

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 «зубчатый венец» радиально-сверлильного станка модели 2А554

Студент(ка)	<u>Крайнов Д.А.</u> (И.О. Фамилия)	<u>(личная подпись)</u>
Руководитель	<u>Логинов Н.Ю.</u> (И.О. Фамилия)	<u>(личная подпись)</u>
Консультанты	<u>Горина Л.Н.</u> (И.О. Фамилия)	<u>(личная подпись)</u>
	<u>Зубкова Н.В.</u> (И.О. Фамилия)	<u>(личная подпись)</u>
	<u>Егоров А.Г.</u> (И.О. Фамилия)	<u>(личная подпись)</u>
	<u>(И.О. Фамилия)</u>	<u>(личная подпись)</u>

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 _____ Крайнов Дмитрий Алексеевич _____ гр. _____ ТМбз-1132 _____

1. Тема _____ Технологический процесс изготовления детали «зубчатый венец» радиально-
сверлильного станка модели 2А554 _____

2. Срок сдачи студентом законченной выпускной квалификационной работы «__» _____ 2016 г.

3. Исходные данные к выпускной квалификационной работе _____ *материалы преддипломной
практики, чертеж детали программа выпуска $N_2=10000$ 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 приспособления и/или режущего инструмента

4) Описание графической части работы

5) Безопасность и экологичность работы

б) Экономическая эффективность работы

Заключение. Список используемой литературы.

Приложения: технологическая документация

АННОТАЦИЯ

Выпускная квалификационная работа направлена на разработку технологического процесса изготовления зубчатого венца радиально-сверлильного станка модели 2А554. Осуществлено оснащение техпроцесса современными технологическими средствами. Для токарной операции разработано автоматизированное зажимное устройство. Для зубодолбежной операции спроектирован режущий инструмент – долбяк хвостовой. Техпроцесс сопровождается технологической документацией.

Бакалаврская работа состоит из страниц расчетно-пояснительной записки. Графическая часть составляет 7 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	7
1.3 Анализ требований к поверхностям детали	8
1.4 Анализ технологичности детали	9
1.5 Формулировка задач работы	10
2 ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ РАБОТЫ	12
2.1 Определение типа производства	12
2.2 Выбор стратегии разработки техпроцесса	12
2.3 Выбор метода получения заготовки	13
2.4 Выбор методов обработки поверхностей	16
2.5 Разработка технологического маршрута изготовления детали	17
2.6 Определение припусков	19
2.7 Проектирование заготовки	24
2.8 Выбор средств технологического оснащения	26
2.9 Расчет режимов резания	32
3 ПРОЕКТИРОВАНИЕ СТАНОЧНОГО ПРИСПОСОБЛЕНИЯ	58
3.1 Сбор исходных данных	58
3.2 Расчет сил резания	59
3.3 Расчет усилия зажима	59
3.4 Расчёт зажимного механизма	62
3.5 Расчёт силового привода	63
3.6 Описание конструкции и работы приспособления	64
4 ПРОЕКТИРОВАНИЕ РЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА	66
4.1 Определение исходных данных	66

4.2	Расчет геометрических параметров долбяка	66
4.3	Конструктивные элементы долбяка	69
5	БЕЗОПАСНОСТЬ И ЭКОЛОГИЧНОСТЬ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБЪЕКТА	
6	ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ РАБОТЫ	
	ЗАКЛЮЧЕНИЕ	
	СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ	

ВВЕДЕНИЕ, ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Исключительно важное место в современном машиностроении занимают зубчатые передачи. Изготовление зубчатых колес представляет собой сложную и трудоемкую отрасль производства в машиностроении. Технология изготовления зубчатых колес в серийном производстве должна обеспечивать высокую долговечность передач и максимальное снижение трудоемкости. Автоматизация производства зубчатых колес, изготовление переналаживаемых автоматических линий и наиболее совершенные технологические процессы повышают производительность труда и качество изготавливаемых зубчатых колес, наряду с другими изделиями.

Целью данной работы является разработка технологического процесса изготовления детали «зубчатый венец» радиально-сверлильного станка модели 2А554, заданного качества и с минимальной себестоимостью.

1 ОПИСАНИЕ ИСХОДНЫХ ДАННЫХ

1.1 Назначение и условия работы детали.

Венец зубчатый предназначен для восприятия крутящего момента боковыми поверхностями зубьев и передачи его боковыми поверхностями шпоночного паза в привод станка.

1.2 Классификация поверхностей.

Проведем классификацию поверхностей детали, для этого пронумеруем их. Эскиз классификации поверхностей представлен на рис. 1.1.

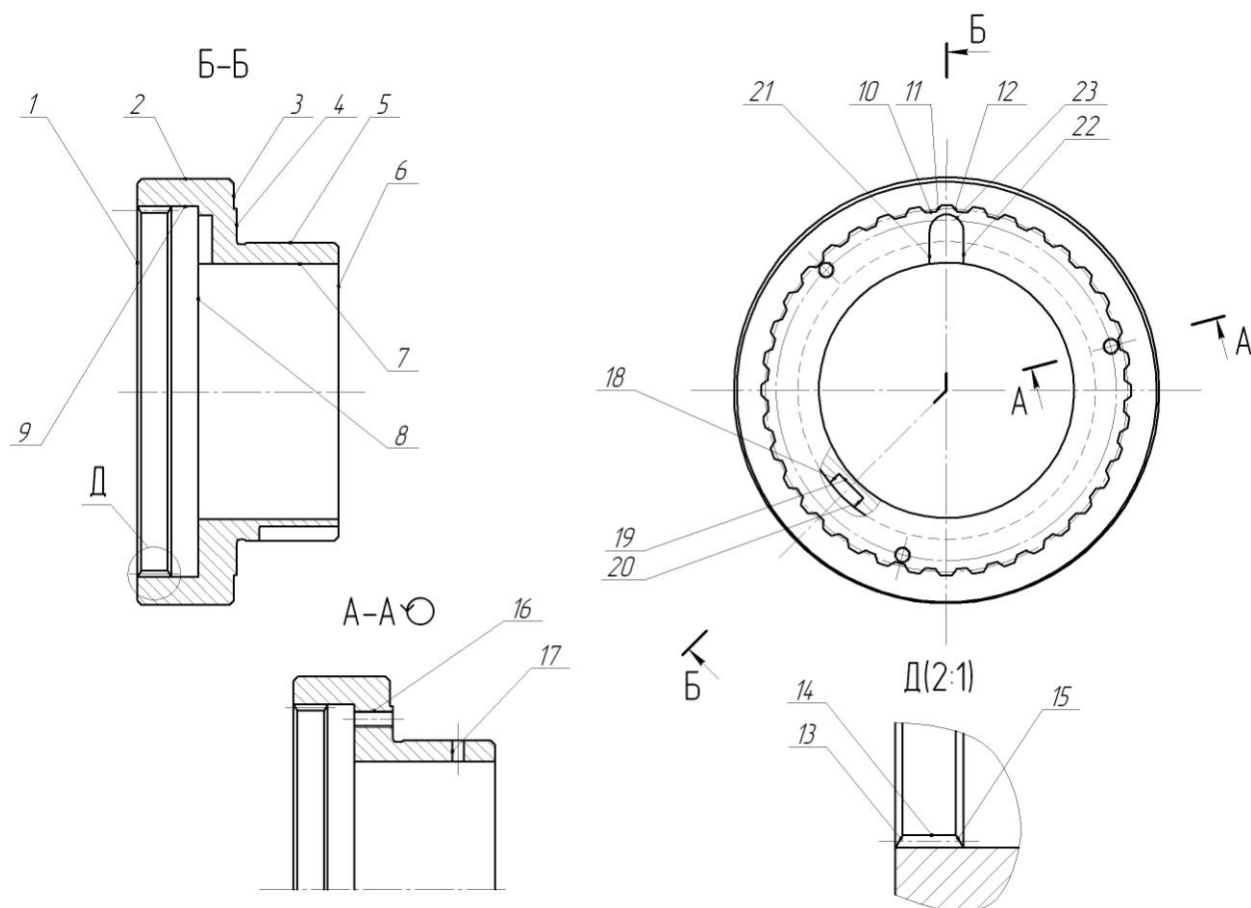


Рис. 1.1. Систематизация поверхностей детали

Целью систематизации является выявление служебного назначения всех поверхностей детали, для качественного составления технологического процесса.

Результаты систематизации занесем в табл. 1.1.

Таблица 1.1 - Систематизация поверхностей

Тип поверхности	Номер поверхности
Исполнительные поверхности	11, 12, 18, 20
Основные конструкторские базы	6, 7
Вспомогательные конструкторские базы	4, 5, 19, 21, 22
Свободные поверхности	остальные

Исполнительными называются те поверхности, которые выполняют функциональное назначение детали. В нашем случае это боковые поверхности шпоночного паза (18, 20) и боковые поверхности зубьев венца (11, 12). [1]

Основными конструкторскими базами называются поверхности, при помощи которых осуществляется строгое ориентирование детали в узле. Таковыми являются центральное отверстие (7) и торец 6. [1]

Вспомогательными конструкторскими базами называются поверхности, которые осуществляют ориентирование остальных деталей относительно рассматриваемой. В нашей детали, такими поверхностями являются одна поверхность шпоночного паза - 19, поверхности 21 и 22, наружная цилиндрическая поверхность 5 и торец 4.

Оставшиеся поверхности являются свободными.

1.3 Анализ требований к поверхностям детали.

Проанализируем химический состав и физико-механические свойства материала детали, пользуясь источником литературы [2]. Сведения занесем в таблицы 1.2 и 1.3.

Таблица 1.2. Химический состав стали 20Х ГОСТ 4543-71

Хим. Элемент	Содержание, %
С (углерод)	0,17...0,23
Fe (железо)	около 97
Si (кремний)	0,17...0,37
Mn (марганец)	0,5...0,8
Ni (никель)	до 0,30
S (серы)	до 0,035
P (фосфор)	до 0,035
Cr (хром)	0,7...1,0
Cu (медь)	до 0,30

Таблица 1.3. Физико-механические свойства стали 20Х ГОСТ 4543-71

σ_T	σ_B	δ_5	ψ	KCU	НВ
МПа	МПа	%	%	Дж/см ²	не более
245	470	19	42	39	143...179

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

1.4 Анализ технологичности детали.

Условиями работы детали продиктованы требования по шероховатости и точности поверхностей. Снижение точности поверхностей приведет к снижению позиционирования детали в узле и, как следствие, снижению надёжности 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 её технологичности.

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

1.5 Формулировка задач работы.

Выполнив анализ технических требований, сформулируем задачи, которые будут решаться для достижения цели: разработка технологического процесса изготовления детали «зубчатый венец» радиально-сверлильного станка модели 2А554 заданного качества с минимальной себестоимостью.

Представим основные из них: [3]

1) определить тип производства и разработать стратегию выполнения технологического процесса;

2) выполнить технико-экономический расчет, выбрать метод получения и спроектировать заготовку;

3) разработать технологический маршрут обработки детали, выбрать схемы базирования, выполнить план изготовления детали;

4) выбрать средства технологического оснащения на каждую операцию ТП (оборудование, приспособления, режущий и мерительный инструмент);

5) рассчитать или выбрать припуски по операциям ТП;

6) рассчитать операции ТП, а именно выполнить расчет режимов резания, времени обработки, определить содержание операций, спроектировать наладки;

7) на одну из операций технологического процесса спроектировать режущий инструмент;

8) для одной из операций спроектировать станочное приспособление.
Решению поставленных задач посвящены последующие разделы работы.

2 ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ РАБОТЫ

2.1 Определение типа производства.

Для формирования стратегии разработки технологического процесса, выберем тип производства, который зависит на первом этапе от массы детали и годовой программы выпуска. Для нашего случая ($m = 2,6$ кг, $N_r = 10\ 000$ шт/год) выберем тип производства из табл. 2.1. [4]

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

Масса детали 2,6 кг и годовая программа выпуска в 10 000 деталей в год соответствует среднесерийному типу производства.

2.2 Выбор стратегии разработки техпроцесса.

В зависимости от вышеопределенного типа производства выберем стратегию разработки технологического процесса, способствующую обеспечению заданного выпуска деталей, заданного качества с наименьшими затратами.

Руководствуясь [4], принимаем следующую стратегию разработки техпроцесса:

- 1) форма организации технологического процесса – переменнo-поточная;
- 2) повторяемость изделий – периодическое повторение партий;
- 3) заготовка – штамповка на ГKM или прокат;
- 4) припуск на обработку – незначительный;
- 5) расчет припусков – подробный по переходам;
- 6) оборудование – универсальное, специализированное с ЧПУ;
- 7) загрузка оборудования – периодическая смена деталей на станках;
- 8) коэффициент закрепления операций – $K_{зО}=10\dots20$;
- 9) настройка станков – по измерительным инструментам и приборам;
- 10) оснастка – универсальная и специальная;
- 11) подробность разработки – операционные и маршрутные карты;
- 12) расчет режимов резания – по отраслевым нормативам и эмпирическим формулам;
- 13) нормирование – детальное пооперационное;
- 14) квалификация рабочих – различная;
- 15) использование достижений науки – значительное.

