конструкторские базы	1, 12, 16, 21
3	Вспомогательные конструкторские базы	4, 5, 13, 15
4	Свободные поверхности	остальные

1.3 Анализ требований к поверхностям детали.

Пользуясь источником литературы [2] проанализируем химический состав и физико-механические свойства материала детали. Данные занесем в табл. 1.2 и 1.3.

Таблица 1.2 - Химический состав стали 20ХГНМ

Хим. Элемент	Содержание, %
С (углерод)	0,18...0,23
Si (кремний)	0,17...0,37
Mn (марганец)	0,7...1,1
Ni (никель)	0,4...0,7
S (сера)	до 0,035
P (фосфор)	до 0,035
Cr (хром)	0,4...0,7
Mo (молибден)	0,15...0,25
Cu (медь)	до 0,3
Fe (железо)	остальное

Таблица 1.3 - Физико-механические свойства стали 20ХГНМ

σ_t	σ_b	δ_5	KСU	HB
МПа	МПа	%	Дж/см ²	Не более
930	1180	7	590	210

Согласно данным таблиц 1.2 и 1.3 свойства стали 20ХГНМ ГОСТ 4543-71 по характеристикам соответствуют необходимым требованиям нашей детали.

Заготовку для детали можно получить прокатом или штамповкой на горизонтальном кривошипном прессе. И в том, и в другом случае форма заготовки получится достаточно простая.

Условиями работы детали продиктованы требования по шероховатости и точности поверхностей. Снижение точности поверхностей приведет с снижению позиционирования детали в узле и снижению надежности узла в целом.

Конструкцией детали предусмотрены технологические канавки для выхода резца и шлифовального круга.

Конструкция детали позволяет свободно обрабатывать механическим способом и измерять любую поверхность. Это позволяет применять в основном универсальный, а реже специализированный инструмент.

Таким образом, проанализировав требования, предъявляемые к поверхностям детали, можно сделать вывод о достаточной ее технологичности.

1.4 Формулировка задач работы.

Выполнив анализ технических требований, сформулируем задачи, которые будут решаться для достижения цели работы: разработка технологического процесса изготовления блока шестерен, входящего в коробку скоростей универсального фрезерного станка, заданного качества с минимальной себестоимостью:

- 1) Выбрать метод получения и спроектировать заготовку.
- 2) Разработать технологический маршрут и план изготовления блока.
- 3) Спроектировать станочное приспособление для техпроцесса.
- 4) Спроектировать режущий инструмент.
- 5) Выполнить анализ безопасности и экологичности технического объекта.
- 6) Выполнить расчет экономической эффективности.

2 ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ РАБОТЫ

2.1 Определение типа производства.

Для формирования стратегии разработки техпроцесса выберем тип производства, который зависит на первом этапе от массы детали и годовой программы выпуска. Для нашего случая ($m = 2,1$ кг, $N_g = 5000$ шт/год) выберем тип производства из табл. 2.1. [3]

Таблица 2.1. Определение типа производства

Масса детали, кг	Количество изготавливаемых одинаковых деталей в год, шт				
	Единичное	Мелко-серийное	Средне-серийное	Крупно-серийное	Массовое
< 1	< 100	100-2000	1500-100000	75000-200000	>200000
1,0 - 2,5	< 100	100-1000	1000-50000	50000-100000	>100000
2,5 – 5,0	< 100	100-500	500-35000	35000-75000	>75000
5,0 - 10	< 10	10 – 300	300-25000	25000-50000	>50000
10 - 30	< 10	10 – 200	200-10000	10000-25000	>25000
> 30	< 5	5 - 100	100-300	300-1000	>1000

В данном случае, исходными данными, определяющими тип производства, является масса детали и заданная программа выпуска. Масса нашей детали: $m=2,1$ кг, а заданная программа выпуска детали – 5000 штук в год.

Для массы детали 1,0-2,5 кг и при $N_g = 1500-100000$ штук в год получаем среднесерийное производство.

2.2 Выбор стратегии разработки техпроцесса.

В зависимости от типа производства выберем оптимальную стратегию разработки техпроцесса – принципиальный подход к определению его

составляющих (показателей техпроцесса), способствующий обеспечению заданного выпуска деталей, заданного качества с наименьшими затратами.

Таблица 2.2 - Стратегия разработки ТП.

Показатель ТП.	Средне-серийный тип производства.
1. Форма организации.	Переменно-поточная.
2. Повторяемость изделий.	Периодическое повторение партий.
3. Унификация ТП.	Разработка специальных ТП на базе типовых.
4. Вид стратегии разработки ТП.	Все виды.
5. Заготовка.	Профильный прокат, литьё в кокиль, горячая штамповка.
6. Припуск на обработку.	Незначительный.
7. Расчёт припусков.	Подробный, по переходам.
8. Оборудование.	Универсальное, отчасти специализированное.
9. Загрузка оборудования.	Периодическая смена деталей на станках.
10. Коэффиц. закрепления операций.	Свыше 1 до 20.
11. Расстановка оборудования	С учётом характерного направления грузопотоков.
12. Настройка станков.	По измерительным инструментам и приборам.
13. Оснастка.	Универсальная и специальная.
14. Подробность заготовки.	Операционные карты.
15. Расчёт режимов резания.	По отраслевым нормативам и эмпирическим формулам.
16. Нормирование.	Детальное, пооперационное.
17. Квалификация рабочих.	Невысокая.

2.3 Выбор метода получения заготовки.

Метод получения заготовки определяем в зависимости от свойств обрабатываемого материала, типа детали, сложность формы детали, типа производства.

Конструктор, при назначении материала детали, его характеристики, конструкции, во многом уже предопределяет выбор метода получения заготовки.

Для данной детали в качестве заготовки рассмотрим два варианта ее получения:

1 – поковка, полученная методом горячей объемной штамповки на горизонтальном кривошипном штамповочном прессе (ГКШП);

2 – отливка в кокиль.

Вариант 1. Заготовка изготовлена методом горячей объемной штамповки на ГКШП.

Стоимость заготовки определяется по формуле:

$$C_{заг} = (C_{шт} \ h_t \ h_c \ h_b \ h_m \ h_n)Q, \quad (2.1)$$

где $C_{шт}$ – базовая стоимость одного килограмма штампованных заготовок, руб;

h_t, h_c, h_b, h_m, h_n – коэффициенты, зависящие от класса точности, группы сложности, вида деталей, материала изделия и типа производства.

За базу принимается стоимость 1 кг штамповок в зависимости от вида материала. Для материала 20ХГНМ стоимость одного кг по табличным значениям принимаем 38,26 руб.

Коэффициенты: $h_t = 1,0$;

$h_c = 0,9$;

$h_b = 1,15$;

$h_m = 1,98$;

$h_n = 1,0$; [4]

$Q = 2,4$ кг – масса заготовки.

Подставляя значения получим:

$$C_{заг} = (38,26 \ 1,0 \ 1,98 \ 0,9 \ 1,15 \ 1,0) \ 2,4 = 188,175 \text{, руб.}$$

Вариант 2. Стоимость заготовки, полученной литьем в кокиль, определяем по формуле (2.1):

$$C_{заг(л)} = (C_{ом} \ h_m \ h_c \ h_e \ h_m \ h_n) Q_{заг}, \quad [5]$$

где $C_{ом}$ – базовая стоимость одного килограмма литьых заготовок в кокиль, руб;

h_t – коэффициент, зависящий от класса точности отливки, для второго класса $h_t = 1,03$;

h_c – коэффициент, зависящий от группы сложности. В нашем случае для третьей группы сложности $h_c = 1,0$; [7]

h_e – коэффициент, зависящий от способа получения отливки, $h_e = 1,0$;

h_m – коэффициент, зависящий от марки материала, для легированной стали $h_m = 2,4$;

h_n – коэффициент, зависящий от объема производства, при третьей группе серийности $h_n = 1,0$.

$$C_{заг} = (61,91 \ 1,03 \ 1,0 \ 1,0 \ 2,4 \ 1,0) \ 2,2 = 336 \text{, руб.}$$

Вывод: таким образом, по технологической себестоимости, наиболее экономным является вариант изготовления детали из заготовки, полученной методом штамповки.

2.4 Выбор методов обработки поверхностей.

На основе полученных данных составим последовательность методов обработки поверхностей заготовки. Полученные данные сведем в таблицу 2.3.

Таблица 2.3 - Последовательность методов обработки.

№ пов.	IT	Ra	Последовательность методов обработки
1	8	1,6	Центровально-подрезная, Шлифовальная

Продолжение табл. 2.3

2	10	20	Сверлильная
3	7	0,8	Токарная
4	10	5	Токарная, Зубоскашивательная
5	8	1,6	Токарная, Зубоскашивательная
6	10	5	Токарная
7	10	5	Токарная
8	10	5	Токарная
9	10	5	Токарная
10	10	5	Токарная
11	10	5	Токарная
12	10	5	Токарная
13	10	5	Токарная
14	8	5	Токарная
15	8	5	Токарная
16	10	5	Токарная
17	8	5	Токарная
18	10	5	Токарная
19	8	5	Токарная
20	8	5	Токарная
21	6	0,32	Токарная, Шлифовальная
22	8	10	Токарная
23	8	5	Токарная, Центровально-подрезная
24	8	5	Сверлильная
25	10	10	Токарная
26	10	10	Токарная
27	10	10	Токарная
28	8	5	Зубофрезерная
29	7	0,63	Токарная, Шлифовальная

Продолжение табл. 2.3

30	7	0,63	Зубофрезерная, Шлифовальная
31	7	0,63	Зубофрезерная, Шлифовальная
32	8	5	Зубофрезерная
33	7	0,63	Зубофрезерная, Шевинговая
34	7	0,63	Токарная, Шлифовальная
35	7	0,63	Зубофрезерная, Шевинговая
36	8	5	Зубофрезерная
37	7	0,63	Зубофрезерная, Шевинговая
38	7	0,63	Токарная, Шлифовальная
39	7	0,63	Зубофрезерная, Шевинговая

2.5 Разработка технологического маршрута изготовления детали.

Исходя из вышеперечисленных условий и последовательности методов обработки, составим технологический маршрут обработки. Полученные данные сведем в таблицу 2.4.

Таблица 2.4 - Технологический маршрут обработки

№	Название операции	IT	Ra	Тип оборудования
010	Агрегатная	10	5	Агрегатный станок с автоматической загрузкой «ВАЗ»
020	Токарная	10	5	Токарный станок с ЧПУ 16К20Ф3
030	Шлифовальная	8	1,6	Круглошлифовальный станок мод. ХС3
040	Протяжная	8	1,6	Гоизонтально-протяжной станок
050	Зубофрезерная	10	5	Вертикальный зубофрезерный станок
060	Зубофрезерная	10	5	Вертикальный зубофрезерный станок

Продолжение табл. 2.4

070	Зубофасочная	10	5	Зубофасочный станок
080	Зубофасочная	10	5	Зубофасочный станок
090	Зубошевинговая	8	1,25	Зубошевинговый станок
100	Зубошевинговая	8	1,25	Зубошевинговый станок
110	Торцекруглошлифовальная	7	0,63	Торцекруглошлифовальный станок мод. ЗБ153
120	Внутришлифовальная	7	0,63	Внутришлифовальный станок мод. ЗК227
130	Термическая			
140	Моечная			Камерная моечная машина
150	Контрольная			Контрольный стол

2.6 Расчет припусков.

Способ получения заготовки выбираем наиболее экономичный при заданном объеме производства. На выбор формы, размеров и способа получения заготовки большое значение имеет конструкция и материал деталей. Вид заготовки оказывает большое влияние на характер технологического процесса, трудоемкость и экономичность производства.

При затруднении выбора способа получения заготовки прибегают к технико-экономическому расчету двух и более выбранных вариантов.

После обоснования назначаем технические требования на ее изготовление.

Для расчета по блоку шестерен выбираем поковку, полученную методом горячей объемной штамповки на горизонтальном штамповочном прессе (ГКШП) и прокат.

Расчет припусков.

Расчет припусков выполняем аналитическим методом (на 1 диаметр $\varnothing 37^{+0,018}_{-0,002}$), остальные припуски принимаем по таблицам.