2.3 Выбор метода получения заготовки.

Метод получения заготовки определяется типом детали, ее материалом, сложностью формы, типом производства и т.д. Для данной детали рациональными методами получения заготовки являются прокат и штамповка. Эти способы в равной степени позволяют достичь необходимой точности заготовки. Задачей раздела является определение себестоимости при производстве заготовки этими методами.

Проведем технико-экономический анализ получения заготовки для заданной детали прокатом и штамповкой.

Таблица 2.2 - Исходные данные

Наименование показателей	Способ 1	Способ 2
Вид заготовки	Штамповка	Прокат Ø155x76
Класс точности/сложности	3/2	-
Масса заготовки, кг	4,9	11,2
Стоимость 1 кг заготовок, принятых за базу $C_{заг}$, руб	0,315	0,115
Стоимость 1 кг стружки $C_{отх}$, руб	0,0144	0,0144
Масса детали, кг	2,6	2,6

Определим стоимость срезания 1 кг стружки при механической обработке [5].

$$C_{мех} = C_c + E_n \cdot C_k, \quad (2.1)$$

где E_n – нормальный коэффициент эффективности капитальных вложений;

$$E_n = 0,15 [5];$$

C_c – текущие затраты на 1 кг стружки, руб/кг; $C_c = 0,495$ руб/кг – для машиностроения в целом [5];

C_k – капитальные затраты на 1 кг стружки, руб/кг; $C_k = 1,085$ руб/кг – для машиностроения в целом [5].

Тогда по формуле (2.1) имеем:

$$C_{мех} = 0,495 + 0,15 \cdot 1,085 = 0,6578 \text{ руб/кг.}$$

Определяем стоимость 1 кг заготовки, полученной штамповкой [5].

$$C_{заг} = C_{шт} \cdot k_m \cdot k_c \cdot k_g \cdot k_m \cdot k_n, \quad (2.2)$$

где $C_{шт}$ – базовая стоимость 1 кг штампованных заготовок, руб; $C_{шт} = 0,315$ руб [5];

k_T – коэффициент, зависящий от класса точности; $k_T = 0,9$ – для третьего класса точности [5];

k_c - коэффициент, зависящий от группы сложности; $k_c = 0,84$ – для второй группы сложности [5];

k_b - коэффициент, зависящий от массы заготовки; $k_b = 1,14$ – для заготовки массой от 2,5 до 5,0 кг [5];

k_m - коэффициент, зависящий от марки материала; $k_m = 1,0$ – для стали 20Х [5];

k_n - коэффициент, зависящий от объема производства; $k_n = 1,0$ [5].

Тогда по формуле (2.2) имеем:

$$C_{заг} = 0,315 \cdot 0,9 \cdot 0,84 \cdot 1,14 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 0,2715 \text{ руб.}$$

Далее определяем технологическую себестоимость изготовления детали, полученной штамповкой [5].

$$C_{шт} = C_{заг} \cdot Q_{шт} + C_{мех} (Q_{шт} - q) - C_{отх} (Q_{шт} - q), \quad (2.3)$$

где $Q_{шт}$ – масса заготовки, кг; $Q_{шт} = 4,9$ кг – по расчету;

q – масса детали, кг; $q = 2,6$ кг – по условию;

$C_{отх}$ – цена 1 кг отходов, руб/кг; $C_{отх} = 0,0144$ руб/кг – для стальной стружки [5].

Тогда по формуле (2.3) имеем:

$$C_{шт} = 0,2715 \cdot 4,9 + 0,6578 (4,9 - 2,6) - 0,0144 (4,9 - 2,6) = 2,8101 \text{ руб.}$$

Определяем технологическую себестоимость изготовления детали, полученную прокатом [5].

$$C_{пр} = C_{заг} \cdot Q_{пр} + C_{мех} (Q_{пр} - q) - C_{отх} (Q_{пр} - q), \quad (2.4)$$

где $Q_{пр}$ – масса заготовки из проката, кг; $Q_{пр} = 11,2$ кг – по расчету.

Тогда по формуле (2.4) имеем:

$$C_{пр} = 0,1219 \cdot 11,2 + 0,6578 (11,2 - 2,6) - 0,0144 (11,2 - 2,6) = 6,8985 \text{ руб.}$$

Итак, по технологической себестоимости наиболее экономичным является вариант изготовления детали из заготовки, полученной штамповкой.

При этом мы наблюдаем годовую экономию:

$$\Delta_2 = C_{пр} - C_{шт} \cdot N_2 = 6,8985 - 2,8101 \cdot 10000 = 40884 \text{ руб.}$$

2.4 Выбор методов обработки поверхностей.

Качество обрабатываемой поверхности, а именно точность, определяемая квалитетом IT, и шероховатость Ra, зависят от метода её обработки. Метод завершающей (финишной) обработки, т. е. содержание завершающих переходов, берём из показателей, указанных в рабочем чертеже. В зависимости от содержания первого и последнего переходов, установим промежуточные. При определении маршрутов обработки пытаемся снизить разнообразие применяемого оборудования, приспособлений, и инструментов.

Методы обработки поверхностей сведены в таблицу 2.3.

Таблица 2.3 - Методы обработки поверхностей

№ поверхности	Квалитет точности	Шероховатость Ra	Последовательность обработки
1	14	5	Токарная черновая, Токарная чистовая
2	14	10	Токарная черновая, Токарная чистовая
3	14	10	Токарная черновая, Токарная чистовая
4	14	2,5	Токарная черновая, Токарная чистовая
5	6	0,63	Токарная черновая, Токарная чистовая, Шлифовальная черновая, Шлифовальная чистовая
6	14	1,25	Токарная черновая, Токарная чистовая, Шлифовальная черновая
7	6	0,63	Токарная черновая, Токарная чистовая, Шлифовальная черновая, Шлифовальная чистовая

Продолжение табл. 2.3

8	14	5	Токарная черновая, Токарная чистовая
9	14	10	Токарная черновая, Токарная чистовая
10	14	5	Зубодолбежная
11	8	1,25	Зубодолбежная, Зубошлифовальная
12	8	1,25	Зубодолбежная, Зубошлифовальная
13	14	10	Токарная черновая, Токарная чистовая
14	14	10	Токарная черновая, Токарная чистовая
15	14	10	Токарная черновая, Токарная чистовая
16	10	5	Сверлильная
17	10	5	Сверлильная
18	9	5	Шпоночно-фрезерная
19	14	5	Шпоночно-фрезерная
20	9	5	Шпоночно-фрезерная
21	9	5	Фрезерная
22	9	5	Фрезерная
23	14	5	Фрезерная

Используя эту таблицу, разработаем маршрут обработки заготовки.

2.5 Разработка технологического маршрута изготовления детали.

В зависимости от методов обработки поверхностей выполним маршрут обработки, представленный в виде таблицы 2.4.

Таблица 2.4 - Маршрут обработки детали

№ оп.	Наименование операции	Номера обрабатываемых поверхностей	IT	Ra
000	Заготовительная	Все	16	40
005	Токарная черновая	1, 2, 8, 10	14	10

Продолжение табл. 2.4

010	Токарная черновая	3, 4, 6	14	10
		5, 7	12	10
015	Токарная чистовая	1, 8, 10, 13, 15	14	5
		2	14	10
		9	9	2,5
020	Токарная чистовая	4, 6	14	2,5
		5, 7	9	2,5
		3	14	10
025	Шпоночно-фрезерная	18, 20	9	5
		19	14	10
030	Фрезерная	21, 22	9	5
		23	14	10
035	Сверлильная	16	10	5
040	Сверлильная	17	14	10
045	Зубодолбежная	10	11	10
		11, 12	10	2,5
050	Термическая			
055	Торцекруглошлифовальная	5	8	1,25
		6	14	1,25
060	Внутришлифовальная черновая	7	8	1,25
065	Круглошлифовальная	5	6	0,63
070	Внутришлифовальная чистовая	7	6	0,63
075	Зубошевинговальная	11, 12	8	1,25
080	Моечная	Все		
085	Контрольная			

На основе технологического маршрута разработаем план изготовления и представим его в графической части работы.

2.6 Определение припусков.

Определяем припуски на обработку самой точной поверхности расчетно-аналитическим методом. Расчёт припусков будем вести по размерам поверхности под подшипники $\varnothing 105js6(\pm 0,011)$ мм. Технологический маршрут обработки данной поверхности состоит из: точения чернового и чистового, термообработки, шлифования чернового и чистового.

Исходные данные:

$$1. D = \varnothing 105js6(\pm 0,011) \text{ мм}; L = 31 \text{ мм}; Ra = 0,63 \text{ мкм}.$$

На данную поверхность назначаем переходы:

- 1) токарная черновая обработка;
- 2) токарная чистовая обработка;
- 3) шлифование черновое;
- 4) шлифование чистовое.

Результаты расчетов занесем в таблицу 2.5, начиная с заготовительной операции.

Для каждого перехода определяем суммарную величину

$$a = R_z + h_o,$$

где R_z – максимальная высота неровностей профиля поверхности, мм;

h_o – глубина дефектного слоя, мм.

Значения заносим в графу 5 таблицы 2.5.

По формуле

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

$$\Delta_0 = 0,25 \cdot 2,5 = 0,625, \text{ мм}.$$

$$\Delta_{01} = 0,25 \cdot 0,350 = 0,088, \text{ мм}.$$

$$\Delta_{02} = 0,25 \cdot 0,087 = 0,022, \text{ мм.}$$

$$\Delta_{T0} = 0,25 \cdot 0,140 = 0,035, \text{ мм.}$$

$$\Delta_{03} = 0,25 \cdot 0,054 = 0,014, \text{ мм.}$$

$$\Delta_{04} = 0,25 \cdot 0,022 = 0,006, \text{ мм.}$$

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

Определяем предельные значения припусков на обработку для каждого перехода, кроме 0 и Т0.

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

Здесь i – параметр, который указывает на выполняющийся в настоящее время переход;

($i-1$) – относится к предыдущему переходу.

$$Z_{1\min} = a_0 + \sqrt{\Delta_0^2 + \varepsilon_1^2} = 0,4 + \sqrt{0,625^2 + 0,025^2} = 1,025, \text{ мм.}$$

$$Z_{2\min} = a_1 + \sqrt{\Delta_1^2 + \varepsilon_2^2} = 0,2 + \sqrt{0,088^2 + 0} = 0,288, \text{ мм.}$$

$$Z_{3\min} = a_2 + \sqrt{\Delta_{T0}^2 + \varepsilon_3^2} = 0,1 + \sqrt{0,035^2 + 0^2} = 0,135, \text{ мм.}$$

$$Z_{4\min} = a_3 + \sqrt{\Delta_3^2 + \varepsilon_4^2} = 0,05 + \sqrt{0,014^2 + 0} = 0,064, \text{ мм.}$$

Максимальное значение припуска определяем по формуле

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

$$Z_{1\max} = Z_{1\min} + 0,5(d_0 + Td_1) = 1,025 + 0,5(2,500 + 0,350) = 2,450, \text{ мм.}$$

$$Z_{2\max} = Z_{2\min} + 0,5(d_1 + Td_2) = 0,288 + 0,5(0,350 + 0,087) = 0,507, \text{ мм.}$$

$$Z_{3\max} = Z_{3\min} + 0,5(d_2 + Td_3) = 0,135 + 0,5(0,087 + 0,054) = 0,206, \text{ мм.}$$

$$Z_{4\max} = Z_{4\min} + 0,5(d_3 + Td_4) = 0,064 + 0,5(0,054 + 0,022) = 0,102, \text{ мм.}$$

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

$$d_{4\min}=104,989 \text{ мм.}$$

$$d_{4\max}=105,011 \text{ мм.}$$

$$d_{3\min}=d_{4\max}+2Z_{4\min}=105,011+2 \cdot 0,064=105,139, \text{ мм.}$$

$$d_{3\max}=d_{3\min}+Td_4=105,139+0,022=105,161, \text{ мм.}$$

$$d_{TO\min}=d_{3\max}+2Z_{3\min}=105,161+2 \cdot 0,135=105,431, \text{ мм.}$$

$$d_{TO\max}=d_{TO\min}+Td_{TO}=105,431+0,140=105,571, \text{ мм.}$$

$$d_{2\min}=d_{TO\min} - 0,999=105,571 - 0,999=105,465, \text{ мм.}$$

$$d_{2\max}=d_{2\min}+Td_2=105,465+0,087=105,552, \text{ мм.}$$

$$d_{1\min}=d_{2\max}+2Z_{2\min}=105,552+2 \cdot 0,288=106,128, \text{ мм.}$$

$$d_{1\max}=d_{1\min}+Td_1=106,128+0,350=106,478, \text{ мм.}$$

$$d_{0\min}=d_{1\max}+2Z_{1\min}=106,478+2 \cdot 1,025=108,528, \text{ мм.}$$

$$d_{0\max}=d_{0\min}+Td_0=108,528+2,5=111,028, \text{ мм.}$$

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

Определяем средние значения размера для каждого перехода по формуле

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

$$d_{cp0} = 0,5 (d_{0\max} + d_{0\min}) \approx 0,5(111,028+108,528) = 109,778, \text{ мм.}$$

$$d_{cp1} = 0,5 (d_{1\max} + d_{1\min}) \approx 0,5(106,478+106,128) = 106,303, \text{ мм.}$$

$$d_{cp2} = 0,5 (d_{2\max} + d_{2\min}) \approx 0,5(105,552+105,465) = 105,509, \text{ мм.}$$

$$d_{cpTO} = 0,5 (d_{TO\max} + d_{TO\min}) \approx 0,5(105,571+105,431) = 105,501, \text{ мм.}$$

$$d_{cp3} = 0,5 (d_{3\max} + d_{3\min}) \approx 0,5(105,161+105,139) = 105,150, \text{ мм.}$$

$$d_{cp4} = 0,5 (d_{4\max} + d_{4\min}) \approx 0,5(105,011+104,989) = 105,000, \text{ мм.}$$

Значения заносим в графу 13 таблицы.