Исходные данные:

$$D=37k6(^{+0,018}_{-0,002}); L=95 \text{ мм}; Ra=0,63.$$

Решение:

Припуск на самую точную поверхность $\varnothing 37k6$ рассчитываем по переходам:

- 1) Токарная черновая обработка.
- 2) Токарная чистовая обработка.
- 3) Шлифование черновое.
- 4) Шлифование чистовое.

Результаты всех расчетов заносим в таблицу, начиная с заготовительной операции, заканчивая окончательной обработкой.

Для каждого перехода определяем суммарную величину

$$a = Rz + h_d, \text{ где}$$

Rz – высота неровностей профиля поверхности, мм;

h_d – глубина дефектного слоя, мм.

Значения заносим в графу 5 таблицы 2.5.

По формуле

$\Delta = 0,25 \cdot Td$ [7] определяем суммарное отклонение формы и расположения поверхностей после обработки на каждом переходе:

$$\Delta_0 = 0,25 \cdot 1,6 = 0,400, \text{ мм.}$$

$$\Delta_{01} = 0,25 \cdot 0,25 = 0,063, \text{ мм.}$$

$$\Delta_{02} = 0,25 \cdot 0,100 = 0,025, \text{ мм.}$$

$$\Delta_{03} = 0,25 \cdot 0,100 = 0,025, \text{ мм.}$$

$$\Delta_{04} = 0,25 \cdot 0,016 = 0,004, \text{ мм.}$$

По [] определяем погрешность установки ε заготовки в приспособлении на каждом переходе. В нашем случае до термообработки заготовка устанавливается в трехкулаковом самоцентрирующем патроне, так как присутствуют большие силы резания и обеспечивается достаточная точность.

Определяем предельные значения припусков на обработку для каждого перехода, кроме О и ТО.

$$Z_{\min} = a_{i-1} + \sqrt{C_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2} .$$

Здесь и далее индекс i означает, что параметр относится к данному переходу, индекс $i-1$ – к предыдущему переходу, а индекс $i+1$ – к последующему.

$$Z_{1\min} = a_0 + \sqrt{C_0^2 + \varepsilon_1^2} = 0,4 + \sqrt{0,4^2 + 0,025^2} = 0,801, \text{ мм.}$$

$$Z_{2\min} = a_1 + \sqrt{C_1^2 + \varepsilon_2^2} = 0,2 + \sqrt{0,063^2 + 0,025^2} = 0,268, \text{ мм.}$$

$$Z_{3\min} = a_{TO} + \sqrt{C_{TO}^2 + \varepsilon_3^2} = 0,25 + \sqrt{0,04^2 + 0,012^2} = 0,292, \text{ мм.}$$

$$Z_{4\min} = a_3 + \sqrt{C_3^2 + \varepsilon_4^2} = 0,05 + \sqrt{0,01^2 + 0,012^2} = 0,066, \text{ мм.}$$

Максимальное значение припуска определяем по формуле

$$Z_{i\max} = Z_{i\min} + 0,5(Cd_{i-1} + Td_i).$$

$$Z_{1\max} = Z_{1\min} + 0,5(Cd_0 + Td_1) = 0,801 + 0,5(0,6 + 0,25) = 1,714, \text{ мм.}$$

$$Z_{2\max} = Z_{2\min} + 0,5(Cd_1 + Td_2) = 0,268 + 0,5(0,25 + 0,100) = 0,443, \text{ мм.}$$

$$Z_{3\max} = Z_{3\min} + 0,5(Cd_2 + Td_3) = 0,292 + 0,5(0,16 + 0,100) = 0,422, \text{ мм.}$$

$$Z_{4\max} = Z_{4\min} + 0,5(Cd_3 + Td_4) = 0,066 + 0,5(0,039 + 0,016) = 0,094, \text{ мм.}$$

Значения заносим в графы 8 и 9 таблицы 2.5, округляя их в сторону увеличения до того знака после запятой, с каким задан допуск на размер для данного квалитета точности.

Определяем среднее значение припуска для каждого перехода по формуле

$$Z_{cp} = 0,5(C_{i\max} + Z_{i\min}).$$

$$Z_{cp1} = 0,5(C_{1\max} + Z_{1\min}) = 0,5(1,714 + 0,801) = 1,258, \text{ мм.}$$

$$Z_{cp2} = 0,5(C_{2\max} + Z_{2\min}) = 0,5(0,443 + 0,268) = 0,356, \text{ мм.}$$

$$Z_{cp3} = 0,5(C_{3\max} + Z_{3\min}) = 0,5(0,422 + 0,292) = 0,357, \text{ мм.}$$

$$Z_{cp4} = 0,5(C_{4\max} + Z_{4\min}) = 0,5(0,094 + 0,066) = 0,080, \text{ мм.}$$

Расчет начинаем с последнего пятого перехода, для которого на чертеже задан размер $\text{Ø}37k6(^{+0,018}_{+0,002})$. Поскольку маршрут содержит термообработку, то примем во внимание увеличение размеров на 0,1%, то есть

$$d_{(TO-1)\min} = d_{TO\min} \cdot 0.999.$$

$$d_{4\min} = 37,002 \text{ мм.}$$

$$d_{4\max} = 37,018 \text{ мм.}$$

$$d_{3\min} = d_{4\max} + 2Z_{4\min} = 37,018 + 2 \cdot 0,066 = 37,150, \text{ мм.}$$

$$d_{3\max} = d_{3\min} + Td_4 = 37,150 + 0,016 = 37,166, \text{ мм.}$$

$$d_{T\min} = d_{3\max} + 2Z_{3\min} = 37,166 + 2 \cdot 0,292 = 37,750, \text{ мм.}$$

$$d_{T\max} = d_{T\min} + Td_{T\min} = 37,750 + 0,0160 = 37,910, \text{ мм.}$$

$$d_{2\min} = d_{T\min} - 0,999 = 37,910 - 0,999 = 37,712, \text{ мм.}$$

$$d_{2\max} = d_{2\min} + Td_2 = 37,712 + 0,100 = 37,812, \text{ мм.}$$

$$d_{1\min} = d_{2\max} + 2Z_{2\min} = 37,812 + 2 \cdot 0,268 = 38,348, \text{ мм.}$$

$$d_{1\max} = d_{1\min} + Td_1 = 38,348 + 0,250 = 38,598, \text{ мм.}$$

$$d_{0\min} = d_{1\max} + 2Z_{1\min} = 38,598 + 2 \cdot 0,801 = 40,200, \text{ мм.}$$

$$d_{0\max} = d_{0\min} + Td_0 = 40,200 + 1,6 = 41,800, \text{ мм.}$$

Округляем значения d_{\min} и d_{\max} в сторону увеличения и заносим в графы 11 и 12 таблицы 2.5.

Определяем средние значения размера для каждого перехода по формуле

$$d_{cp_i} = 0,5(d_{i\max} + d_{i\min}).$$

$$d_{cp0} = 0,5(d_{0\max} + d_{0\min}) = 0,5(40,223 + 41,823) = 41,023, \text{ мм.}$$

$$d_{cp1} = 0,5(d_{1\max} + d_{1\min}) = 0,5(38,371 + 38,621) = 38,496, \text{ мм.}$$

$$d_{cp2} = 0,5(d_{2\max} + d_{2\min}) = 0,5(37,835 + 37,735) = 37,785, \text{ мм.}$$

$$d_{cp3} = 0,5(d_{3\max} + d_{3\min}) = 0,5(37,933 + 37,773) = 37,853, \text{ мм.}$$

$$d_{cp4} = 0,5(d_{4\max} + d_{4\min}) = 0,5(37,018 + 37,002) = 37,010, \text{ мм.}$$

Значения заносим в графу 13 таблицы 5.2.

Определяем общий припуск на обработку по формулам

$$2Z_{\min} = d_{0\min} - d_{4\max}.$$

$$2Z_{\max} = 2Z_{\min} + Td_0 + Td_4.$$

$$2Z_{cp} = 0,5(2Z_{\min} + 2Z_{\max}).$$

$$2Z_{\min} = 40,200 - 37,018 = 3,182, \text{ мм.}$$

$$2Z_{\max} = 3,182 + 1,600 + 0,016 = 4,798, \text{ мм.}$$

$$2Z_{cp} = 0,5 \cdot 182 + 4,789 = 3,99 \text{, мм.}$$

Значения $2Z_{\min}$, $2Z_{\max}$ и $2Z_{cp}$ заносим в нижнюю строку в графы 8, 9 и 10 таблицы 5.2.

Схема расположения допусков приведена на рисунке 2.1.

Таблица 2.5 - Припуски и операционные размеры на пов. $\text{Ø}37\text{k}6(^{+0,018}_{-0,002})$ мм.

№ пов.	Наименов. перехода	Точность		Составляющие припуска			Припуск, мм			Предельные размеры, мм		
		IT	Td, мм	a	Δ	ε	Z_{\min}	Z_{\max}	Z_{cp}	d_{\min}	d_{\max}	d_{cp}
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
0	Штамповка	16	1,6	0,4	0,4	-	-	-	-	40,200	41,8	41,023
1	Точение черновое	12	0,25	0,2	0,063	0,025	0,801	1,714	1,258	38,348	38,598	38,496
2	Точение чистовое	9	0,1	0,1	0,025	0,025	0,268	0,443	0,356	37,712	37,812	37,785
3	Термическая обработка	10	0,16	0,25	0,04	-	-	-	-	37,750	37,910	37,853
4	Шлифование черновое	8	0,039	0,39	0,01	0,012	0,292	0,422	0,357	37,150	37,166	37,169
5	Шлифование чистовое	6	0,01	0,05	0,004	0,012	0,06	0,094	0,080	37,002	37,018	37,010
Суммарный припуск $2Z$							$2Z_{\min}=3,182$	$2Z_{\max}=4,789$	$2Z_{\text{cp}}=3,99$			

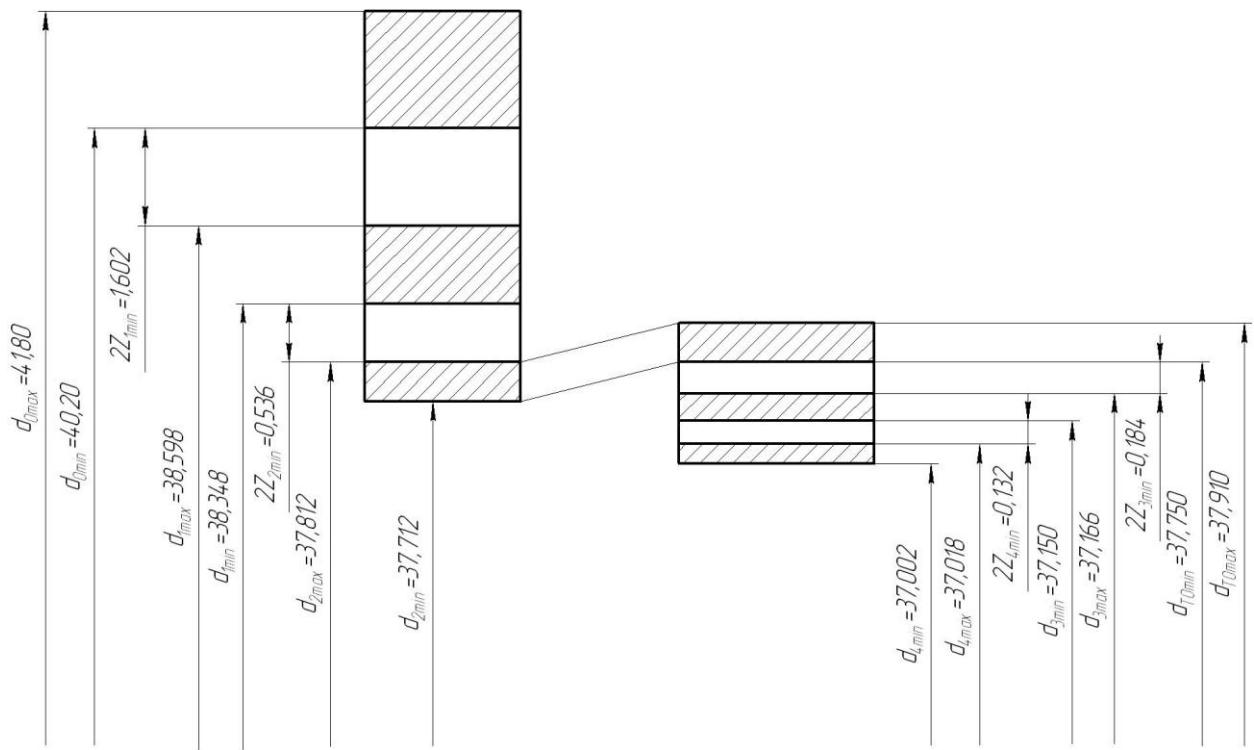


Рис. 2.1. Схема расположения припусков и полей допусков на пов. $\varnothing 37k6(+0.018, -0.002)$.

2.7 Выбор оборудования и средств технологического оснащения.

Так как производство среднесерийное, то в качестве оборудования выбираем универсальные и специализированные станки, в основном с программным управлением. Результаты выбора станков, приспособлений, мерительного и режущего инструмента представлены в таблице 2.6.

Таблица 2.6 - Выбор средств технологического оснащения

№ опер	Наименование операции	Наменование и модель станка	Приспособление	Режущий инстру- мент	Меритель- ный инструмент
10	Агрегатная сверлильно- расточная	Агрегатный сверлильно- расточкой станок мод. Г9С2П2ЕБ2	УНП с самоцентрирую- щими призмами и пневмоприводом	Фрезы торц. 2214-0159 ГОСТ 22736-87; Резец 2141-0560 ГОСТ 18872-78 ГОСТ 12195-86	Калибр- пробка ГОСТ 14827-73; Шаблон ГОСТ 2534

Продолжение табл. 2.6

20	Токарная программная	Токарный станок с ЧПУ мод. SAMAT- 400ХС	Патрон поводковый с центром. Центр вращающийся тип А ГОСТ 8742-75	Резец токарный проходной сборный с механическим креплением твердосплавных пластин. Пластина 3-х- гранная Т5К10	Калибр- скоба ГОСТ 18355-73; Шаблон ГОСТ 2534- 79
30	Шлифовальная	Кругло- шлифовальный станок мод. ХС3	Патрон поводковый с центром. Центр жесткий упорный ГОСТ 18259-72	Шлифовальный круг 4- 600x30x305 24x16CM28K5	Калибр- скоба ГОСТ 18355-73; Шаблон ГОСТ 2534- 79
40	Протяжная	Горизонтально- протяжной станок мод. 7Б55У		Протяжка для получения прямобочных шилиц 2330 ГОСТ 7943-80	Калибр- пробка ГОСТ 14287-73; Спец. шаблон
50	Зубофрезерная	Вертикальный зубофрезерный станок мод. ABC-A23	Специальная оправка; Центры жесткие ГОСТ 18259-72	Червячная фреза	Приспособл ение для комплексно го контроля зуба
60	Зубофрезерная	Вертикальный зубофрезерный станок мод. ABC-A23	Специальная оправка; Центры жесткие ГОСТ 18259-72	Червячная фреза	Приспособл ение для комплексно го контроля зуба
70	Зубофасочная	Зубофасочный станок мод.	Специальная оправка	Ролик фасочный, резец, державка с	Специальн. шаблон

Продолжение табл. 2.6

		ABC-К3	разжимная	твердосплавными пластинами	
80	Зубофасочная	Зубофасочный станок мод. ABC-К3	Специальная оправка разжимная	Ролик фасочный, резец, державка с твердосплавными пластинами	Специальн. шаблон
90	Зубошевинговая	Зубошевинговый станок мод. ABC-B02	Специальная оправка разжимная	Шевер 2570-0386 ГОСТ 8570-80	Прибор для комплексного контроля зуба
100	Зубошевинговая	Зубошевинговый станок мод. ABC-B02	Специальная оправка разжимная	Шевер 2570-0386 ГОСТ 8570-80	Прибор для комплексного контроля зуба
110	Торцевкруглошлифовальная	Торцевкруглошлифовальный станок мод. ЗБ153	Оправка разжимная. Жесткие центры.	Шлифовальный круг из норм. Электрокорунда марки 24А, зернист. М25, твердостью К6 на керамич. основе V ГОСТ Р 52871-2007	Скоба, специальн.; Шаблон
115	Торцевкруглошлифовальная	Торцевкруглошлифовальный станок мод. ЗБ153	Оправка разжимная. Жесткие центры.	Шлифовальный круг из норм. Электрокорунда марки 24А, зернист. М25, твердостью К6 на керамич. основе V ГОСТ Р 52871-2007	Скоба, специальн.; Шаблон

Продолжение табл. 2.6

120	Внутришлифовальнаяная	Внутришлифовальный станок мод. 3К227	Специальный патрон с закреплен. Через ролики зубчатого венца	Шлифовальный круг из норм. Электрокорунда 24A, зернист. M25, твердостью K6 на керамич. основе V ГОСТ Р 52871-2007	Калибр-пробка
130	Контрольная	Стенд контрольный			Эталон прибор комплексного контроля

2.8 Расчет режимов обработки.

2.8.1 Расчет режимов резания на операции точения.

Губина резания $t=1,25$ мм.

Подача $S=0,36\dots0,625$ мм/об. [9].

Скорость резания V рассчитывается по формуле:

$$V = \frac{C_V}{T^m \cdot t^x \cdot S^y} \cdot K_V, \text{ м/мин,}$$

где C_V , x , m , y – коэффициент и показатели степени для конкретных условий обработки. В данном случае равны: $C_V=350$, $x=0,15$, $m=0,20$, $y=0,35$.

T – период стойкости инструмента, в данном случае $T=90$ мин.

Поправочный коэффициент K_V представляет собой произведение ряда коэффициентов, учитывающих фактическое усилие резания, и рассчитывается по формуле:

$$K_V = K_{MV} \cdot K_{nV} \cdot K_{uV},$$

где $K_{nV} = 0,8$ – коэффициент, учитывающий состояние поверхности;

$K_{uV} = 1,15$ – коэффициент, учитывающий материал инструмента;

$K_{MV} = 0,8$ – коэффициент, учитывающий влияние материала заготовки.

Подставляя полученные величины, получим значение поправочного коэффициента:

$$K_V = 0.8 \cdot 1.15 \cdot 0.8 = 0.736 .$$

Подставляя полученные данные в формулу (8.1), найдем величину скорости резания:

$$V = \frac{350}{90^{0.2} \cdot 1.3^{0.15} \cdot 0.65^{0.35}} \cdot 0.736 = 138 \text{ м/мин.}$$

Частоту вращения шпинделя n рассчитаем по формуле:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} \text{ об/мин,}$$

где D – диаметр заготовки, мм;

V – скорость резания, м/мин.

Подставляя значения в формулу, получим величину частоты n:

$$n = \frac{1000 \cdot 138}{3.14 \cdot 41} = 1417 \text{ , об/мин.}$$

Принимаем: фактическое значение частоты вращения шпинделя n=1250 об/мин.

Затем уточним скорость резания по формуле:

$$V = \frac{n \cdot \pi \cdot D}{1000} \text{ , м/мин.}$$

где D – диаметр заготовки, мм;

n – частота вращения шпинделя, об/мин.

Подставляя значения, находим, что фактическая скорость резания равна:

$$V = \frac{1250 \cdot 3.14 \cdot 41}{1000} = 121 \text{ , м/мин.}$$

Принимаем скорость резания для продольного точения самого малого диаметра V = 121 м/мин.

Машинное время рассчитаем по формуле:

$$T_{МАШ} = \frac{\sum L_i \cdot i}{n \cdot \sum S_i},$$

где L – длина рабочего хода, равная в нашем случае $L = 182$ мм.

Подставляя данные, получим:

$$T_{МАШ} = \frac{182 \cdot 1}{520 \cdot 0.5} = 0.7 \text{, мин.}$$

Штучное время найдем по формуле:

$$T_{ШТ} = T_M + T_B + T_{П-3}, \text{ мин,}$$

где $T_B = 0,2$ – вспомогательное время;

$T_{П-3} = 0,1$ – подготовительно-заготовительное время;

T_M – машинное время.

Подставив исходные данные, получим:

$$T_{МАШ} = 0.78 + 0.2 + 0.1 = 1.0, \text{ мин.}$$

2.8.2 Расчет режимов резания для операции фрезерования.

$Z = 14$ – число зубьев венца П.

$L_{рез} = 15$ мм – длина резания, равная ширине зубчатого венца П (поверхность 3).

$y = 20$ – величина подвода врезания и перебега.

$\varepsilon = 3$ – число заходов фрезы.

$L_{р.х.} = L_{рез} + y$ – длина рабочего хода фрезы.

$S_0 = 2,1$ мм/об – подача.

$V_{рез} = 63$ м/мин – скорость резания.

Величины подачи и скорости резания выбираем, исходя из общих машиностроительных нормативов.

$D = 110$ мм – диаметр фрезы.

Исходя из этих величин, находим частоту вращения шпинделя станка по формуле:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 63}{\pi \cdot 110} \approx 182, \text{ мин}^{-1}.$$

Принимаем фактическую частоту вращения шпинделя $n = 160$ мин $^{-1}$.

Подставляя значения, находим, что фактическая скорость резания равна:

$$V = \frac{160 \cdot 3.14 \cdot 110}{1000} = 62,9 \text{, м/мин.}$$

Машинное время рассчитаем по формуле:

$$T_{MASH} = \frac{\sum L_i \cdot i}{n \cdot \sum S_i} = \frac{35 \cdot 14}{2,1 \cdot 160 \cdot 3} = 0,43 \text{, мин.}$$

Штучное время найдем по формуле:

$$T_{шт} = T_M + T_B + T_{\Pi-3} \text{, мин,}$$

где $T_B = 0,2$ – вспомогательное время;

$T_{\Pi-3} = 0,1$ – подготовительно-заготовительное время;

T_M – машинное время.

Подставив исходные данные, получим:

$$T_{MASH} = 0,43 + 0,2 + 0,1 = 0,73 \text{, мин.}$$

2.8.3 Расчет режимов резания для зубофасочной операции.

В данном случае, так как снятие фасок происходит методом пластического деформирования, расчет ведем следующим образом. Скорость резания является разницей между векторами V_K и V_D , представляющими соответственно окружную скорость инструмента и зубодолбежного колеса в точке входа в зацепление – Р. $V_{рез}$ заключено между 40 и 70 м/мин.

$z_K = 87$ – число зубьев зубофасочного колеса;

$z_D = 39$ – число зубьев зубчатого венца детали;

$r_K = 102,85 \text{ мм}$ – радиус зубофасочного колеса;

$r_D = 47,84 \text{ мм}$ – радиус зубчатого венца детали;

$n_K = 87 \text{ мин}^{-1}$ – частота вращения зубофасочного колеса;

$n_D = n_K z_K / z_D = 356,9$ - частота вращения зубчатого венца детали.

$i = 142,12$ – межосевое расстояние.

Тогда:

$$\cos \beta = \frac{i^2 + r_K^2 - r_D^2}{2 \cdot i \cdot r_K} = \frac{142.12^2 + 102.85^2 - 47.84^2}{2 \cdot 142.12 \cdot 102.85} = 0.9745 \quad - \quad \text{косинус}$$

полярного угла детали.

$$\cos \beta = \frac{i^2 + r_D^2 - r_K^2}{2 \cdot i \cdot r_D} = \frac{142.12^2 + 47.84^2 - 102.85^2}{2 \cdot 142.12 \cdot 47.84} = 0.8758 \quad - \quad \text{косинус}$$

полярного угла колеса.

$$V_D = \frac{2 \cdot \pi \cdot r_D \cdot n_D}{1000} = 107,3, \text{ м/мин.}$$

$$V_K = \frac{2 \cdot \pi \cdot r_K \cdot n_K}{1000} = 103,4, \text{ м/мин.}$$

$$V_{PE3} = V_D^2 + V_K^2 - 2 \cdot V_D \cdot V_K \cdot \cos(\beta + \gamma) = \\ = 107.3^2 + 103.4^2 - 2 \cdot 107.3 \cdot 103.4 \cdot \cos 41.82 = 56.7 \text{ м/мин.}$$

3 ПРОЕКТИРОВАНИЕ СТАНОЧНОГО ПРИСПОСОБЛЕНИЯ

3.1 Расчет патрона специального с кулачками.

Патрон специальный с кулачками состоит из корпуса 26, клина 27, подкулачников 7 с центром 31 с поводками 30 и кулачков 29.