Определяем общий припуск на обработку по формулам

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

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

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

$$2Z_{\min} = 108,528 - 105,011 = 3,517, \text{ мм.}$$

$$2Z_{\max} = 3,517 + 2,5 + 0,022 = 6,039, \text{ мм.}$$

$$2Z_{cp} = 0,5(6,039 + 3,517) = 4,778, \text{ мм.}$$

Значения $2Z_{\min}$, $2Z_{\max}$ и $2Z_{cp}$ заносим в нижнюю строку в графы 8, 9 и 10 таблицы 2.5.

Схема расположения допусков приведена на рисунке 2.1.

Таблица 2.5 - Припуски и операционные размеры на пов. $\varnothing 105js6(\pm 0,011)$ 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}
0	Штамповка	16	2,500	0,4	0,625	-	-	-	-	108,528	111,028	109,778
1	Точение черновое	12	0,350	0,2	0,088	0,025	1,025	2,450	1,738	106,128	106,478	106,303
2	Точение чистовое	9	0,087	0,1	0,022	0	0,288	0,507	0,398	105,465	105,552	105,509
3	Термическая обработка	10	0,140	0,25	0,035	-	-	-	-	105,431	105,571	105,501
4	Шлифование черновое	7	0,054	0,05	0,014	0	0,135	0,206	0,171	105,139	105,161	105,150
5	Шлифование чистовое	6	0,022	0,01	0,006		0,064	0,102	0,083	104,989	105,011	105,000
Суммарный припуск 2Z							2Z _{min} =3,517	2Z _{max} =6,039	2Z _{cp} =4,778			

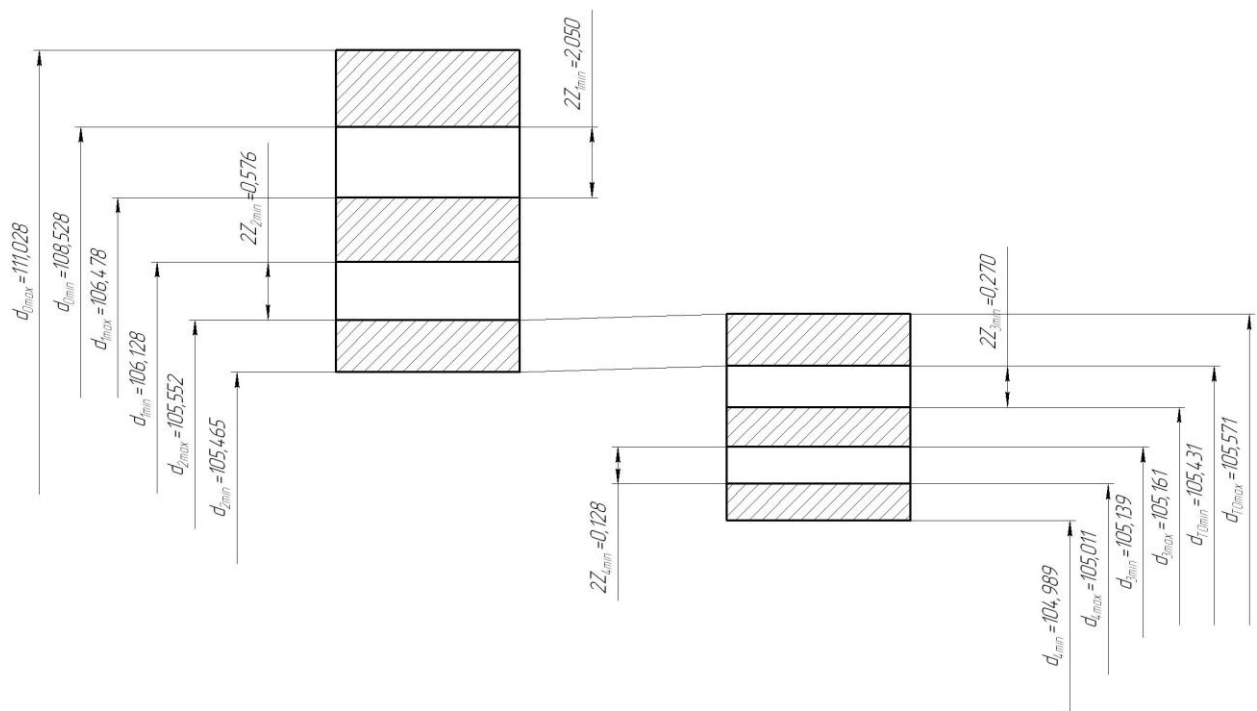


Рис. 2.1. Схема расположения припусков и полей допусков на пов. $\varnothing 105js6(\pm 0,011)$.

2.7 Проектирование заготовки.

При проектировании заготовки нужно учесть следующие параметры:

- 1) припуски, необходимые под обработку;
- 2) наличие черновых баз (в данном случае на операции 005 Токарная черновая в качестве черновой базы берутся поверхности 4 и 5);
- 3) так же при проектировании заготовки необходимо учитывать технические требования, предъявляемые к точности штамповки, и штамповочные уклоны. [6]

Для штамповки по ГОСТ 7505-89 выбираем:

- 1) Группа стали (сталь с массовой долей углерода свыше 0,35 до 0,65% включительно или суммарной массовой долей легирующих элементов свыше 2,0 до 5,0% включительно) принимаем М2 [7].

2) Штамповка на ГКШП относится к классу точности ТЗ.

3) Определим степень сложности поковки.

Степень сложности определяют путем вычисления отношения массы (объема) $G_{п}$ поковки к массе (объему) $G_{ф}$ геометрической фигуры, в которую

вписывается форма поковки. Геометрическая фигура может быть шаром, параллелепипедом, цилиндром с перпендикулярными к его оси торцами или прямой правильной призмой. [8]

В нашем случае такой подходящей геометрической фигурой является цилиндр.

Массы штамповки и цилиндра найдем с помощью трехмерного проектирования. [9]

$$G_{\Pi} = 4,9 \text{ кг.}$$

$$G_{\Phi} = 11,2 \text{ кг.}$$

$$\frac{G_{\Pi}}{G_{\Phi}} = \frac{4,9}{11,2} = 0,438 .$$

Степень сложности поковки выберем по таблице 2.6 [7].

Таблица 2.6. Выбор степени сложности поковки

Степень сложности поковки	Показатель $\frac{G_{\Pi}}{G_{\Phi}}$
C1	свыше 0,63
C2	от 0,32 до 0,63 включительно
C3	от 0,16 до 0,32 включительно
C4	до 0,16

По этому показателю оцениваем степень сложности штамповки C2.

4) Определим исходный индекс штамповки для последующего назначения основных припусков, допусков и допускаемых отклонений.

По ГОСТ 7505-89 [7] определяем исходный индекс заготовки – 11.

2.8 Выбор средств технологического оснащения.

2.8.1 Выбор оборудования.

Данные по выбору оборудования заносим в таблицу 2.7.

Таблица 2.7 - Выбор технологического оборудования.

Номер и наименование операции	Оборудование
005 Токарная черновая с ЧПУ	Токарный станок с ЧПУ SAMAT-400XC
010 Токарная черновая с ЧПУ	Токарный станок с ЧПУ SAMAT-400XC
015 Токарная чистовая с ЧПУ	Токарный станок с ЧПУ SAMAT-400XC
020 Токарная чистовая с ЧПУ	Токарный станок с ЧПУ SAMAT-400XC
025 Шпоночно-фрезерная	Шпоночно-фрезерный станок 692Д
030 Фрезерная	Вертикально-фрезерный станок с ЧПУ 6P13PФ3
035 Сверлильная	Вертикально-сверлильный станок с ЧПУ 2P135Ф2-1
040 Сверлильная	Вертикально-сверлильный станок с ЧПУ 2P135Ф2-1
045 Зубодолбежная	Зубодолбежный станок модели 5M150
055 Торцекруглошлифовальная	Торцекруглошлифовальный станок с ЧПУ ХЩ4-104Ф20
060 Внутришлифовальная черновая	Внутришлифовальный станок с ЧПУ 3M225ВФ2

Продолжение табл. 2.7

065 Круглошлифовальная	Круглошлифовальный станок с ЧПУ КШ – 400.2
070 Внутришлифовальная чистовая	Внутришлифовальный станок с ЧПУ 3М225ВФ2
075 Зубошевинговальная	Зубошевинговальный станок модели 5717С-1
080 Моечная	Моечная машина
085 Контрольная	Контрольный стол

2.8.2 Выбор приспособлений.

Данные по выбору приспособлений занесем в таблицу 2.8.

Таблица 2.8 - Выбор приспособлений.

Номер и наименование операции	Приспособления
005 Токарная черновая с ЧПУ	Патрон самоцентрирующий трехкулачковый ГОСТ 2675-80
010 Токарная черновая с ЧПУ	Патрон самоцентрирующий трехкулачковый ГОСТ 2675-80
015 Токарная чистовая с ЧПУ	Патрон самоцентрирующий трехкулачковый ГОСТ 2675-80
020 Токарная чистовая с ЧПУ	Патрон самоцентрирующий трехкулачковый ГОСТ 2675-80
025 Шпоночно-фрезерная	Приспособление специальное с призмами
030 Фрезерная	Тиски станочные ГОСТ 16518-96
035 Сверлильная	Тиски станочные ГОСТ 16518-96
040 Сверлильная	Приспособление специальное с делительным устройством
Продолжение табл. 2.8	
045 Зубодолбежная	Патрон цанговый специальный

055 Торцекруглошлифовальная	Мембранный патрон (кулачковый) ГОСТ 3889-80
060 Внутришлифовальная черновая	Мембранный патрон (кулачковый) ГОСТ 3889-80
065 Круглошлифовальная	Мембранный патрон (кулачковый) ГОСТ 3889-80
070 Внутришлифовальная чистовая	Мембранный патрон (кулачковый) ГОСТ 3889-80
075 Зубошенинговальная	Приспособление специальное

2.8.3 Выбор режущего инструмента.

Данные по выбору режущего инструмента сведем в таблицу 2.9.

Таблица 2.9 - Выбор режущего инструмента

Номер и наименование операции	Режущий инструмент
005 Токарная черновая с ЧПУ	1) Резец сборный проходной правый T15K6 ГОСТ 18878-82; 2) Резец расточной T15K6 ГОСТ 9795-84.
010 Токарная черновая с ЧПУ	1) Резец сборный проходной правый T15K6 ГОСТ 18878-82; 2) Резец расточной T15K6 ГОСТ 9795-84.
015 Токарная чистовая с ЧПУ	1) Резец сборный проходной правый T15K6 ГОСТ 18878-82; 2) Резец расточной T15K6 ГОСТ 9795-84;
Продолжение табл. 2.9	3) Резец расточной державочный P6M5 ГОСТ 10044-73.