Цапфа удерживается в патроне крышкой 9. Перемещение подкулачников 7 осуществляется штоком синхронизирующим 13 и поджимается к цапфам пружиной 5. С тягой станка патрон соединен муфтой 17, закрепленной через наконечник 16 с корпусом клина 26. Рабочий ход поводков осуществляется через малую тягу станка путем перемещения поршня 32.

Балансирование патронов осуществляется на балансировочном станке с классом точности не выше третьего по ГОСТ 22061-76 путем регулирования положения пробок 25 в корпусе 8 и крышке 9.

Принцип работы патрона:

Деталь с предварительных призм задним центром досыпается на центр патрона и базируется. От усилия малой тяги станка через поршень 32 и 33 поводки 30 врезаются в деталь. От усилия большой тяги станка через муфту 17, наконечник 16, пружину 5 и шток синхронизатора 13 идет перемещение подкулачника 7 с кулачками 39 в зону зажима обрабатываемой детали до соприкосновения подкулачников 7 с цапфами 11. После соприкосновения последних пружина 5 сжимается, а корпус клина 26 с клином 27 продолжают движение, благодаря чему мы зажимаем обрабатываемую деталь по наружной поверхности, и происходит обработка правой части детали.

После окончания обработки большая тяга станка отходит назад, благодаря чему корпус клина 26 с клином 27 также отходят назад, освобождая подкулачники 7 от усилия зажима. Однако, последние за счет усилия пружины 5 остаются на месте до момента соприкосновения стакана упорного 19 со штоком синхронизатора 13, после чего шток синхронизатора отводит подкулачники с кулачками в исходное положение, происходит окончательная обработка детали (левой части).

Малая тяга станка отводит поршень 32. За счет усилия пружины 54 через плунжер 51 поводки 30 отводятся в исходное положение, задний центр отводится, деталь падает в предварительные опоры, после чего загрузочное устройство переносит обработанную деталь на межоперационный транспорт.

3.2 Расчет сил резания.

Максимальное значение P_z будет при обтачивании венцов.

Венец реверсивной передачи: [11]

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p = 10 \cdot 300 \cdot 1.25^1 \cdot 0.625^{0.75} \cdot 195^{-0.15} \cdot 0.89 = 1063.7, \text{ Н.}$$

Венец прямой передачи движения на шпиндель:

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p = 10 \cdot 300 \cdot 1.25^1 \cdot 0.625^{0.75} \cdot 270^{-0.15} \cdot 0.89 = 1013.4, \text{ Н.}$$

Где:

$C_p = 300$;

$x = 1$;

$y = 0,75$;

$n = -0,15$ – коэффициент и показатели степени при конкретных условиях обработки;

$K_p = 0,89$ – поправочный коэффициент;

S – подача;

V – скорость резания.

3.3 Расчет силы вдавливания поводков.

Сила для вдавливания поводков в торец обрабатываемой детали при угле конусности центра 60^0 равна:

$$Q \geq \frac{\pi \cdot P_z \cdot D}{D_1} = \frac{3.14 \cdot 1063.7 \cdot 48.5}{26} = 6233.6, \text{ Н, [12]}$$

где $P_z = 1063,7 \text{ Н}$ – тангенциальная сила резания;

$D = 48,5 \text{ мм}$ – диаметр обрабатываемой поверхности;

$D_1 = 26$ – диаметр поводка.

3.4 Расчет усилия зажима кулачков.

Усилие зажима рассчитывается по формуле:

$$W = \frac{K \cdot P_z \cdot R_0}{f \cdot R} = \frac{1.6 \cdot 1013.4 \cdot 47.84}{0.3 \cdot 22.9} = 11291.1 \text{, H, [12]}$$

где $K = 1,6$ – коэффициент запаса;

$P_z = 1013,4 \text{ H}$ – тангенциальная составляющая силы резания;

$R_0 = 47,84 \text{ mm}$ – радиус обрабатываемой поверхности детали;

f – коэффициент трения;

$R = 22.9 \text{ mm}$ – радиус зажимаемой кулачками части детали.

Рассчитаем усилие привода на штоке:

$$Q = P + \frac{W \cdot K_1 \cdot \left(1 + \frac{3 \cdot a \cdot m}{h}\right) \cdot l_1}{l} = 693 + \frac{1129.1 \cdot 1.2 \cdot \left(1 + \frac{3 \cdot 95 \cdot 0.2}{42}\right) \cdot 9}{38} = 8257.2 \text{, H,}$$

где $P = 693 \text{ H}$ – усилие пружины;

$W = 11291,1 \text{ H}$ – усилие зажима патрона;

$a = 95 \text{ mm}$ – вылет кулачка;

$m = 0,2$ – коэффициент трения между направляющей кулачка и пазом патрона;

$h = 42 \text{ mm}$ – осевой вылет кулачка;

$l_1 = 9 \text{ mm}$ – высота клина;

$l = 38 \text{ mm}$ – длина клина.

3.5 Расчет пружины.

$h = 70 \text{ mm}$;

$D = 12 \text{ mm}$;

$d = 1,6 \text{ mm}$.

1) Относительный инерционный зазор:

$$\delta = 1 - \frac{P_2}{P_3},$$

где P_2 – сила пружины при рабочей деформации;
 P_3 – силы пружины при максимальной деформации.

2) Сила пружины при максимальной деформации:

$$P_3 = \frac{P_2}{1 - \delta},$$

где δ – относительный инерционный зазор.

3) Жесткость одного витка:

$$z_1 = 10,85 \text{ кГс/мм} = 1085 \text{ Н/м} \quad [12]$$

4) Максимальная деформация одного витка:

$$f_3 = 2,8 \text{ мм} \quad [3, \text{табл. 11}]$$

5) Предел прочности на кречение:

$$\sigma_B = 190 \dots 220 \text{ кГс} \cdot \text{мм}^2 \quad [12]$$

6) Максимальное касательное напряжение при кручении:

$$\tau_3 = 0,5 \cdot \sigma_B,$$

где σ_B – предел прочности (временное сопротивление) на кручение.

$$\tau_3 = 0,5 \cdot 190 = 95 \text{ кГс/мм}^2.$$

7) Модуль сдвига:

$$G = 8 \cdot 10^3 \text{ кГс/мм}^2 = 8 \cdot 10^4 \text{ Н/мм}^2.$$

8) Плотность материала:

$$\rho = 8 \cdot 10^{-10} \text{ кГс/мм}^4.$$

9) Критическая скорость сжатия:

$$V_{kp} = \frac{\tau_3 \cdot \left(1 - \frac{P_2}{P_3}\right)}{\sqrt{2 \cdot G \cdot \rho}},$$

где P_2 – сила пружины при рабочей деформации;

P_3 – силы пружины при максимальной деформации;

τ_3 – максимальное касательное напряжение при кручении;

G – модуль сдвига;

ρ – плотность материала.

$$V_{KP} = \frac{95 \cdot 0.1352}{3.58} = 7.17 \text{, м/с.}$$

10) Жесткость пружины:

$$z = \frac{P_2 - P_1}{h} = \frac{P_2}{F_2},$$

где P_2 – сила пружины при рабочей деформации;

P_1 – силы пружины в свободном состоянии;

h – рабочий ход.

$$z = \frac{14.7 - 6.14}{70} = 0.155 \text{, кГс/мм.}$$

11) Число рабочих витков:

$$n = \frac{z_1}{z},$$

где z_1 - жесткость одного витка;

z – жесткость пружины.

$$n = \frac{10.85}{0.155} = 49.5.$$

12) Полное число витков:

$$n_1 = n + n_2,$$

где n – число рабочих витков;

n_2 – число опорных витков.

$$n_1 = 49.5 + 2.5 = 52.$$

13) Средний диаметр пружины:

$$D_0 = D - d,$$

где D – наружный диаметр пружины;

d – диаметр проволоки.

$$D_0 = 12 - 1.6 = 10.4 \text{, мм.}$$

14) Индекс пружины:

$$C = \frac{D_0}{d},$$

где D_0 – средний диаметр пружины.

$$C = \frac{10.4}{1.6} = 6.5.$$

15) Предварительная деформация:

$$F_1 = \frac{P_1}{z},$$

где P_1 – силы пружины в свободном состоянии;

z – жесткость пружины.

$$F_1 = \frac{6.139}{0.155} = 39.6, \text{ мм.}$$

16) Рабочая деформация:

$$F_2 = \frac{P_2}{z},$$

где P_2 – сила пружины при рабочей деформации;

z – жесткость пружины.

$$F_2 = \frac{14.7}{0.155} = 94.83, \text{ мм.}$$

17) Высота пружины при максимальной деформации:

$$H_3 = (n_1 + 1 - n_3) \cdot d,$$

где n_1 – полное число витков

n_3 – число зашлифованных витков.

$$H_3 = (2 + 1 - 2) \cdot 1.6 = 81.6, \text{ мм.}$$

18) Максимальная деформация:

$$F_3 = \frac{P_3}{z},$$

где P_3 – сила пружины при максимальной деформации;

z – жесткость пружины.

$$F_3 = \frac{17}{0.155} = 109.67, \text{ мм.}$$

19) Высота пружины в свободном состоянии:

$$H_0 = H_3 + F_3,$$

где H_3 - высота пружины при максимальной деформации;
 F_3 – максимальная деформация.

$$H_0 = 81.6 + 109.67 \approx 220 \text{ , мм.}$$

20) Высота пружины при предварительной деформации:

$$H_1 = H_0 - F_1,$$

где H_0 - высота пружины в свободном состоянии;
 F_1 – предварительная деформация.

$$H_1 = 220 - 39.6 = 180.4 \text{ , мм.}$$

21) Высота пружины при рабочей деформации:

$$H_2 = H_0 - F_2,$$

где F_2 – рабочая деформация;
 H_0 - высота пружины в свободном состоянии.

$$H_2 = 220 - 94.83 = 125.17 \text{ , мм.}$$

22) Шаг пружины:

$$t = f_3 + d ,$$

где f_3 – максимальная деформация одного витка;
 d – толщина проволоки.

$$t = 2.8 + 1.6 = 4.4 \text{ , мм.}$$

23) Длина развернутой пружины:

$$L = 3.2 \cdot D_0 \cdot n_1 ,$$

где D_0 – средний диаметр пружины;
 n_1 – полное число витков.

$$L = 3.2 \cdot 10.4 \cdot 52 = 1730 \text{ , мм.}$$

24) Масса пружины:

$$Q = 19.25 \cdot 10^6 \cdot D_0 \cdot d \cdot n_1 .$$

$$Q = 19.25 \cdot 10^6 \cdot 10.4 \cdot 1.6 \cdot 52 = 0.166 \text{ , кг.}$$

25) Объем пружины:

$$W = 0.758 \cdot D^2 \cdot H_1.$$

$$W = 0.758 \cdot 122 \cdot 180.4 = 16682 \text{, mm}^3.$$

3.6 Расчет погрешности установки заготовки в приспособление.

Данный раздел выполняется после разработки конструкции патрона и простановки размеров. Погрешность установки определяется по формуле:

$$\varepsilon_y = \sqrt{\varepsilon_B^2 + \varepsilon_3^2 + \varepsilon_{np}^2}, [10]$$

ε_B – погрешность базирования, равная при данной схеме нулю, так как измерительная база используется в качестве технологической;

ε_3 –погрешность закрепления – это смещение измерительной базы под действием сил зажима (в данном случае можно принять $\varepsilon_3 \approx 0$);

ε_{np} – погрешность элементов приспособления, зависящая от точности их изготовления.

Для патрона с клиновым зажимным механизмом погрешность установки находится по формуле:

$$\varepsilon_y = \frac{\omega_{A\Delta}}{2} = 0,5 \cdot \sqrt{\Delta_1^2 + \Delta_2^2 + \Delta_3^2 + \Delta_4^2 + \Delta_5^2},$$

где Δ_1, Δ_3 – погрешности, возникающие вследствие неточности изготовления размеров A_1 и A_3 . ($\Delta_1 = T_{A1}, \Delta_3 = T_{A3}$);

Δ_2, Δ_4 – погрешности из-за колебания зазоров в сопряжениях

$(\Delta_2, \Delta_4 = S_{\max} - S_{\min})$;

Δ_5 – погрешность, появляющаяся из-за неточности изготовления плеч рычага, равная $\Delta_5 = A \cdot \sin \Delta\beta$ ($\Delta\beta$ задавать $0^030', 0^020', 0^010'$).

Погрешность установки не должна превышать величину:

Для черновой обработки:

$E_y^{DOP} = Z_{MIN}^{ЧИСТ}$ ($Z_{MIN}^{ЧИСТ}$) - минимальный припуск на чистовую обработку).

При расчетах в начале точность составляющих размерной цепи задавать по 7 квалитету и только в случае $E_y^{расч} \geq E_y^{\delta_{оп}}$ ужесточать требования по точности размеров, дающих наибольшие погрешности.

Назначая точность по IT7, получаем, что:

$$A_1 = 40h7\text{~mm}^2, \Delta_1 = TA_1 = 0.025\text{~mm};$$

$$A_2 = 10 \frac{H6}{f6},$$

где $S_{h6} = +33$ мкм, $S_{hm} = +10$ мкм;

$$\omega_{S2} = S_{H6} - S_{HM} = 0,033 - 0,10 = 0,023 \text{ MM.}$$

$$A_3 = 50 \text{ } \text{mm}^2, \Delta_3 = TA_3 = 0.025 \text{ } \text{mm};$$

$$A_4 = 8 \frac{H6}{g6} \zeta^{0,013}_{0,008},$$

где $S_{h6} = +39$ мкм, $S_{hm} = +8$ мкм;

$$\omega_{S4} = S_{H6} - S_{HM} = 0,039 - 0,008 = 0,031 \text{ MM.}$$

$$A_5 = 5h7\text{~mm}^2, \Delta_5 = TA_5 = 0.015 \text{~mm}.$$

Подставляя эти данные в формулу (4.21), найдем погрешность установки:

$$\varepsilon_Y = 0,5 \cdot \sqrt{0,025^2 + 0,023^2 + 0,025^2 + 0,031^2 + 0,015^2} \approx 0,03, \text{ MM.}$$

Условие $\varepsilon_y^{расч} = 0,03 \leq \varepsilon_y^{don} = 0,05$ мм выполняется, следовательно, удовлетворяет требованию.

3.7 Расчет привода патрона.

3.7.1 Описание принципа работы.

Гидроцилиндр двухпоршневой с независимым движением поршней предназначен для обеспечения перемещения двух независимых зажимных элементов в патроне со специальными кулачками.

Гидроцилиндр двухпоршневой с независимым движением поршней состоит из двух соосных гидроцилиндров и включает в себя: общий корпус

14, поршни 4 и 5, переднюю крышку 17, распределитель 3, корпус распределителя 10, контрольную тягу 9, контрольные фланцы 6 и 13, направляющие стержни 7 и 8. Для обеспечения плавности хода, плавного перетекания жидкости и равномерного зажима детали применяется обратный клапан 2.

Для слива излишков рабочей жидкости осуществляется через корпус распределителя (для поршня №1 – подводы 1 и 2; для поршня №2 – подводы 3 и 4).

Для аварийной блокировки зажатия гидроцилиндра применяется обратный клапан 1 (если внезапно упадет давление в гидросистеме, то срабатывает обратный клапан и давление в цилиндре не падает).

Принцип работы гидроцилиндра:

Рабочее давление подается в полость цилиндра через каналы и перемещает поршень, из противоположной полости жидкость по каналам сбрасывается в бак гидростанции.

При входе детали 13 в магнитное поле датчика, он срабатывает и дает команду на продолжение цикла. Позиция 6 выполняет ту же функцию.

3.7.2 Расчет диаметров поршней.

Задаемся исходными силами и рабочим давлением в системе:

$Q_1 = 6233,6 \text{ Н}$ – усилие внутреннего цилиндра;

$Q_2 = 8257,2 \text{ Н}$ – усилие внешнего цилиндра.

$p = 5,1 \text{ МПа}$ – рабочее давление станка.

Тогда:

$$A_1 = \frac{Q_1}{p} = \frac{6233,6}{5,1} = 2,42 \cdot 10^{-3}, \text{ м}^2 \quad \text{– площадь поршня внутреннего гидроцилиндра;}$$

$$A_2 = \frac{Q_2}{p} = \frac{8257,2}{5,1} = 7,87 \cdot 10^{-3}, \text{ м}^2 \quad \text{– площадь поршня внешнего гидроцилиндра.}$$

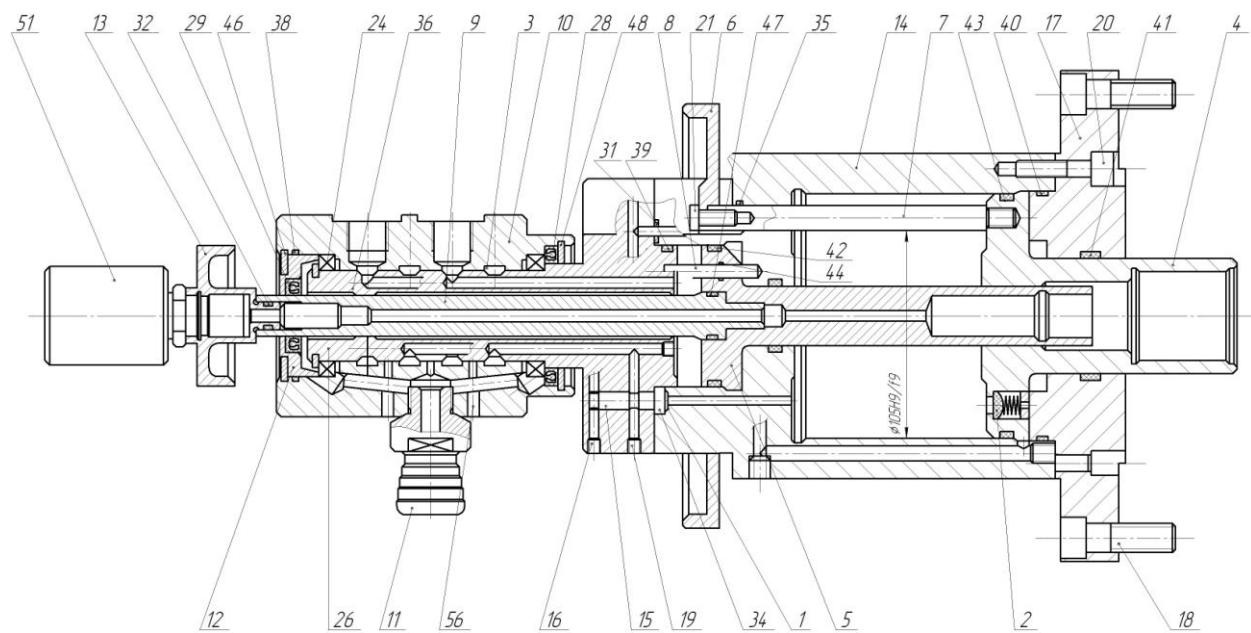


Рис. 3.1. Привод гидрозажимного патрона.

4 ПРОЕКТИРОВАНИЕ РЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА

4.1 Расчет червячной фрезы.

Исходные данные для расчета:

$$m = 2,75 \text{ мм};$$

$$Z = 14;$$

$$\alpha = 20^0;$$

$$\beta = 0;$$

$$d_0 = 45,79 \text{ мм};$$

$$d_s = 33-0,4 \text{ мм};$$

$$d_l = 36.3 \text{ max} \text{ мм};$$

$$d_k = 45-0.5 \text{ мм};$$

$$\alpha_k = 45^0;$$

$$W = 21.285 \dots 21,362;$$

$$Z_n = 3.$$

Расчет номинального исходного контура фрезы: [14]

1) Угол профиля исходной рейки:

$$\alpha_u = \alpha = 20^0.$$

2) Модуль нормальный:

$$m_n = m = 2,75 \text{ мм.}$$

3) Шаг по нормали:

$$t_n = \pi \cdot m = 8.63938 \text{ мм.}$$

4) Расчетная толщина зуба по нормали:

$S_n = t_n - S_{nd}$, где S_{nd} – нормальная толщина зуба детали.

$$S_{nd} = \frac{W}{\cos \alpha} - m \left[\frac{1}{Z} \cdot \left(\frac{1}{\cos \alpha} - 1 \right) \right] Z \cdot \operatorname{inv} \alpha = \frac{21.3235}{\cos 20^0} - 2.75 \left[\frac{1}{14} \cdot \left(\frac{1}{\cos 20^0} - 1 \right) \right] 14 \cdot \operatorname{inv} 20^0 = \\ = 4.8394 \text{ mm}.$$

Здесь W присвоено среднее значение.

$$S_n = 8,63938 - 4,8394 \approx 3,8 \text{ мм.}$$

5) Расчетная высота головки зуба фрезы:

$$h_{0U} = d - \frac{d_\phi}{Z},$$

где $d = m \cdot Z = 38.5$ мм - делительная окружность;

$d_\phi = 32.8$ мм – среднее значение d_ϕ .

6) Расчет начала фланка исходного контура фрезы:

а) Принимаем угол фланка:

$$\alpha_\phi = 45^\circ.$$

б) Размер от начала фланка до начальной прямой фрезы:

$$h_\phi = d \cdot \left(\cos \alpha - \cos \alpha_C - \cos \alpha_\phi + \cos \alpha_{C\phi} \right) / 2(\tan \alpha_\phi - \tan \alpha),$$

$$\text{где } \cos \alpha_C = \frac{d \cdot \cos \alpha}{d_k} = \frac{38.5 \cdot \cos 20^\circ}{44.75} = 0.8085.$$

$$\alpha_C = 36^\circ 03' 19''.$$

$$\cos \alpha_{C\phi} = \frac{d \cdot \cos \alpha_\phi}{d_k} = \frac{38.5 \cdot \cos 45^\circ}{44.75} = 0.6083.$$

$$\alpha_{C\phi} = 52^\circ 31' 47''.$$

$$h_\phi = \frac{38.5 \cdot (0.0149 - 0.09873 - 2.2146 + 0.3878)}{2 \cdot (0.6083 - 0.8085)} = 2.7013, \text{ мм.}$$

в) Чертежные размеры фланка от вершины зуба:

$$h_\phi = h_{0U} + h_{0U} = 2.7013 + 2.85 = 5.551, \text{ мм.}$$

7) Рабочая высота зуба исходной рейки:

$$H_{PU} = \frac{d_0}{2} \cdot \cos \alpha_0 - \frac{d_\phi}{2},$$

$$\text{где } \cos \alpha_0 = \frac{d \cdot \cos \alpha}{d_0} = \frac{38.5 \cdot \cos 20^\circ}{45.79} = 0.79.$$

$$\alpha_0 = 37^\circ 48' 22''.$$

$$H_{PU} = \frac{45.79}{2} \cdot \cos (37^\circ 48' 22'' - 20^\circ) - \frac{32.8}{2} = 6.4, \text{ мм.}$$

8) Расчет радиуса по вершине зуба фрезы:

а) Высота головки зуба фрезы, необходимая для обработки активной части профиля:

$$h_{OU} = \frac{1}{2} \cdot (d_w - d_l \cdot \cos \theta),$$

где $d_w = d$ – диаметр начальной окружности;

$d_l = 36.3$ – диаметр граничных точек эвольвенты;

$$\theta = \alpha - \alpha_1.$$

$$\cos \alpha_1 = \frac{d \cdot \cos \alpha}{d_l} = \frac{38.5 \cdot \cos 20^0}{36.3} = 0.9966 ;$$

$$\alpha_1 = 4^0 41' 44''.$$

$$h_{0n} = \frac{1}{2} \cdot (8.5 - 36.3 \cdot \cos 15^0 18' 16'') = 1.944 \text{ мм.}$$

б) Возможный радиус при вершине зуба:

$$R_0 = \frac{h_{OU} - h_{OU''}}{1 - \sin \alpha} = \frac{2.85 - 1.944}{1 - \sin 20^0} = 1.2 \text{ мм.}$$

В чертеже примем $R_0=0,3$ для того, чтобы был единственный подрез ножки зуба детали, необходимого для выхода канавки шевера. Так как расчет профиля фрезы в передней поверхности при наличии переднего угла является сложным, то этот профиль рассчитаем по программе «Freza».

Расчет параметров фрезы:

1) Наружный диаметр фрезы:

$$D_{OU} = 110 \text{ мм.}$$

2) Число зубьев фрезы:

$$Z_n = \frac{1.3 \cdot 360^0}{\varphi},$$

$$\text{где } \cos \varphi = \frac{D_{OU} - 2 \cdot h_u}{D_{OU}} = \frac{110 - 2 \cdot 7}{140} = 0.6857 ;$$

$$\varphi = 29^0 13'$$

$$Z_n = \frac{1.3 \cdot 360^0}{29^0 13'} = 15.6 .$$

Примем $Z_n = 16$.