020 Токарная чистовая с ЧПУ	1) Резец канавочный Т15К6 ГОСТ 18885-73; 2) Резец сборный проходной правый Т15К6 ГОСТ 18878-82; 3) Резец расточной Т15К6 ГОСТ 9795-84.
025 Шпоночно-фрезерная	Фреза шпоночная Р6М5 ГОСТ Р 53003-2008.
030 Фрезерная	Фреза концевая Р6М5 ГОСТ 32831-2014
035 Сверлильная	1) Сверло спиральное с цилиндрическим хвостовиком ГОСТ 2034-80; 2) Метчик машинный М6х1 Р6М5 ГОСТ 3266-81.
040 Сверлильная	Сверло спиральное с цилиндрическим хвостовиком ГОСТ 2034-80.
045 Зубодолбежная	Долбяк зубчатый с хвостовиком Р6М5
055 Торцекруглошлифовальная	Шлифовальный круг 1 100'25'30' 24АF40K6V35м/с 2кл. ГОСТ Р 52781-2007
060 Внутришлифовальная черновая	Шлифовальный круг 1 80'40'35' 24А F40R6V35м/с 2кл. ГОСТ Р 52781-2007
Продолжение табл. 2.9	
065 Круглошлифовальная	Шлифовальный круг 1 250'40'76.2' 24АF40K6V35м/с 2кл. ГОСТ Р 52781-2007

070	Внутришлифовальная чистовая	Шлифовальный круг 80'40'35' 24AF25K6V35м/с 2кл. ГОСТ Р 52781- 2007
075	Зубошевинговальная	Шевер Р6М5 для внутреннего зацепления

2.8.4 Выбор средств контроля.

Выберем средства контроля и сведём данный выбор в таблицу 2.10.

Таблица 2.10 - Выбор средств контроля

Номер и наименование операции	Мерительный инструмент
005 Токарная черновая с ЧПУ	1) Штангенциркуль ШЦЦ-III-250- 0,05 ГОСТ 166-89; 2) Калибр-пробка для контроля отверстий ГОСТ 24851-81
010 Токарная черновая с ЧПУ	1) Штангенциркуль ШЦЦ-III-250- 0,05 ГОСТ 166-89; 2) Калибр-пробка для контроля отверстий ГОСТ 24851-81
015 Токарная чистовая с ЧПУ	1) Штангенциркуль ШЦЦ-III-250- 0,05 ГОСТ 166-89; 2) Калибр-пробка для контроля отверстий ГОСТ 24851-81; 3) Микрометр ГОСТ 6507-90.

Продолжение табл. 2.10

020 Токарная чистовая с ЧПУ	1) Штангенциркуль ШЦЦ-III-250- 0,05 ГОСТ 166-89; 2) Калибр-пробка для контроля отверстий ГОСТ 24851-81;
-----------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

		3) Микрометр ГОСТ 6507-90.
025	Шпоночно-фрезерная	1) Штангенциркуль ШЦЦ-III-250-0,05 ГОСТ 166-89; 2) Калибр-пробка для контроля отверстий ГОСТ 24851-81.
030	Фрезерная	1) Штангенциркуль ШЦЦ-III-250-0,05 ГОСТ 166-89; 2) Калибр-пробка для контроля отверстий ГОСТ 24851-81; 3) Угломер ГОСТ 5378-88.
035	Сверлильная	1) Калибр-пробка для контроля отверстий ГОСТ 24851-81; 2) Угломер ГОСТ 5378-88; 3) Калибр для метрической резьбы ГОСТ 24997-2004.
040	Сверлильная	1) Калибр-пробка для контроля отверстий ГОСТ 24851-81; 2) Угломер ГОСТ 5378-88.
045	Зубодолбежная	Калибр специальный
055	Торцекруглошлифовальная	Прибор активного контроля БВ-6060-УНВ-40 ГОСТ 8517-80.
060	Внутришлифовальная черновая	Прибор активного контроля БВ-6060-УНВ-40 ГОСТ 8517-80.
Продолжение табл. 2.10		
065	Круглошлифовальная	Прибор активного контроля БВ-6060-УНВ-40 ГОСТ 8517-80.
070	Внутришлифовальная чистовая	Прибор активного контроля БВ-6060-УНВ-40 ГОСТ 8517-80.
075	Зубошевинговальная	Прибор для контроля

цилиндрического зубчатого венца
ГОСТ 6507 – 81.

2.9 Расчет режимов резания.

2.9.1 Расчет режимов резания на операцию 005 Токарная черновая.

Точить поверхность 1, выдерживая размер $71,8 \pm 0,37$; точить поверхность 2, выдерживая размер $\varnothing 150,3_{-1}$; точить поверхность 10, выдерживая размер $\varnothing 125,4 \pm 0,5$; точить поверхность 8, выдерживая размер $49,8 \pm 0,31$.

Переход 1. Точить поверхность 1, выдерживая размер $71,8 \pm 0,37$; точить поверхность 2, выдерживая размер $\varnothing 150,3_{-1}$.

Глубина резания $t = 2,5$ мм.

По [10] определим подачу $S_0 = 0,3$ мм/об.

По [10] определим скорость $V_0 = 180$ м/мин.

$$V = V_0 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4,$$

где K_1 – поправочный коэффициент, учитывающий обрабатываемый материал;

K_2 – поправочный коэффициент, учитывающий состояние обрабатываемой поверхности;

K_3 – поправочный коэффициент, учитывающий материал резца;

K_4 – поправочный коэффициент, учитывающий главный угол в плане.

Примем

$K_1 = 1,0$ – для стали 20Х [10];

$K_2 = 1,0$ – для твердого сплава Т15К6 [10];

$K_3 = 1,0$ – при стойкости инструмента $T = 60$ мин;

Тогда $V = 180 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 180$ м/мин.

Частота вращения

$$n = \frac{1000V}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 180}{3,14 \cdot 150,3} = 381,4 \text{ мин}^{-1}.$$

По паспорту станка принимаем $n_{\phi}=315 \text{ мин}^{-1}$.

Рассчитаем фактическую скорость резания

$$V_{\phi} = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 150,3 \cdot 315}{1000} = 148,7 \text{ м/мин.}$$

Минутная подача

$$S = S_0 \cdot n = 0,3 \cdot 315 = 94,5 \text{ мм/мин.}$$

Основное время

$$T_0 = \frac{L_{px}}{S} = \frac{52}{94,5} = 0,55 \text{ мин.}$$

Переход 2. Точить поверхность 10, выдерживая размер $\varnothing 125,4 \pm 0,5$;
точить поверхность 8, выдерживая размер $49,8 \pm 0,31$.

Глубина резания $t = 2,5 \text{ мм}$.

По [10] определим подачу $S_0=0,3 \text{ мм/об}$.

По [10] определим скорость $V_0=180 \text{ м/мин}$.

$$V = V_0 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4,$$

где K_1 – поправочный коэффициент, учитывающий обрабатываемый материал;

K_2 – поправочный коэффициент, учитывающий состояние обрабатываемой поверхности;

K_3 – поправочный коэффициент, учитывающий материал резца;

K_4 – поправочный коэффициент, учитывающий главный угол в плане.

Примем

$K_1=1,0$ – для стали 20Х [10];

$K_2=1,0$ – для твердого сплава Т15К6 [10];

$K_3=1,0$ – при стойкости инструмента $T=60 \text{ мин}$;

Тогда $V = 180 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 180 \text{ м/мин}$.

Частота вращения

$$n = \frac{1000V}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 180}{3,14 \cdot 125,4} = 457,1 \text{ мин}^{-1}.$$

По паспорту станка принимаем $n_{\phi}=400 \text{ мин}^{-1}$.

Рассчитаем фактическую скорость резания

$$V_{\phi} = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 125,4 \cdot 400}{1000} = 157,5 \text{ м/мин.}$$

Минутная подача

$$S = S_0 \cdot n = 0,3 \cdot 400 = 120 \text{ мм/мин.}$$

Основное время

$$T_0 = \frac{L_{px}}{S} = \frac{44}{120} = 0,37 \text{ мин.}$$

Основное время всей операции

$$T_0 = \sum T_{0i} = 0,55 + 0,37 = 0,92 \text{ , мин.}$$

2.9.2 Расчет режимов резания на операцию 010 Токарная черновая.

Точить поверхность 6, выдерживая размер $71,5 \pm 0,37$; точить поверхность 5, выдерживая размер $\text{Ø}105,6 \pm 0,175$; точить поверхность 4, выдерживая размеры $35,3 \pm 0,31$, $\text{Ø}129,3 \pm 0,5$; точить поверхность 3, выдерживая размер $34,3 \pm 0,31$; точить поверхность 7, выдерживая размер $\text{Ø}89,1 \pm 0,175$.

Переход 1. Точить поверхность 6, выдерживая размер $71,5 \pm 0,37$; точить поверхность 5, выдерживая размер $\text{Ø}105,6 \pm 0,175$; точить поверхность 4, выдерживая размеры $35,3 \pm 0,31$, $\text{Ø}129,3 \pm 0,5$; точить поверхность 3, выдерживая размер $34,3 \pm 0,31$.

Глубина резания $t = 2,5 \text{ мм}$.

По [10] определим подачу $S_0=0,3 \text{ мм/об}$.

По [10] определим скорость $V_0=180 \text{ м/мин}$.

$$V = V_0 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4,$$

где K_1 – поправочный коэффициент, учитывающий обрабатываемый материал;

K_2 – поправочный коэффициент, учитывающий состояние обрабатываемой поверхности;

K_3 – поправочный коэффициент, учитывающий материал резца;

K_4 – поправочный коэффициент, учитывающий главный угол в плане.

Примем

$K_1=1,0$ – для стали 20Х [10];

$K_2=1,0$ – для твердого сплава Т15К6 [10];

$K_3=1,0$ – при стойкости инструмента $T=60$ мин;

Тогда $V = 180 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 180$ м/мин.

Частота вращения

$$n = \frac{1000V}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 180}{3,14 \cdot 150,3} = 381,4 \text{ мин}^{-1}.$$

По паспорту станка принимаем $n_{\phi}=315$ мин⁻¹.

Рассчитаем фактическую скорость резания

$$V_{\phi} = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 150,3 \cdot 315}{1000} = 148,7 \text{ м/мин.}$$

Минутная подача

$$S = S_0 \cdot n = 0,3 \cdot 315 = 94,5 \text{ мм/мин.}$$

Основное время

$$T_0 = \frac{L_{px}}{S} = \frac{72}{94,5} = 0,76 \text{ мин.}$$

Переход 2. Точить поверхность 7, выдерживая размер $\varnothing 89,1 \pm 0,175$.

Глубина резания $t = 2,5$ мм.

По [10] определим подачу $S_0=0,3$ мм/об.

По [10] определим скорость $V_0=180$ м/мин.

$$V = V_0 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4,$$

где K_1 – поправочный коэффициент, учитывающий обрабатываемый материал;

K_2 – поправочный коэффициент, учитывающий состояние обрабатываемой поверхности;

K_3 – поправочный коэффициент, учитывающий материал резца;

K_4 – поправочный коэффициент, учитывающий главный угол в плане.

Примем

$K_1=1,0$ – для стали 20Х [10];

$K_2=1,0$ – для твердого сплава Т15К6 [10];

$K_3=1,0$ – при стойкости инструмента $T=60$ мин;

Тогда $V = 180 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 180$ м/мин.

Частота вращения

$$n = \frac{1000V}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 180}{3,14 \cdot 89,1} = 643,4 \text{ мин}^{-1}.$$

По паспорту станка принимаем $n_{\phi}=630$ мин⁻¹.

Рассчитаем фактическую скорость резания

$$V_{\phi} = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 89,1 \cdot 630}{1000} = 176,3 \text{ м/мин.}$$

Минутная подача

$$S = S_0 \cdot n = 0,3 \cdot 630 = 189 \text{ мм/мин.}$$

Основное время

$$T_0 = \frac{L_{px}}{S} = \frac{51}{189} = 0,27 \text{ мин.}$$

Основное время всей операции

$$T_0 = \sum T_{0i} = 0,76 + 0,27 = 1,03 \text{ , мин.}$$

2.9.3 Расчет режимов резания на операцию 015 Токарная чистовая.

Точить поверхность 1, выдерживая размер $71,5 \pm 0,37$; выполнить фаску $1,5 \times 45^\circ$; точить поверхность 2, выдерживая размер $\text{Ø}150_{-1}$; точить поверхности 10 и 13, выдерживая размеры $\text{Ø}126 \pm 0,5$, $30^\circ \pm 30'$; точить поверхность 8, выдерживая размер $49,5 \pm 0,31$; точить поверхности 9 и 15, выдерживая размеры $\text{Ø}130,5^{+1}$, $30^\circ \pm 30'$.

Переход 1. Точить поверхность 1, выдерживая размер $71,5 \pm 0,37$; выполнить фаску $1,5 \times 45^\circ$; точить поверхность 2, выдерживая размер $\text{Ø}150_{-1}$.

Глубина резания $t = 0,3$ мм.

По [10] определим подачу $S_0 = 0,2$ мм/об.

По [10] определим скорость $V_0 = 180$ м/мин.

$$V = V_0 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4,$$

где K_1 – поправочный коэффициент, учитывающий обрабатываемый материал;

K_2 – поправочный коэффициент, учитывающий состояние обрабатываемой поверхности;

K_3 – поправочный коэффициент, учитывающий материал резца;

K_4 – поправочный коэффициент, учитывающий главный угол в плане.

Примем

$K_1 = 1,0$ – для стали 20Х [10];

$K_2 = 1,0$ – для твердого сплава Т15К6 [10];

$K_3 = 1,0$ – при стойкости инструмента $T = 60$ мин;

Тогда $V = 180 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 180$ м/мин.

Частота вращения

$$n = \frac{1000V}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 180}{3,14 \cdot 150} = 382,2 \text{ мин}^{-1}.$$

По паспорту станка принимаем $n_{\phi} = 315$ мин⁻¹.

Рассчитаем фактическую скорость резания

$$V_{\phi} = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 150 \cdot 315}{1000} = 148,4 \text{ м/мин.}$$

Минутная подача

$$S = S_0 \cdot n = 0,3 \cdot 315 = 94,5 \text{ мм/мин.}$$

Основное время

$$T_0 = \frac{L_{px}}{S} = \frac{48}{94,5} = 0,51 \text{ мин.}$$

Переход 2. Точить поверхности 10 и 13, выдерживая размеры $\varnothing 126 \pm 0,5$, $30^{\circ} \pm 30'$.

Глубина резания $t = 0,3$ мм.

По [10] определим подачу $S_0=0,3$ мм/об.

По [10] определим скорость $V_0=180$ м/мин.

$$V = V_0 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4,$$

где K_1 – поправочный коэффициент, учитывающий обрабатываемый материал;

K_2 – поправочный коэффициент, учитывающий состояние обрабатываемой поверхности;

K_3 – поправочный коэффициент, учитывающий материал резца;

K_4 – поправочный коэффициент, учитывающий главный угол в плане.

Примем

$K_1=1,0$ – для стали 20Х [10];

$K_2=1,0$ – для твердого сплава Т15К6 [10];

$K_3=1,0$ – при стойкости инструмента $T=60$ мин;

Тогда $V = 180 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 180$ м/мин.

Частота вращения

$$n = \frac{1000V}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 180}{3,14 \cdot 126} = 455,0 \text{ мин}^{-1}.$$

По паспорту станка принимаем $n_{\phi}=400$ мин⁻¹.

Рассчитаем фактическую скорость резания

$$V_{\phi} = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 126 \cdot 400}{1000} = 158,3 \text{ м/мин.}$$

Минутная подача

$$S = S_0 \cdot n = 0,3 \cdot 400 = 120 \text{ мм/мин.}$$

Основное время

$$T_0 = \frac{L_{px}}{S} = \frac{14}{120} = 0,12 \text{ мин.}$$

Переход 3. Точить поверхность 8, выдерживая размер $49,5 \pm 0,31$; точить поверхности 9 и 15, выдерживая размеры $\text{Ø}130,5^{+1}$, $30^0 \pm 30'$.

Глубина резания $t = 0,3$ мм.

По [10] определим подачу $S_0=0,3$ мм/об.

По [10] определим скорость $V_0=180$ м/мин.

$$V = V_0 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4,$$

где K_1 – поправочный коэффициент, учитывающий обрабатываемый материал;

K_2 – поправочный коэффициент, учитывающий состояние обрабатываемой поверхности;

K_3 – поправочный коэффициент, учитывающий материал резца;

K_4 – поправочный коэффициент, учитывающий главный угол в плане.

Примем

$K_1=1,0$ – для стали 20Х [10];

$K_2=1,0$ – для твердого сплава Т15К6 [10];

$K_3=1,0$ – при стойкости инструмента $T=60$ мин;

Тогда $V = 180 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 180$ м/мин.

Частота вращения

$$n = \frac{1000V}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 180}{3,14 \cdot 130,5} = 439,3 \text{ мин}^{-1}.$$

По паспорту станка принимаем $n_\phi=400$ мин⁻¹.

Рассчитаем фактическую скорость резания

$$V_\phi = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 130,5 \cdot 400}{1000} = 163,9 \text{ м/мин.}$$

Минутная подача

$$S = S_0 \cdot n = 0,3 \cdot 400 = 120 \text{ мм/мин.}$$

Основное время

$$T_0 = \frac{L_{px}}{S} = \frac{23}{120} = 0,19 \text{ мин.}$$

Основное время всей операции

$$T_0 = \sum T_{0i} = 0,51 + 0,12 + 0,19 = 0,82 \text{ , мин.}$$

2.9.4 Расчет режимов резания на операцию 020 Токарная чистовая.

Выполнить канавку, выдерживая размеры R0,5, R1, 3, 0,5, 45°; точить поверхность 6, выдерживая размер 71,2±0,37; выполнить фаску 1,5x45°; точить поверхность 5, выдерживая размер Ø105,3±0,043; точить поверхность 4, выдерживая размеры 35±0,31, Ø129±0,5; точить поверхность 3, выдерживая размер 34±0,31; выполнить фаску 1,5x45°; точить поверхность 7, выдерживая размер Ø89,7±0,043.

Переход 1. Выполнить канавку, выдерживая размеры R0,5, R1, 3, 0,5, 45°.

Глубина резания $t = 0,8$ мм.

По [10] определим подачу $S_0 = 0,3$ мм/об.

По [10] определим скорость $V_0 = 180$ м/мин.

$$V = V_0 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4,$$

где K_1 – поправочный коэффициент, учитывающий обрабатываемый материал;

K_2 – поправочный коэффициент, учитывающий состояние обрабатываемой поверхности;

K_3 – поправочный коэффициент, учитывающий материал резца;

K_4 – поправочный коэффициент, учитывающий главный угол в плане.

Примем

$K_1 = 1,0$ – для стали 20Х [10];

$K_2 = 1,0$ – для твердого сплава Т15К6 [10];

$K_3 = 1,0$ – при стойкости инструмента $T = 60$ мин;

Тогда $V = 180 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 180$ м/мин.

Частота вращения

$$n = \frac{1000V}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 180}{3,14 \cdot 105,6} = 542,8 \text{ мин}^{-1}.$$

По паспорту станка принимаем $n_{\phi} = 500 \text{ мин}^{-1}$.

Рассчитаем фактическую скорость резания

$$V_{\phi} = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 105,6 \cdot 500}{1000} = 165,8 \text{ м/мин.}$$

Минутная подача

$$S = S_0 \cdot n = 0,3 \cdot 500 = 150 \text{ мм/мин.}$$

Основное время

$$T_0 = \frac{L_{px}}{S} = \frac{2}{150} = 0,01 \text{ мин.}$$

Переход 2. Точить поверхность 6, выдерживая размер $71,2 \pm 0,37$; выполнить фаску $1,5 \times 45^\circ$; точить поверхность 5, выдерживая размер $\varnothing 105,3 \pm 0,043$; точить поверхность 4, выдерживая размеры $35 \pm 0,31$, $\varnothing 129 \pm 0,5$; точить поверхность 3, выдерживая размер $34 \pm 0,31$; выполнить фаску $1,5 \times 45^\circ$.

Глубина резания $t = 0,3$ мм.

По [10] определим подачу $S_0 = 0,2$ мм/об.

По [10] определим скорость $V_0 = 180$ м/мин.

$$V = V_0 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4,$$

где K_1 – поправочный коэффициент, учитывающий обрабатываемый материал;

K_2 – поправочный коэффициент, учитывающий состояние обрабатываемой поверхности;

K_3 – поправочный коэффициент, учитывающий материал резца;

K_4 – поправочный коэффициент, учитывающий главный угол в плане.

Примем

$K_1 = 1,0$ – для стали 20Х [10];

$K_2 = 1,0$ – для твердого сплава Т15К6 [10];

$K_3 = 1,0$ – при стойкости инструмента $T = 60$ мин;

Тогда $V = 180 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 180$ м/мин.

Частота вращения

$$n = \frac{1000V}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 180}{3,14 \cdot 150,6} = 380,6 \text{ мин}^{-1}.$$

По паспорту станка принимаем $n_{\phi} = 315 \text{ мин}^{-1}$.

Рассчитаем фактическую скорость резания

$$V_{\phi} = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 150,6 \cdot 315}{1000} = 149,0 \text{ м/мин.}$$

Минутная подача

$$S = S_0 \cdot n = 0,2 \cdot 315 = 63 \text{ мм/мин.}$$

Основное время

$$T_0 = \frac{L_{px}}{S} = \frac{39}{63} = 0,62 \text{ мин.}$$

Переход 3. Точить поверхность 7, выдерживая размер $\varnothing 89,7 \pm 0,043$.

Глубина резания $t = 0,3$ мм.

По [10] определим подачу $S_0 = 0,2$ мм/об.

По [10] определим скорость $V_0 = 180$ м/мин.

$$V = V_0 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4,$$

где K_1 – поправочный коэффициент, учитывающий обрабатываемый материал;

K_2 – поправочный коэффициент, учитывающий состояние обрабатываемой поверхности;

K_3 – поправочный коэффициент, учитывающий материал резца;

K_4 – поправочный коэффициент, учитывающий главный угол в плане.

Примем

$K_1 = 1,0$ – для стали 20Х [10];

$K_2 = 1,0$ – для твердого сплава Т15К6 [10];

$K_3 = 1,0$ – при стойкости инструмента $T = 60$ мин;

Тогда $V = 180 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 180$ м/мин.

Частота вращения

$$n = \frac{1000V}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 180}{3,14 \cdot 89,7} = 639,1 \text{ мин}^{-1}.$$

По паспорту станка принимаем $n_{\phi} = 630 \text{ мин}^{-1}$.

Рассчитаем фактическую скорость резания

$$V_{\phi} = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 89,7 \cdot 630}{1000} = 177,4 \text{ м/мин.}$$

Минутная подача

$$S = S_0 \cdot n = 0,2 \cdot 630 = 126 \text{ мм/мин.}$$

Основное время

$$T_0 = \frac{L_{px}}{S} = \frac{51}{126} = 0,40 \text{ мин.}$$

Основное время всей операции

$$T_0 = \sum T_{0i} = 0,01 + 0,62 + 0,40 = 1,03 \text{ , мин.}$$

2.9.5 Расчет режимов резания на операцию 025 Шпоночно-фрезерная.

Фрезеровать поверхности 18 и 20, выдерживая размер $12 \begin{matrix} +0,093 \\ +0,050 \end{matrix}$;

фрезеровать поверхность 19, выдерживая размеры $\varnothing 100_{-0,87}, 43 \pm 0,31$.

Глубина резания $t = 5$ мм. Количество проходов 1.

По [10] определим подачу $S_Z = 0,025$ мм/зуб. [10]

Определим подачу на оборот шпинделя по формуле

$$S_0 = S_Z \cdot z,$$

где $z = 2$ – количество зубьев фрезы.

$$S_0 = 0,025 \cdot 2 = 0,05 \text{ , мм/об.}$$

Скорость резания определим по формуле:

$$V = \frac{C_V D^q K_V}{T^m t^x S_0^y},$$

где D – диаметр фрезы, мм;

t – глубина резания, мм;

S_0 – подача, мм/об;

C_V – постоянный коэффициент, учитывающийся при сверлении;

q, m, x, y – показатели степени;

K_V – общий поправочный коэффициент на скорость резания.

$$K_V = K_{MV} K_{UV} K_{LV},$$

где K_{MV} – коэффициент на качество обрабатываемого материала;

K_{UV} – коэффициент на инструментальный материал;

K_{LV} – коэффициент, учитывающий глубину отверстия.

Примем

$K_{MV} = 1,0$ – для стали 20Х [10];

$K_{UV} = 1,0$ – для инструментального материала Т15К6;

$K_{LV} = 1,0$.

Отсюда $K_V = 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 1,0$.

Скорость резания определим по формуле, приняв для этого:

$D=12$ мм; $t = 5$ мм; $S_0=0,05$ мм/об; $C_V=7,0$; $K_V=0,5$; $q=0,4$; $x=0$; $y=0,7$;
 $m=0,2$; $T=30$ мин.

Окончательно по формуле имеем:

$$V = \frac{7,0 \cdot 12^{0,4}}{30^{0,2} \cdot 5^0 \cdot 0,05^{0,7}} \cdot 1,0 = 78,0, \text{ м/мин.}$$

Частоту вращения определяем по формуле $n = \frac{1000V}{\pi D}$.

$$n = \frac{1000 \cdot 78,0}{3,14 \cdot 12} = 2070,1, \text{ мин}^{-1}.$$

Принимаем $n=2000$ мин⁻¹.

$$\text{Тогда } V_\phi = \frac{\pi D n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 12 \cdot 2000}{1000} = 75,4, \text{ м/мин.}$$

Минутная подача

$$S = S_0 \cdot n = 0,05 \cdot 2000 = 100, \text{ мм/мин.}$$

Основное время определим по формуле

$$T_0 = \frac{n_{отв} \cdot L_{px}}{S},$$

Основное время определим по формуле, приняв для этого:

$n_{отв}=1$; $L_{px}=28$ мм, количество проходов 1.