3) Падение затылка:

$$K = \frac{\pi \cdot D_{OU} \cdot \operatorname{tg} \alpha_\delta}{Z_n \cdot \sin \alpha_u},$$

где $\alpha_\delta = 2,5^\circ$ – задний боковой угол.

$$K = \frac{3.1415 \cdot 110 \cdot \operatorname{tg} 2.5^\circ}{16 \cdot \sin 20^\circ} = 2.8 \text{ мм.}$$

Принимаем $K = 3$ мм.

4) Диаметр начальной окружности фрезы:

$$D_{wn} = D_{OU} - 2 \cdot h_{OU} - \frac{K}{2} = 110 - 2 \cdot 2.85 - \frac{3}{2} = 102.8, \text{ мм.}$$

5) Угол подъема витков фрезы на начальной окружности:

$$\sin \omega = \frac{m_U \cdot a}{d_{wn}},$$

где $a = 3$ – число заходов фрезы.

$$\sin \omega = \frac{2.75 \cdot 3}{102.8} = 0.0803.$$

$\omega = 4^\circ 36' 11''$.

Примем $\omega = 4^\circ 36'$.

6) Осевой шаг зубьев:

$$t_{OC} = \frac{t_U}{\cos \omega} = \frac{8.63938}{\cos 4^\circ 36'} = 8.6673 \text{ мм.}$$

7) Ход винтовой линии:

$$t_X = t_{OC} \cdot a = 8.6673 \cdot 3 = 26.0019, \text{ мм.}$$

8) Осевой ход винтовой стружечной канавки:

$$T = \frac{\pi \cdot d_w}{\operatorname{tg} \omega} = \frac{3.1415 \cdot 102.8}{\operatorname{tg} 4^\circ 36'} = 4016.7, \text{ мм.}$$

9) Осевой угол фрезы:

$$\operatorname{tg} \alpha_{OC} = \frac{\operatorname{tg} \alpha_U}{\cos \omega} = \frac{\operatorname{tg} 20^\circ}{\cos 4^\circ 36'} = 0.3651.$$

$$\alpha_{OC} = 20^0 03' 34''.$$

10) Профильный угол по оси фрезы:

$$\operatorname{ctg} \alpha_{IP} = \operatorname{ctg} \alpha_{OC} - \frac{K \cdot Z_U}{T} = \operatorname{ctg} 20^0 3' 34'' - \frac{3 \cdot 16}{4016.7}.$$

$$\alpha_{IP} = 20^0 21' 13''.$$

$$\operatorname{ctg} \alpha_{ub} = \operatorname{ctg} \alpha_{OC} + \frac{K \cdot Z_U}{T}.$$

$$\alpha_{ub} = 20^0 31' 12''.$$

5 БЕЗОПАСНОСТЬ И ЭКОЛОГИЧНОСТЬ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБЪЕКТА

Тема выпускной квалификационной работы: «Технологический процесс изготовления блока шестерен коробки подач универсального фрезерного станка».

5.1 Конструктивно-технологическая характеристика объекта.

В данном разделе приводится наименование технических устройств, которые были изменены и отличаются от базового техпроцесса. Нами в работе модернизирована 020 Токарная чистовая операция, где произведена замена зажимного приспособления на автоматизированное.

Проведем анализ безопасности и экологичности технического объекта, используя источник [19].

Таблица 5.1 - Технологический паспорт объекта.

№ п/п	Технологи- ческое устройство	Технологиче- ская операция , вид выполняемы- х работ	Наименование должности работника, выполняю- щего операцию	Оборудование, устройство, приспособление	Материалы, вещества
1	Чистовое точение	Операция 020 Токарная чистовая с ЧПУ	Оператор станка с ЧПУ	Токарно- револьверный станок с ЧПУ SAMAT- 400ХС; патрон специальный автоматизирова- нный	Сталь 20ХГНМ; твердый сплав Т15К6; СОЖ: Укринол-1

5.2 Идентификация производственно-технологических и эксплуатационных профессиональных рисков.

В данном разделе приводится наименование модернизированных технологических операций технического объекта из таблицы 5.1, наименование опасных и вредных производственных факторов [19], согласно

ГОСТ 12.0.003-74 ССБТ, наименование используемого производственно-технологического и инженерно-технического оборудования, материалов, веществ, которые являются источником опасного и вредного производственного фактора, нормативная техническая документация.

Таблица 5.2 – Идентификация профессиональных рисков.

№ п/п	Производственно- технологическая и/или эксплуатационно- технологическая операция, вид выполняемых работ	Опасный и /или вредный производственный фактор	Источник опасного или вредного производственного фактора
1	Операция 020 Токарная чистовая с ЧПУ	1) Повышенный уровень вибрации на рабочем месте. 2) Повышенный уровень шума на рабочем месте. 3) Опасность поражения электрическим током. 4) В связи с использование СОЖ повышенная загазованность на рабочем месте.	Токарно-револьверный станок с ЧПУ SAMAT- 400ХС

5.3 Методы и технические средства снижения профессиональных рисков.

В данном разделе подобраны используемые организационно-технические методы и технические средства защиты, частичного снижения, или полного устранения опасного и вредного производственного фактора.

[19]

Таблица 5.3 – Методы и средства снижения воздействия опасных и вредных производственных факторов (уже реализованных и дополнительно или альтернативно предлагаемых для реализации в рамках бакалаврской работы).

№ п/п	Опасный и / или вредный производственный фактор	Организационные методы и технические средства защиты, снижения, устранения опасного или вредного производственного фактора	Средства индивидуальной защиты работника
1	Повышенный уровень вибрации на рабочем месте	Станок установлен на демпфирующих опорах, которые значительно снижают уровень вибрации	Костюм хлопчато- бумажный или вискозно- лавсановый
2	Повышенный уровень шума на рабочем месте	Оператор выполняет работу, одев при этом наушники защитные. Наличие вытяжки на рабочем месте снижает уровень шума.	Наушники защитные. Костюм хлопчато- бумажный или вискозно- лавсановый
3	Опасность поражения электрическим током	Ограждение и электрическое заземление оборудования	Костюм и брюки хлопчато- бумажные или вискозно- лавсановый; ботинки кожаные; рукавицы хлопчатобумажные.
4	В связи с использование СОЖ возникает повышенная загазованность на рабочем месте.	Оператор должен быть одет в респиратор фильтрующий.	Респиратор фильтрующий

5.4 Обеспечение пожарной и техногенной безопасности
рассматриваемого технического объекта (производственно-технологических
эксплуатационных и утилизационных процессов).

В данном разделе проводится идентификация потенциального возникновения класса пожара и выявленных опасных факторов пожара с разработкой технических средств и организационных методов по обеспечению и улучшению пожарной безопасности технического объекта (производственно-технологического и инженерно-технического оборудования, произведенной продукции, используемых сырьевых материалов с указанием реализующиеся пожаробезопасных характеристик произведенных технических объектов в процессах их эксплуатации. [19]

5.4.1 Идентификация опасных факторов пожара.

Таблица 5.4 – Идентификация классов и опасных факторов пожара.

№ п/п	Участок, подраздел ение	Оборудование	Кла сс пож ара	Опасные факторы пожара	Сопутствующие проявления факторов пожара
1	Цех механичес кой обработки	Токарно- револьверный станок с ЧПУ SAMAT- 400ХС	E	1) тепловой поток; 2) пламя и искры; 3) снижение видимости в дыму; 4) пониженная концентрация кислорода в задымленных пространственных зонах; 5) повышенная концентрация токсичных продуктов горения и термического разложения; 6) снижение видимости в дыму.	1) замыкание высокого электрического напряжения на токопроводящие части технологических установок, оборудования, агрегатов, изделий и иного имущества; 2) образующиеся в процессе пожара части разрушившихся производственог о и инженерно- технического оборудования; 3) образующиеся токсичные вещества и материалы,

Продолжение табл. 5.4

					попавшие в окружающую среду из разрушенных пожаром технологических установок; 4) термохимические воздействия используемых при пожаре огнетушащих веществ на предметы и людей; 5) опасные факторы взрыва, возникающие вследствие произошедшего пожара.
--	--	--	--	--	---

5.4.2. Разработка технических средств и организационных мероприятий по обеспечению пожарной безопасности технического объекта.

Технические средства обеспечения пожарной безопасности сведем в таблицу 5.5, где перечислим первичные, мобильные средства пожаротушения, стационарные установки системы пожаротушения средства пожарной автоматики пожарное оборудование, средства индивидуальной защиты и спасения людей при пожаре, пожарный инструмент и пожарные сигнализация, связь и оповещение.

Таблица 5.5 – Технические средства обеспечения пожарной безопасности.

Первичные средства пожаротушения	Мобильные средства пожаротушения	Стационарные установки пожаротушения	Средства пожарной автоматики	Пожарное оборудование	Средства индивидуальной защиты и спасения людей при пожаре	Пожарный инструмент (механизированный и немеханизированный)	Пожарные сигнализация, связь и оповещение.
Огнетушители, ящики с песком	Пожарные автомобили, пожарные лестницы	Пожарные гидранты	Автоматизированные средства пожарооповещения	Напорные пожарные рукава, гидранты	Респираторы, противогазы	Лопаты, ломы, ведра	Автоматические датчики и извещатели

5.4.3 Организационные (организационно-технические) мероприятия по предотвращению пожара.

Таблица 5.6 – Организационные (организационно-технические) мероприятия по обеспечению пожарной безопасности.

Наименование технологического процесса, оборудования технического объекта	Наименование видов реализуемых организационных (организационно-технических) мероприятий	Предъявляемые требования по обеспечению пожарной безопасности, реализуемые эффекты
Токарно-револьверный станок с ЧПУ SAMAT-400ХС	Проведение инструктажа по пожарной безопасности. Применение автоматических приборов оповещения.	Запрет на курение и на применение открытого огня в цехе. Применение средств автоматического оповещения и пожаротушения в цехе. Расклейка запрещающих знаков на участке.

Продолжение табл. 5.6

	Контроль правильной эксплуатации оборудования.	
--	--	--

5.5 Обеспечение экологической безопасности рассматриваемого технического объекта.

Таблица 5.7 – Идентификация экологических факторов технического объекта.

Наименование технического объекта, технологического процесса	Структурные составляющие технического объекта, технологического процесса (производственного здания или сооружения по функциональному назначению, технологические операции, оборудование), энергетическая установка транспортное средство и т.п.	Воздействие технического объекта на атмосферу (вредные и опасные выбросы в окружающую среду)	Воздействие технического объекта на гидросферу (образующие сточные воды, забор воды из источников водоснабжения)	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.)
Черновое точение	Токарно-револьверный станок с ЧПУ SAMAT-400ХС	Газ от испарения СОЖ	Использованная СОЖ	Попадание использованной СОЖ в почву. Попадание стружки в почву.

Разработка мероприятий по снижению негативного антропогенного воздействия на окружающую среду рассматриваемого технического объекта.

Таблица 5.8 – Разработанные организационно-технические мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия технического объекта на окружающую среду.

Наименование технического объекта	Черновое точение
Мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия на атмосферу	Для уменьшения попадания газов смазочно-охлаждающей жидкости в атмосферу увеличена мощность работы вентиляции на рабочем месте
Мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия на гидросферу	Применение централизованного сбора и утилизации стружки.
Мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия на литосферу	Соблюдение на предприятии хранения и регулярности утилизации отходов. Возможность использования стружки для производства новых заготовок.

5.6 Заключение.

В результате выполненной работы нами выявлены опасные и вредные производственные факторы разработанного технического объекта. Спроектирован перечень необходимых мероприятий и средств для осуществления бесперебойной безопасной работы на участке механической обработки. Разработаны мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия на окружающую среду рассматриваемого технического объекта.

6 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 работе технических решений.

Рассмотрим предлагаемые совершенствования на предмет экономической обоснованности внедрения изменений в ТП изготовления детали «Блок шестерен». Подробная информация, касающаяся технологического процесса, рассмотрена в предыдущих разделах, поэтому кратко описываем только отличия между вариантами процесса изготовления детали.

Базовый вариант.