Окончательно имеем:

$$T_0 = \frac{1 \cdot 28}{100} = 0,28 \text{ мин.}$$

2.9.6 Расчет режимов резания на операцию 030 Фрезерная.

Фрезеровать поверхности 21 и 22, выдерживая размер $12^{(+0,093)}_{(+0,050)}$;
фрезеровать поверхность 23, выдерживая размеры $R6^{+0,3}$, $8,5 \pm 0,18$.

Глубина резания $t = 5$ мм. Количество проходов 1.

По [10] определим подачу $S_Z = 0,025$ мм/зуб. [10]

Определим подачу на оборот шпинделя по формуле

$$S_0 = S_Z \cdot z,$$

где $z = 2$ – количество зубьев фрезы.

$$S_0 = 0,025 \cdot 2 = 0,05, \text{ мм/об.}$$

Скорость резания определим по формуле:

$$V = \frac{C_V D^q K_V}{T^m t^x S_0^y},$$

где D – диаметр фрезы, мм;

t – глубина резания, мм;

S_0 – подача, мм/об;

C_V – постоянный коэффициент, учитывающийся при сверлении;

q, m, x, y – показатели степени;

K_V – общий поправочный коэффициент на скорость резания.

$$K_V = K_{MV} K_{UV} K_{LV},$$

где K_{MV} – коэффициент на качество обрабатываемого материала;

K_{UV} – коэффициент на инструментальный материал;

K_{LV} – коэффициент, учитывающий глубину отверстия.

Примем

$$K_{MV} = 1,0 \text{ – для стали 20X [10];}$$

$$K_{UV} = 1,0 \text{ – для инструментального материала Т15К6;}$$

$$K_{LV} = 1,0.$$

$$\text{Отсюда } K_V = 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 1,0.$$

Скорость резания определим по формуле, приняв для этого:

$D = 12$ мм; $t = 5$ мм; $S_0 = 0,05$ мм/об; $C_V = 7,0$; $K_V = 0,5$; $q = 0,4$; $x = 0$; $y = 0,7$;
 $m = 0,2$; $T = 30$ мин.

Окончательно по формуле имеем:

$$V = \frac{7,0 \cdot 12^{0,4}}{30^{0,2} \cdot 5^0 \cdot 0,05^{0,7}} \cdot 1,0 = 78,0, \text{ м/мин.}$$

Частоту вращения определяем по формуле $n = \frac{1000V}{\pi D}$.

$$n = \frac{1000 \cdot 78,0}{3,14 \cdot 12} = 2070,1, \text{ мин}^{-1}.$$

Принимаем $n=2000 \text{ мин}^{-1}$.

$$\text{Тогда } V_{\phi} = \frac{\pi D n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 12 \cdot 2000}{1000} = 75,4, \text{ м/мин.}$$

Минутная подача

$$S = S_0 \cdot n = 0,05 \cdot 2000 = 100, \text{ мм/мин.}$$

Основное время определим по формуле

$$T_0 = \frac{n_{отв} \cdot L_{рх}}{S},$$

Основное время определим по формуле, приняв для этого:

$n_{отв}=1$; $L_{рх}=17 \text{ мм}$, количество проходов 1.

Окончательно имеем:

$$T_0 = \frac{1 \cdot 17}{100} = 0,17 \text{ мин.}$$

2.9.7 Расчет режимов резания на операцию 035 Сверлильная.

Сверлить три отверстия (поверхности 16), выдерживая размеры $\text{Ø}5^{+0,3}$, $\text{Ø}120 \pm 0,435$, $120^\circ \pm 1^\circ$; на трех поверхностях 16 нарезать резьбу М6х1.

Переход 1. Сверлить три отверстия (поверхности 16), выдерживая размеры $\text{Ø}5^{+0,3}$, $\text{Ø}120 \pm 0,435$, $120^\circ \pm 1^\circ$.

$$L = L_p + L_{\Pi} + L_d, \quad [10]$$

где L_p – длина резания;

L_{Π} – величина подвода, врезания и перебега инструмента;

L_d – дополнительная длина хода, вызываемая в ряде случаев особенностями наладки и конфигурации детали.

$$L_{\Pi} = 1 \text{ мм.}$$

$$L_d = 1,5 \text{ мм.}$$

$$L = 13,5 + 1 + 1,5 = 16 \text{ , мм.}$$

Определим стойкость инструментов.

$$T_p = T_M \cdot \lambda,$$

где T_M – стойкость в минутах основного времени работы станка;

λ – коэффициент времени резания, равный отношению длины резания L_p инструмента к общей длине рабочего хода шпиндельной головки $L_{p.x}$.

$$\lambda = \frac{L_p}{L_{p.x}} \approx 1.$$

$$T_M = 60 \text{ мин.}$$

$$T_p = 60 \cdot 1 = 60 \text{ , мин.}$$

$$S_0 = 0,2 \text{ мм/об.}$$

Рассчитаем скорость резания v , частоту вращения инструментальных шпинделей n , а также минутную подачу S_M .

$$v = v_{TAB} \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3,$$

где v_{TAB} – скорость резания по таблице, м/мин;

K_1 – коэффициент, зависящий от обрабатываемого материала;

K_2 – коэффициент, зависящий от отношения принятой подачи к подаче [10];

K_3 – коэффициент, зависящий от стойкости инструмента.

$$v_{TAB} = 15 \text{ м/мин.}$$

$$K_1 = 1,3.$$

$$K_2 = 1,0.$$

$$K_3 = 0,95.$$

$$v = 15 \cdot 1,3 \cdot 1 \cdot 0,95 = 18,5 \text{ , м/мин.}$$

$$n = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot D}.$$

$$n = \frac{1000 \cdot 18,5}{3,14 \cdot 5} = 1178 \text{ , мин}^{-1}.$$

Принимаем по паспорту станка $n = 1000 \text{ мин}^{-1}$.

Уточним значение скорости резания.

$$v = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 5 \cdot 1000}{1000} = 15,7 \text{ , м/мин.}$$

$$S_M = S_0 \cdot n = 0,2 \cdot 1000 = 200 \text{ , мм/мин.}$$

Рассчитаем основное время на обработку T_0 .

$$T_0 = \frac{L_{p.x}}{S_M} = \frac{16 \cdot 3}{200} = 0,24 \text{ , мин.}$$

Переход 2. На трех поверхностях 16 нарезать резьбу М6х1.

$$L = L_p + L_{II} + L_d \text{ ,} \quad [10]$$

где L_p – длина резания;

L_{II} – величина подвода, врезания и перебега инструмента;

L_d – дополнительная длина хода, вызываемая в ряде случаев особенностями наладки и конфигурации детали.

$$L_{II} = 1 \text{ мм.}$$

$$L_d = 5 \text{ мм.}$$

$$L = 13,5 + 1 + 5 = 19,5 \text{ , мм.}$$

Определим стойкость инструментов.

$$T_p = T_M \cdot \lambda \text{ ,}$$

где T_M – стойкость в минутах основного времени работы станка;

λ – коэффициент времени резания, равный отношению длины резания L_p инструмента к общей длине рабочего хода шпиндельной головки $L_{p.x}$.

$$\lambda = \frac{L_p}{L_{p.x}} \approx 1 \text{ .}$$

$$T_M = 60 \text{ мин.}$$

$$T_p = 60 \cdot 1 = 60 \text{ , мин.}$$

$$S_0 = 1,0 \text{ мм/об.}$$

Рассчитаем скорость резания v , частоту вращения инструментальных шпинделей n , а также минутную подачу S_M .

$$v = v_{TAB} \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \text{ ,}$$

где $v_{\text{ТАБ}}$ – скорость резания по таблице, м/мин;

K_1 – коэффициент, зависящий от обрабатываемого материала;

K_2 – коэффициент, зависящий от отношения принятой подачи к подаче [10];

K_3 – коэффициент, зависящий от стойкости инструмента.

$$v_{\text{ТАБ}} = 7 \text{ м/мин.}$$

$$K_1 = 1,3.$$

$$K_2 = 1,0.$$

$$K_3 = 0,95.$$

$$v = 4 \cdot 1,3 \cdot 1 \cdot 0,95 = 4,9, \text{ м/мин.}$$

$$n = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot D}.$$

$$n = \frac{1000 \cdot 4,9}{3,14 \cdot 6} = 260,1, \text{ мин}^{-1}.$$

Принимаем по паспорту станка $n = 250 \text{ мин}^{-1}$.

Уточним значение скорости резания.

$$v = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 6 \cdot 250}{1000} = 4,7, \text{ м/мин.}$$

$$S_M = S_0 \cdot n = 1,0 \cdot 250 = 250, \text{ мм/мин.}$$

Рассчитаем основное время на обработку T_0 .

$$T_0 = \frac{L_{p.x}}{S_M} = \frac{19,5 \cdot 3}{250} = 0,23, \text{ мин.}$$

Основное время всей операции

$$T_0 = \sum T_{0i} = 0,24 + 0,23 = 0,47, \text{ мин.}$$

2.9.8 Расчет режимов резания на операцию 040 Сверлильная.

Сверлить три отверстия (поверхности 17), выдерживая размеры $\varnothing 4^{+0,3}$, $58 \pm 0,37$, $120^\circ \pm 1^\circ$.

$$L = L_p + L_{\Pi} + L_d, \quad [10]$$

где L_p – длина резания;

L_{Π} – величина подвода, врезания и перебега инструмента;

L_D – дополнительная длина хода, вызываемая в ряде случаев особенностями наладки и конфигурации детали.

$$L_{II} = 1 \text{ мм.}$$

$$L_D = 1,5 \text{ мм.}$$

$$L = 7,5 + 1 + 1,5 = 10 \text{ , мм.}$$

Определим стойкость инструментов.

$$T_P = T_M \cdot \lambda,$$

где T_M – стойкость в минутах основного времени работы станка;

λ – коэффициент времени резания, равный отношению длины резания L_P инструмента к общей длине рабочего хода шпиндельной головки $L_{P.X}$.

$$\lambda = \frac{L_P}{L_{P.X}} \approx 1.$$

$$T_M = 60 \text{ мин.}$$

$$T_P = 60 \cdot 1 = 60 \text{ , мин.}$$

$$S_0 = 0,2 \text{ мм/об.}$$

Рассчитаем скорость резания v , частоту вращения инструментальных шпинделей n , а также минутную подачу S_M .

$$v = v_{ТАБ} \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3,$$

где $v_{ТАБ}$ – скорость резания по таблице, м/мин;

K_1 – коэффициент, зависящий от обрабатываемого материала;

K_2 – коэффициент, зависящий от отношения принятой подачи к подаче [10];

K_3 – коэффициент, зависящий от стойкости инструмента.

$$v_{ТАБ} = 15 \text{ м/мин.}$$

$$K_1 = 1,3.$$

$$K_2 = 1,0.$$

$$K_3 = 0,95.$$

$$v = 15 \cdot 1,3 \cdot 1 \cdot 0,95 = 18,5 \text{ , м/мин.}$$

$$n = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot D}.$$

$$n = \frac{1000 \cdot 18,5}{3,14 \cdot 4} = 1472 \text{ , мин}^{-1}.$$

Принимаем по паспорту станка $n = 1250 \text{ мин}^{-1}$.

Уточним значение скорости резания.

$$v = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 4 \cdot 1250}{1000} = 15,7 \text{ , м/мин.}$$

$$S_M = S_0 \cdot n = 0,2 \cdot 1250 = 250 \text{ , мм/мин.}$$

Рассчитаем основное время на обработку T_0 .

$$T_0 = \frac{L_{p.x}}{S_M} = \frac{10 \cdot 3}{250} = 0,12 \text{ , мин.}$$

2.9.9 Расчет режимов резания на операцию 045 Зубодолбежная.

Выполнить поверхности 11 и 12, выдерживая размеры $m=1,0$, $z=36$, $\emptyset 128_{-0,16}$, $28,2_{-0,084}$; долбить поверхность 10, выдерживая размер $\emptyset 130,5_{-0,4}$.

Определим круговую подачу S_k

$$S_k = S_{k, \text{табл}} \cdot K_1 \cdot K_2,$$

где $S_{k, \text{табл}} = 0,3$ – подача по таблице, мм/дв.х.; [10]

K_1 – коэффициент, определяемый обрабатываемым материалом;

K_2 – коэффициент, определяемый углом наклона колеса.

Для обработки стали 20X $K_1 = 1,0$.