На операции 020 производится чистовая токарная обработка поверхностей на токарном станке с ЧПУ, модель SAMAT-400ХС. В качестве зажимного приспособления используется трехкулачковый патрон. Обработка осуществляется двумя токарными резцами с пластинами из твердого сплава Т15К6.

Проектный вариант.

Отличительной особенностью выполнения операции 020 является то, что для обеспечения надежной фиксации заготовки и сокращения вспомогательного времени с 0,91 мин. до 0,77 мин. используется специальный поводковый патрон с кулачками.

После краткого описания предлагаемых изменений, необходимо подтвердить их экономическую целесообразность. с учетом указанных изменений Согласно методике определения капитальных вложений [20] мы рассчитали данную величину, которая составляет $K_{BB,PR} = 28263,25$ руб.

Учитывая то, что метод получения заготовки и ее материал по вариантам не изменились, поэтому расчет технологической себестоимости будем осуществлять без затрат на материал, т.к. эти значения существенного

влияния на конечный результат не оказывают. Сравнительная структура технологической себестоимости изготовления детали «Фланец» по сравниваемым вариантам представлена на рисунке 6.1.

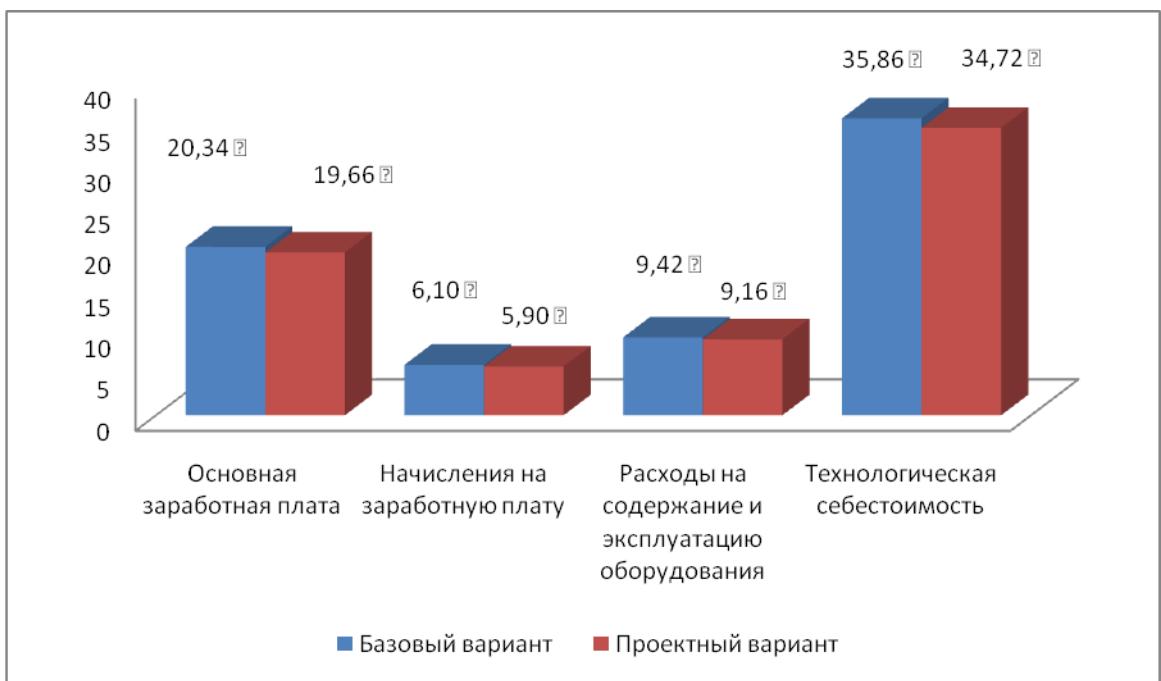


Рис. 6.1. Структура технологической себестоимости изготовления детали «Блок шестерен» по двум сравниваемым вариантам

Используя методику составления калькуляции полной себестоимости [20] мы рассчитали ее значения, по базовому варианту – 110,22 руб.; а по проектному варианту – 106,62 руб.

Опираясь на полученные данные, проведем экономическое обоснование предложенных изменений. Для этого будем использовать методику расчета показателей экономической эффективности [20], согласно которой мы получаем следующие данные.

$$\Pi_{P.OЖ} = \mathcal{E}_{УГ} = (C_{ПОЛ.БАЗ} - C_{ПОЛ.ПР}) \cdot \Pi_{Г} \text{ руб.} \quad (6.1)$$

$$\Pi_{P.OЖ} = \mathcal{E}_{УГ} = (110,22 - 106,62) \cdot 5000 = 18000 \text{ руб.}$$

$$H_{ПРИБ} = \Pi_{P.OЖ} \cdot K_{НАЛ} \text{ руб.} \quad (6.2)$$

$$H_{ПРИБ} = 18000 \cdot 0,2 = 3600 \text{ руб.}$$

$$\Pi_{P.ЧИСТ} = \Pi_{P.OЖ} - H_{ПРИБ} \text{ руб.} \quad (6.3)$$

$$\Pi_{P,ЧИСТ} = 18000 - 3600 = 14400 \text{ руб.}$$

$$T_{OK.PACЧ} = \frac{K_{BB,PP}}{\Pi_{P,ЧИСТ}} + 1, \text{ года} \quad (6.4)$$

$$T_{OK.PACЧ} = \frac{28263,25}{14400} + 1 = 2,963 = 3 \text{ года}$$

$$Д_{диск.общ} = \Pi_{P,ЧИСТ,диск}(T) = \sum_1^T \Pi_{P,ЧИСТ} \cdot \frac{1}{(1+E)^t}, \text{ руб.} \quad (6.5)$$

$$Д_{общ.диск} = \Pi_{P,ЧИСТ,диск}(T) = 14400 \cdot \left(\frac{1}{\left(1+0,15\right)^1} + \frac{1}{\left(1+0,15\right)^2} + \frac{1}{\left(1+0,15\right)^3} \right) = 32889,6 \text{ руб.}$$

$$\mathcal{E}_{ИНТ} = ЧДД = Д_{общ.диск} - K_{BB,PP} \text{ руб.} \quad (6.6)$$

$$\mathcal{E}_{ИНТ} = ЧДД = 32889,6 - 28263,25 = 4626,35 \text{ руб.}$$

$$ИД = \frac{Д_{общ.диск}}{K_{BB,PP}} \text{ руб./руб.} \quad (6.7)$$

$$ИД = \frac{32889,6}{28263,25} = 1,16 \text{ руб./руб.}$$

Рассматриваемые изменения технологического процесса изготовления детали «Блок шестерен», можно считать экономически обоснованными и необходимым. В связи с тем, что во-первых они привели к снижению себестоимости на 3,27%, а во вторых, интегральный экономический эффект от изменений составит 4626,35 руб., что также свидетельствует эффективности выполненной работы. Кроме того, предприятие сможет получить прибыль на каждый вложенный рубль в размере 1,16 руб.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате проделанной выпускной квалификационной работы нами выполнен современный технологический процесс изготовления блока шестерен коробки подач универсального фрезерного станка. Он оснащен современными технологическими средствами и оборудованием.

Разработан план обработки с необходимыми схемами базирования и допусками на размеры.

На операции 020 Токарная чистовая и 050 Зубофрезерная разработаны технологические наладки.

Для закрепления детали на 020 операции нами спроектирован патрон, позволяющий вести обработку детали, сначала закрепленную в кулачках, а затем в центрах. Это сокращает количество операций техпроцесса.

Для обработки заготовки на 050 операции нами спроектирована червячная фреза.

В работе проанализирована безопасность и экологичность технического объекта.

Экономический расчет показал эффективность работы.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Суслов, А. Г. Технология машиностроения : учеб. для вузов / А. Г. Суслов. - 2-е изд., перераб. и доп. ; Гриф МО. - Москва : Машиностроение, 2007. - 429 с.
2. 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.
3. Лебедев, В. А. Технология машиностроения : Проектирование технологий изготовления изделий : учеб. пособие для вузов / В. А. Лебедев, М. А. Тамаркин, Д. П. Гепта. - Гриф УМО. - Ростов-на-Дону : Феникс, 2008. - 361 с.
4. ГОСТ 7505 – 89. Поковки стальные штампованные. Допуски, припуски и кузнечные напуски. – 36 с.
5. Боровков, В.М. Заготовки в машиностроении : учеб. пособие для вузов по спец. 1201 "Технология машиностроения" / В. М. Боровков [и др.] ; ТГУ. - Гриф УМО; ТГУ. - Тольятти : ТГУ, 2007. - 67 с.
6. ГОСТ 26645-85. Отливки из металлов и сплавов. Допуски размеров, массы и припуски на механическую обработку. – 36 с.
7. Справочник технолога-машиностроителя. В 2 т. Т. 1 / А. М. Дальский [и др.] ; под ред. А. М. Дальского [и др.]. - 5-е изд., испр. - Москва : . . . Машиностроение-1, 2003. - 910 с.
8. Справочник технолога-машиностроителя. В 2 т. Т. 2 / А. М. Дальский [и др.] ; под ред. А. М. Дальского [и др.]. - 5-е изд., испр. - Москва : Машиностроение-1, 2003. - 941 с.
9. Режимы резания металлов : справочник / Ю. В. Барановский [и др.] ; под ред. А. Д. Корчемкина. - 4-е изд., перераб. и доп. - Москва : НИИТавтпром, 1995. - 456 с.
10. Станочные приспособления : справочник. В 2 т. Т. 1 / редсовет: Б. Н. Вардашкин (пред.) [и др.] ; ред. тома Б. Н. Вардашкин [и др.]. - Москва : Машиностроение, 1984. - 592 с.

11. Станочные приспособления : справочник. В 2 т. Т. 2 / редсовет: Б. Н. Вардашкин (пред.) [и др.] ; ред. тома Б. Н. Вардашкин [и др.]. - Москва : Машиностроение, 1984. - 655 с.
12. Тарабарин, О. И. Проектирование технологической оснастки в машиностроении : учеб. пособие для вузов / О. И. Тарабарин, А. П. Абызов, В. Б. Ступко. - Изд. 2-е, испр. и доп. ; гриф УМО. - Санкт-Петербург : Лань, 2013. - 303 с.
13. Григорьев, С. Н. Инструментальная оснастка станков с ЧПУ : [справочник] / С. Н. Григорьев, М. В. Кохомский, А. Р. Маслов ; под общ.ред. А. Р. Маслова. - Москва : Машиностроение, 2006. - 544 с.
14. Резников Л. А. Проектирование сложнопрофильного режущего инструмента [Электронный ресурс] : электрон. учеб. пособие / Л. А. Резников ; ТГУ ; Ин-т машиностроения ; каф. "Оборудование и технологии машиностроит. пр-ва". - Тольятти : ТГУ, 2014. - 207 с.
15. Романенко, А.М. Режущий инструмент [Электронный ресурс] : учебное пособие. - Электрон. дан. - Кемерово : КузГТУ имени Т.Ф. Горбачева, 2012. - 103 с.
16. Справочник конструктора-инструментальщика / В. И. Баранчиков [и др.] ; под общ. ред. В. А. Гречишникова, С. В. Кирсанова. - 2-е изд., перераб. и доп. - Москва : Машиностроение, 2006. - 541 с.
17. Козлов, А. А. Проектирование механических цехов [Электронный ресурс] : электрон. учеб.-метод. пособие / А. А. Козлов ; ТГУ ; Ин-т машиностроения ; каф. "Оборудование и технологии машиностроит. пр-ва". - Тольятти : ТГУ, 2015. - 47 с.
18. Вороненко, В.П. Проектирование машиностроительного производства : учеб. для вузов / В. П. Вороненко, Ю. М. Соломенцев, А. Г. Схиртладзе. - 3-е изд., стер. ; Гриф МО. - Москва : Дрофа, 2007. - 380 с.
19. Горина, Л. Н. Раздел выпускной квалификационной работы «Безопасность и экологичность технического объекта». Уч.-методическое пособие. / Л. Н. Горина - Тольятти: изд-во ТГУ, 2016. – 33 с.

20. Зубкова, Н.В. Методические указания по экономическому обоснованию курсовых и дипломных работ по совершенствованию технологических процессов механической обработки деталей / Н.В. Зубкова – Тольятти : ТГУ, 2005. – 39 с.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Дубл.			
Взам.			
Подп.			

Разработал	Ланькин		
Проверил	Логинов		
Утвердил			

ТГУ Кафедра ОТМП

Учебный			
Н. контр			

Блок шестерен

М01 Сталь 20ХГНМ ТУ 14-1-2252-90

М02	Код	ЕВ	МД	ЕН	Н. расх.	КИМ	Код заготовки	Профиль и размеры	КД	М3
		1,66	17	1			15	φ112x95,6	1	2,4

A	Цех	Чч	РМ	Опер	Код наименование операции			Обозначение документа								
Б					Код наименование оборудования	СМ	проф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Кшт	Тпоз	Тшт

A03	XX XX XX	000	4280	Заготовительная	XXXXXX	ИОТ	ИЗ7.101XXXX-XX									
-----	----------	-----	------	-----------------	--------	-----	----------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--

Б04	КГШП															
-----	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

05																
----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

A06	XX XX XX	010	4101	Агрегатная	ИОТ	ИЗ7.101XXXX-XX										
-----	----------	-----	------	------------	-----	----------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

Б07	381.884, Г9С2П2Е52		3	18632	311	И	1	1	1	100	1	10	2,91			
-----	--------------------	--	---	-------	-----	---	---	---	---	-----	---	----	------	--	--	--

008	Центровать два торца, выдерживая глубину $12^{+0,2}$ и на торце $\varnothing 12^{+0,1}$; подрезать торцы в размер 895 . Точить $\varnothing 41$ до $\varnothing 38,496$ в размер $l=14$															
-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

009	Сверлить отверстие $\varnothing 26^{+0,2}$ сквозное. Растигнуть $\varnothing 33$ на длину $l=25$.															
-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

T 10	391267. XXXX(2) центровочное сверло тип А Р6М5 ГОСТ 14952-82. XXXX Пластина торцовая Т5К10(2)															
------	---	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

T 11	391267 Сверло 2301-1748 ГОСТ 22736-77(2). 393311. XXXX-Щ-И-150-01; 393550 Специальный шаблон															
------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

12																
----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

A 13	XX XX XX	020	4112	Токарная программная												
------	----------	-----	------	----------------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

Б 14	381.111 XXXX SAMAT-400ХС	2	15292	411 1Р	1	1	1	100	1	10	2,0					
------	--------------------------	---	-------	--------	---	---	---	-----	---	----	-----	--	--	--	--	--

015	Точить поверхности, выдерживая размеры $\varnothing 110,2^{+0,2}$; $\varnothing 44^{+0,6}$; $\varnothing 38,2^{+0,01}$; $\varnothing 46,7^{+0,02}$; $\varnothing 53,3^{+0,3}$															
-----	---	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

016	$\varnothing 53,3^{+0,3}$; $\varnothing 90^{+0,7}$; $15,582^{+0,0}$; 75^{+1} ; $76,4^{+1}$															
-----	---	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

МК																
----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

А	Цех	Чч	РМ	Опер	Код наименование операции		Обозначение документа									
					Код наименование оборудования		СМ	проф.	Р	ЧТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Кшт	Тпз
Т 19																
Т 20																
21																
А 22	XX XX XX	030	4130	Шлифовальная			ИОТ ИЗ7.101.XXXX-XX									
Б 23	381.31Х.XXXX	ХС3			2	18873	412 1Р	1	1	1	100	1	10	0,5		
О 24	Шлифовать поверхность, выдерживая размер $\varnothing 37,853^{+0,03}$															
Т 25	27075015 - Круг шлифовальный ГОСТ 2424-83.															
Т 26	81024089 - Скоба жесткая для контроля $\varnothing 37,853^{+0,03}$															
27																
А 28	XX XX XX	040	4181	Протяжная			ИОТ ИЗ7.101.XXXX-XX									
Б 29	381.751 XXXXXX			Горизонтально-протяжной	7Б559	2	412 1Р	1	1	1	100	1	10	0,6		
О 30	Протянуть шлизы b-6x28f7x32a11x6f9 ГОСТ 1139-80															
Т 31	392302 Протяжка 2330 ГОСТ 7943-80															
Т 32	393120 Калибр-пробка ГОСТ 14287-73; 393550 Специальный шаблон.															
33																
А 34	XX XX XX	050	4153	Зубофрезерная			ИОТ ИЗ7.101.XXXX-XX									
Б 35	381.572 XXXX			Вертик. зубофрезерный АВС-А23 З 12287	412 1Р	1	1	1	100	1	10	8,1				
О 36	Фрезеровать зубч. венец П-т=2,75; Z=18															
Т 37	391810 Фреза червячная т=2,75 А ГОСТ 1643-81															
Т 38	394300 Приспособление для комплексного контроля зуба															
39																
А 40	XX XX XX	060	4153	Зубофрезерная			ИОТ ИЗ7.101.XXXX-XX									
Б 41	381.572 XXXX			Вертик. зубофрезерный АВС-А23 З 12287	412 1Р	1	1	1	100	1	10	8,1				
МК																

А	Цех	Чч	РМ	Опер	Код наименование операции		Обозначение документа										
					Код наименование оборудования		СМ	проф.	Р	Чт	КР	КОИД	ЕН	ОП	Кшт	Тпоз	Тшт
Т 69					391810	Фреза червячная т=2 А ГОСТ 1643-81											
Т 70					394300	Приспособление для комплексного контроля зуба											
71																	
А 72	XX XX XX	070	4154	Зубофасочная		ИОТ ИЗ7.101.ХХХХ-ХХ											
Б 73	381573			Зубофасочный АВС-К3	3	12287 412 1Р	1	1	1	100	1	10	1,9				
О 74				Точить фаски и снять заусенцы с венца П т=2,75													
Т 75				391815 Головка зубофасочная; 391816 Головка резцовая													
Т 76				394310 Прибор для комплексного контроля зуба													
77																	
А 78	XX XX XX	080	4154	Зубофасочная		ИОТ											
Б 79	381573	XXXX	Зубофасочный станок АВС-К3	3	12287 412 1Р	1	1	1	100	1	10	241					
О 80				Точить фаски и снять заусенцы с венца Р т=2													
Т 81				391818 Головка зубофасочная; 391819 Головка резцовая													
Т 82				394310 Прибор для комплексного контроля зуба													
83																	
А 84	XX XX XX	090	4157	Зубошевинговальная		ИОТ											
Б 85	381574	XXXX	Зубошевинговальный станок АВС-В02	3	12287 412 1Р	1	1	1	100	1	10	14					
О 86				Шевинговать зубья венца П т=2,75													
Т 87				392430 Шевер дисковый 2570-0386 ГОСТ 8570-80													
Т 88				394310 Прибор для комплексного контроля зуба													
89																	
А 90	XX XX XX	100	4157	Зубошевинговальная		ИОТ											
Б 91	381574	XXXX	Зубошевинговальный станок АВС-В02	3	12287 412 1Р	1	1	1	100	1	10	18					
МК																	

А	Цех	Чч	РМ	Опер	Код наименование операции	Обозначение документа											
						Б	Код наименование оборудования	СМ	проф.	Р	ЧТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Кшт	Тпоз
0 94					Шевинговать зубья венца Р, т=2												
Т 95					392430 Шевер дисковый 2571-0386 ГОСТ 8570-80												
Т 96					394310 Прибор для комплексного контроля зуба												
97																	
A 98	XX XX XX	105			105 Термическая												
A 99	XX XX XX	110	4131		Торцекруцглошлифовальная ИОТ ИЗ7.101.ХХХ-ХХ												
Б 100	381311	XXXX	38153	2	18873 412 1Р 11 1 100 1 10 0,45												
0 101					Шлифовать поверхность, выдерживая Ø37,169, 14 ^{+0,05}												
Т 102					398110 Шлифовальный круг из норм. эл. корунда 24А, зернистость 25, тверд. СМ1 на керамич. основе ГОСТ 2424-83												
Т 103					8124089 - скоба жесткая для контроля Ø37,169; 393550 Специальный шаблон												
104																	
A 105	XX XX XX	115	4131		Торцекруцглошлифовальная ИОТ ИЗ7.101.ХХХ-ХХ												
Б 106	381311	XXXX	38153	2	18873 412 1Р 11 1 100 1 10 0,45												
0 107					Шлифовать поверхность, выдерживая Ø37,01, 14 ^{+0,05}												
Т 108					398110 Шлифовальный круг из норм. эл. корунда 24А, зернистость 5, тверд. СМ1, на керамич. осн. ГОСТ 2424-83												
Т 109					81024089 - скоба жесткая для контроля Ø37,01; 393550 Специальный шаблон												
110																	
A 111	XX XX XX	120	4132		Внутришлифовальная ИОТ ИЗ7.101.ХХХ-ХХ												
Б 112	381312	XXXX	381227	2	18873 412 1Р 1 1 1 100 1 10 3,0												
0 113					Шлифовать поверхность Ø28 ^{+0,020} отверстия блока												
Т 114					398110 Шлифовальный круг из норм. эл. корунда 24А15СМ18К5 ГОСТ 2424-83												
Т 115					87336749 - Калибр для контроля размера Ø28 ^{+0,020} _{-0,011} .												
A 116	XX XX XX	130			Контрольная												
МК																	

Дчср.			
Взом.			
Подп.			

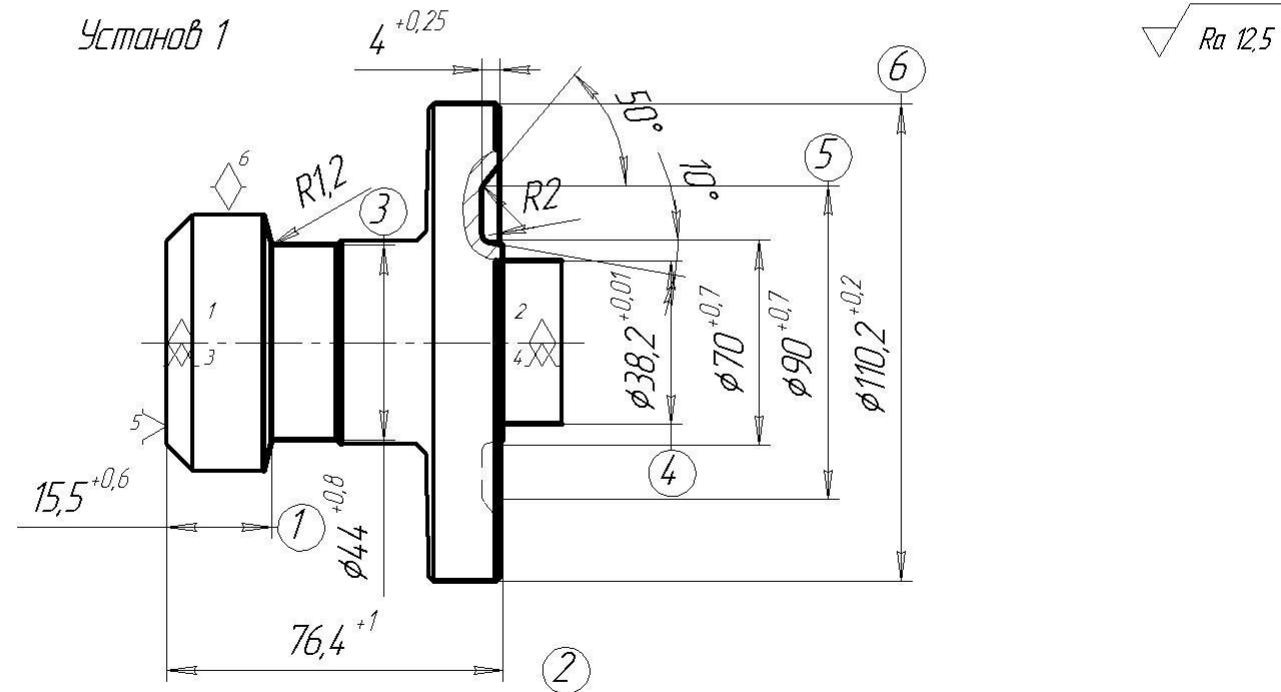
Разраб.	Ло́нчук		
Проверил	Логинов		
Никончук			

ТГУ
Кафедра ОТМП

Блок шестерен

7 010

Установ 1



Дцбл.			
Взом.			
Подп.			

Розраб	Панъкин		
Продъверил	Логинов		
Иконопр.			

ТГУ
Кафедра ОТМП

Блок шестерен

ДП

020

Установ 2