Для угла наклона колеса $\beta=0$ $K_2 = 1,0$.

$$S_k = 0,3 \cdot 1 \cdot 1 = 0,3 \text{ , мм/дв.х.}$$

Определим скорость резания

$$v = v_{\text{табл}} \cdot K_3 \cdot K_4,$$

где $v_{\text{табл}} = 30$ м/мин – скорость резания по таблице; [10]

K_3 - коэффициент, определяемый обрабатываемым материалом;

K_4 – коэффициент, определяемый материалом режущей части инструмента.

Для обработки стали 20X $K_3 = 1,0$. [10]

Для материала инструмента – стали P6M5 $K_4 = 1,0$. [10]

$$v = 30 \cdot 1 \cdot 1 = 30, \text{ м/мин.}$$

Определим радиальную подачу

$$S_p = 0,1 \dots 0,3 \text{ } S_k = 0,2 \cdot 0,3 = 0,06, \text{ мм/дв.х.}$$

Рассчитаем частоту возвратно-поступательного хода долбяка

$$n = \frac{1000 \cdot v}{2 \cdot L_{p.x.}},$$

где $L_{p.x.} = 15$ мм – длина рабочего хода долбяка.

$$n = \frac{1000 \cdot 30}{2 \cdot 15} = 1000, \text{ дв.х./мин.}$$

Определим основное время операции

$$T_0 = \frac{h_1}{S_p \cdot n} + \frac{\pi \cdot m \cdot z}{S_k \cdot n},$$

где $h_1 = 2,25$ мм – высота зуба колеса;

$m = 1$ мм – модуль;

$z = 36$ – количество зубьев нарезаемого колеса.

$$T_0 = \frac{2,25}{0,06 \cdot 1000} + \frac{3,14 \cdot 1 \cdot 36}{0,3 \cdot 1000} = 0,40 + 3,80 = 4,20, \text{ мин.}$$

2.9.10 Расчет режимов резания на операцию 055

Торцекруглошлифовальная.

Шлифовать поверхность 5, выдерживая размер $\varnothing 105,1 \pm 0,027$;

шлифовать поверхность 6, выдерживая размер $71 \pm 0,37$.

Характеристики шлифовального круга:

Круг 1 100' 25' 30' 24А F40 K6 V 35м/с 2кл. ГОСТ Р 52781 – 2007г.

Материал абразивного зерна – 24А;

Зернистость – 40;

Твердость – К;

Структура – 6;

Связка – V(керамическая);

Диаметр круга - 100 мм.

Режимы резания определим, пользуясь данными [10].

Определим скорость резания $V=35$ м/с [10].

Радиальная подача $S_p=0,003$ мм/об или 0,4 мм/мин [10].

Скорость вращения заготовки $V_3=35$ м/мин [10].

Частота вращения заготовки

$$n_3 = \frac{1000V_3}{\pi D_3} = \frac{1000 \cdot 35}{3,14 \cdot 105,1} = 106,1, \text{ об/мин.}$$

Основное время определим по формуле

$$T_0 = \frac{L_{УСК}}{S_{УСК}} + \sum \frac{L_{Pi}}{S_{Pi}} + T_{ВЫХ},$$

где $L_{УСК}$, $S_{УСК}$ – соответственно длина и подача при ускоренных перемещениях;

L_p , S_p – соответственно длина и подача при рабочих перемещениях

$T_{ВЫХ} = 0,05$ – время выхаживания [10].

Тогда определим:

$$T_0 = \frac{160}{500} + \frac{38}{100} + 0,05 = 0,75, \text{ мин.}$$

2.9.11 Расчет режимов резания на операцию 060 Внутришлифовальная черновая.

Шлифовать поверхность 7, выдерживая размер $\varnothing 89,9 \pm 0,027$.

Характеристики шлифовального круга:

Круг 1 80' 40' 35' 24А F40 K6 V 35м/с 2кл. ГОСТ Р 52 781 – 2007г.

Материал абразивного зерна – 24А;

Зернистость – 40;

Твердость – К;

Структура – 6;

Связка – V(керамическая);

Диаметр круга - 80 мм.

Режимы резания определим, пользуясь данными [10].

Определим скорость резания $V=35$ м/с [10].

Радиальная подача $S_p=0,003$ мм/об или 0,4 мм/мин [10].

Скорость вращения заготовки $V_3=35$ м/мин [10].

Частота вращения заготовки

$$n_3 = \frac{1000V_3}{\pi D_3} = \frac{1000 \cdot 35}{3,14 \cdot 89,9} = 124 \text{ , об/мин.}$$

Основное время определим по формуле

$$T_0 = \frac{L_{\text{УСК}}}{S_{\text{УСК}}} + \sum \frac{L_{Pi}}{S_{Pi}} + T_{\text{ВЫХ}},$$

где $L_{\text{УСК}}$, $S_{\text{УСК}}$ – соответственно длина и подача при ускоренных перемещениях;

L_p , S_p – соответственно длина и подача при рабочих перемещениях

$T_{\text{ВЫХ}}=0,05$ – время выхаживания [10].

Тогда определим:

$$T_0 = \frac{8}{500} + \frac{51}{100} + 0,05 = 0,58 \text{ , мин.}$$

2.9.12 Расчет режимов резания на операцию 065 Круглошлифовальная.

Шлифовать поверхность 5 и 4, выдерживая размер $\varnothing 105js6(\pm 0,011)$.

Характеристики шлифовального круга:

Круг 1 250' 40' 76.2' 24А F40 K6 V 35м/с 2кл. ГОСТ Р 52 781 – 2007г.

Материал абразивного зерна – 24А;

Зернистость – 40;

Твердость –К;

Структура – 6;

Связка – V(керамическая);

Диаметр круга - 250 мм.

Режимы резания определим, пользуясь данными [10].

Определим скорость резания $V=35$ м/с [10].

Радиальная подача $S_p=0,003$ мм/об или 0,4 мм/мин [10].

Скорость вращения заготовки $V_3=35$ м/мин [10].

Частота вращения заготовки

$$n_3 = \frac{1000V_3}{\pi D_3} = \frac{1000 \cdot 35}{3,14 \cdot 105} = 106,2, \text{ об/мин.}$$

Основное время определим по формуле

$$T_0 = \frac{L_{\text{УСК}}}{S_{\text{УСК}}} + \sum \frac{L_{Pi}}{S_{Pi}} + T_{\text{ВЫХ}},$$

где $L_{\text{УСК}}$, $S_{\text{УСК}}$ – соответственно длина и подача при ускоренных перемещениях;

L_p , S_p – соответственно длина и подача при рабочих перемещениях

$T_{\text{ВЫХ}} = 0,05$ – время выхаживания [10].

Тогда определим:

$$T_0 = \frac{8}{500} + \frac{32}{100} + 0,05 = 0,39, \text{ мин.}$$

2.9.13 Расчет режимов резания на операцию 070 Внутришлифовальная чистовая.

Шлифовать поверхность 7, выдерживая размер $\varnothing 90JS6(\pm 0,011)$.

Характеристики шлифовального круга:

Круг 1 80° 40' 35' 24А F25 K6 V 35м/с 2кл. ГОСТ Р 52 781 – 2007г.

Материал абразивного зерна – 24А;

Зернистость – 25;

Твердость – К;

Структура – 6;

Связка – V(керамическая);

Диаметр круга - 80 мм.

Режимы резания определим, пользуясь данными [10].

Определим скорость резания $V=35$ м/с [10].

Радиальная подача $S_p=0,003$ мм/об или 0,4 мм/мин [10].

Скорость вращения заготовки $V_3=35$ м/мин [10].

Частота вращения заготовки

$$n_3 = \frac{1000V_3}{\pi D_3} = \frac{1000 \cdot 35}{3,14 \cdot 90} = 123,8, \text{ об/мин.}$$

Основное время определим по формуле

$$T_0 = \frac{L_{уСК}}{S_{уСК}} + \sum \frac{L_{Pi}}{S_{Pi}} + T_{ВЫХ},$$

где $L_{уСК}$, $S_{уСК}$ – соответственно длина и подача при ускоренных перемещениях;

L_p , S_p – соответственно длина и подача при рабочих перемещениях

$T_{ВЫХ} = 0,05$ – время выхаживания [10].

Тогда определим:

$$T_0 = \frac{8}{500} + \frac{51}{100} + 0,05 = 0,58, \text{ мин.}$$

2.9.14 Расчет режимов резания на операцию 075 Зубошлифовальная.

Обработать поверхности 11 и 12, выдерживая размеры $m=1,0$, $z=36$, $\varnothing 128_{-0,063}$, $28,2_{-0,033}$.

Пользуясь [10], назначим величины припусков на межосевое расстояние p_{aw} и толщину зуба $2p$.

$$2p = 0,06, \text{ мм}; p_{aw} = 0,10, \text{ мм.}$$

Определим длину рабочего хода шлифовального круга

$$L_{px} = \sqrt{2,7a_w \cdot 2p} + 2 + 3 \cdot \text{tg} \Sigma,$$

где $\Sigma = 15^\circ$ – угол скрещивания осей детали и инструмента;

$a_w = 5$ мм – номинальное межосевое расстояние

$$L_{px} = \sqrt{2,7 \cdot 10 \cdot 0,06} + 2 + 3 \cdot \text{tg} 10^\circ = 0,10 + 12,8 = 12,9, \text{ мм.}$$

Назначим подачи [10].

Минутная подача $S_M = 105$ мм/мин.

Радиальная подача $S_p = 0,03$ мм/ход.

Принимаем окружную скорость шевера $v_0 = 100$ м/мин. [10]

Основное время определим по формуле

$$T_0 = \frac{L_{px}}{S_M} n_{ц},$$

где $n_{ц} = 36$ – число двойных ходов за цикл обработки.

$$T_0 = \frac{12,9}{105} \cdot 36 = 4,42 \text{ , МИН.}$$

3 ПРОЕКТИРОВАНИЕ СТАНОЧНОГО ПРИСПОСОБЛЕНИЯ

Задача этого раздела спроектировать приспособление для закрепления заготовки на операции 020 Токарная чистовая с ЧПУ.

3.1 Сбор исходных данных.

Эскиз операции представлен на рис. 3.1.

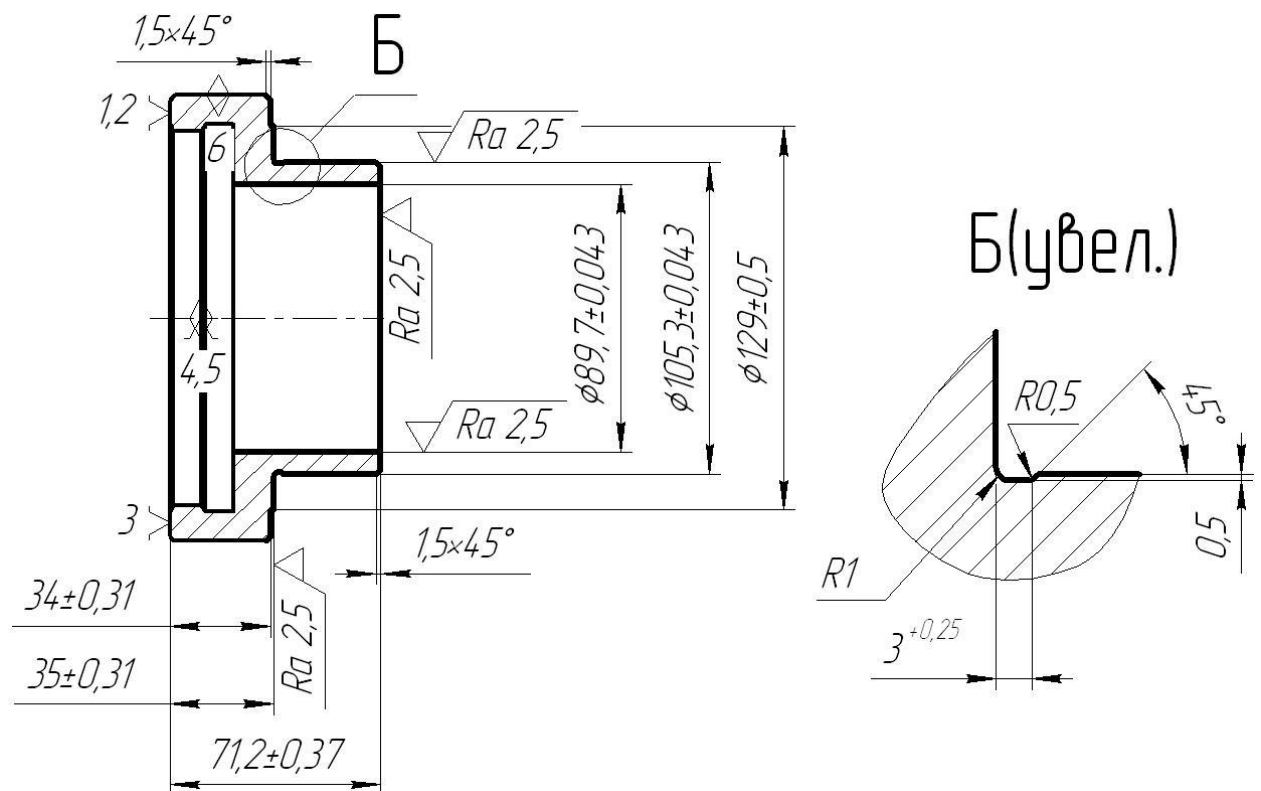


Рис. 9.1 Операционный эскиз

Содержание операции: выполнить канавку, выдерживая размеры R0,5, R1, 3, 0,5, 45°; точить поверхность 6, выдерживая размер 71,2±0,37; выполнить фаску 1,5x45°; точить поверхность 5, выдерживая размер Ø105,3±0,043; точить поверхность 4, выдерживая размеры 35±0,31, Ø129±0,5; точить поверхность 3, выдерживая размер 34±0,31; выполнить фаску 1,5x45°; точить поверхность 7, выдерживая размер Ø89,7±0,043.

Заготовка – штамповка из Ст 20X $\sigma_B=470$ МПа.

Режущий инструмент – резец токарный Т15К6.

Режимы резания: глубина оезания $t=0,30\text{мм}$, подача $S=0,2\text{мм/об}$, $V=149\text{ м/мин}$, $n=315\text{ мин}^{-1}$.

Обработка проводится на токарно-винторезном станке модели SAMAT-400XC.

Тип приспособления - специализированное безналадочное приспособление с механизированным приводом.

Расчет произведем по методике [11].

3.2 Расчет сил резания.

Для дальнейших расчетов необходимо рассчитать две составляющие силы резания P_Z и P_Y , которые определяются по формуле [11]:

$$P_{y,z} = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p \quad (3.1)$$

где C_p , n , x , y – коэффициенты и показатели степеней учитывающие конкретные условия обработки; T - стойкость инструмента; t - глубина резания; S - подача; K_p - коэффициент учитывающий условия обработки.

$$P_y = 10 \cdot 243 \cdot 0,3^{0,9} \cdot 0,2^{0,6} \cdot 149^{-0,3} \cdot 0,9 = 62,8$$

$$P_z = 10 \cdot 300 \cdot 0,3^{1,0} \cdot 0,2^{0,75} \cdot 149^{-0,15} \cdot 0,9 = 114,4$$

3.3 Расчет усилия зажима.

В процессе обработки заготовки на нее воздействует система сил. С одной стороны действуют составляющие силы резания, которые стремятся вырвать заготовку из кулачков, с другой - сила зажима препятствующая этому. Из условия равновесия моментов данных сил и с учётом коэффициента запаса определяются необходимые зажимное и исходное усилия.

На рис. 3.2 представлена схема закрепления заготовки.

Крутящий момент от касательной составляющей силы резания стремится провернуть заготовку в кулачках и равен:

$$M_p = \frac{P_z \cdot d_1}{2}. \quad (3.2)$$

Провороту заготовки препятствует момент силы зажима, определяемый следующим образом:

$$M_3 = \frac{W \cdot f \cdot d_2}{2}, \quad (3.3)$$

где W - суммарное усилие зажима приходящееся на 3 кулачка, Н.

f - коэффициент трения на рабочей поверхности сменного кулачка.

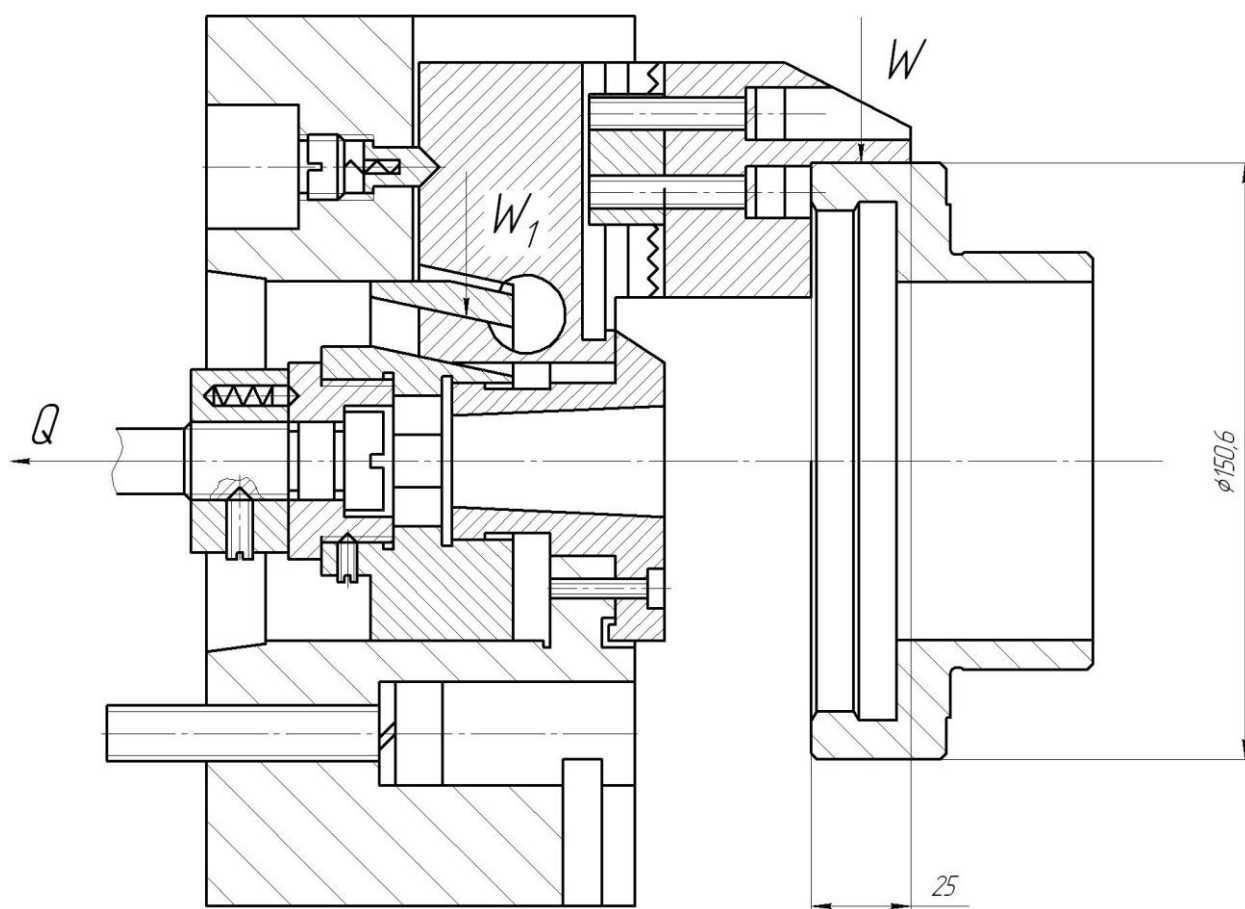


Рис. 3.2 Схема закрепления заготовки

Из равенства моментов M_p и M_3 определим необходимое усилие зажима, препятствующее провороту заготовки в кулачках.

$$W = \frac{2 \cdot K \cdot M_p}{f \cdot d_2} = \frac{2 \cdot K \cdot P_z \cdot d_1}{f \cdot d_2}. \quad (3.4)$$

Значение коэффициента запаса K , в зависимости от конкретных условий выполнения технологической операции, определяется по формуле.

$$K = K_0 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5 \cdot K_6, \quad (3.5)$$

где $K_0=1,5$ - гарантированный коэффициент запаса;

K_1 - коэффициент, учитывающий увеличение сил резания из-за случайных неровностей на обрабатываемых поверхностях заготовки: при чистовой обработке $K_1=1,0$; [12]

K_2 - коэффициент, учитывающий увеличение сил резания вследствие затупления режущего инструмента; [12]

K_3 - учитывает увеличение сил резания при прерывистом резании (при прерывистом резании $K_3=1,2$ для непрерывного $K_3=1,0$); [12]

K_4 - характеризует постоянство силы, развиваемой зажимным механизмом. Для механизированных приводов $K_4=1,0$; [12]

K_5 - характеризует эргономику немеханизированного зажимного механизма (удобство расположения органов зажима и т.д.). Для механизированных приводов $K_5=1,0$. [12]

K_6 вводится в расчёт только при наличии моментов, стремящихся повернуть заготовку, установленную плоской технологической базой на опоры-штыри. [12]

В данном случае коэффициент K равен:

$$K_{pz}=1,80$$

$$K_{py}=2,52$$

Коэффициент трения f между заготовкой и сменным кулачком зависит от состояния его рабочей поверхности. Примем форму рабочей поверхности кулачка с кольцевыми канавками и $f=0,3$. Подставив в формулу 3.4 исходные данные получим:

$$W = \frac{2 \cdot K \cdot P_z \cdot d_1}{f \cdot d_2} = \frac{2 \cdot 1,8 \cdot 114,4 \cdot 150,6}{0,3 \cdot 150,6} = 1372,8, \text{ Н.}$$

Сила P_y стремится вывернуть заготовку из кулачков относительно оси, создавая момент: [13]

$$M_p = P_y \cdot l. \quad (3.6)$$

Данному моменту препятствует момент от силы зажима:

$$M_3 = T \cdot \frac{2}{3} \cdot d_2, \quad (3.7)$$

Необходимая сила зажима равна:

$$W = \frac{1,5 \cdot K \cdot P_y \cdot l}{f \cdot d_2} = \frac{1,5 \cdot 2,52 \cdot 62,8 \cdot 25}{0,3 \cdot 150,6} = 131,4, \text{ Н.}$$

Для дальнейших расчётов принимаем наихудший случай; $W=1372,8 \text{ Н}$

Величина усилия зажима W_1 прикладываемая к постоянным кулачкам несколько увеличивается по сравнению с усилием W и рассчитывается по формуле:

$$W_1 = \frac{W}{1 - \frac{3 \cdot l_k \cdot f}{H_k}}, \quad (3.8)$$

где l_k - вылет кулачка, расстояние от середины рабочей поверхности сменного кулачка до середины направляющей постоянного кулачка;

H_k - длина направляющей постоянного кулачка, мм;

f - коэффициент трения в направляющих постоянного кулачка и корпуса ($f=0,1$ - для полусухого трения стали по стали).

Значения l_k и H_k для расчётов принимаются на основе анализа ранее разработанных конструкций.

В процессе конструирования патрона, данные размеры могут несколько измениться, но это, как показывает практика, не вносит существенных изменений в расчёты усилий.

Подставив исходные данные в формулу (3.8) получим:

$$W = \frac{1372,8}{1 - \frac{62}{80} \cdot 0,1} = 1488,1, \text{ Н.}$$

3.4 Расчёт зажимного механизма.

Приступая к расчёту зажимного механизма, необходимо определится с его конструкцией. В самоцентрирующих механизмах установочные элементы

(в данном случае кулачки) должны быть подвижными в направлении зажима и закон их относительного движения необходимо выдержать с высокой точностью. Поэтому на движения кулачков накладываются условия: разнонаправленность, одновременность и равная скорость движения. Данное условие можно выдержать, обеспечивая движение трёх кулачков от одного источника движения (силового привода).

При расчёте зажимного механизма определяется усилие Q , создаваемое силовым приводом, которое зажимным механизмом увеличивается и передаётся постоянному кулачку:

$$Q = \frac{W_1}{i_c}, \quad (3.9)$$

где i_c - передаточное отношение по силе зажимного механизма (выигрыш в силе).

Данное отношение для клинового механизма равно:

$$i = \frac{1}{\overbrace{\operatorname{tg}(\alpha + \varphi) + \operatorname{tg} \varphi_1}} \quad (3.10)$$

где α - угол скоса клина;

φ - угол трения на наклонной поверхности клина;

φ_1 - угол трения на плоской поверхности клина

Получим:

$$i = \frac{1}{\overbrace{\operatorname{tg}(5 + 5^{\circ}50') + \operatorname{tg} 5^{\circ}50'}} = 2,1.$$

Тогда

$$Q = \frac{1488,1}{2,1} = 708,6, \text{ Н.}$$

3.5 Расчёт силового привода.

Для создания исходного усилия Q используется силовой привод, устанавливаемый на задний конец шпинделя. В его конструкции можно выделить силовую часть, вращающуюся совместно со шпинделем и муфту для

подвода рабочей среды. В качестве приводов наибольшее применение получили пневматический и гидравлический вращающиеся цилиндры.

Вначале следует попытаться применить пневматический привод, так как в любом производстве имеются трубопроводы для подачи сжатого воздуха.

Диаметр поршня для рабочей штоковой полости определяется по формуле:

$$D = \sqrt{\frac{1,27 \cdot Q}{P} + d^2}, \quad (3.11)$$

где P - избыточное давление рабочей среды (0,4 МПа для воздуха);

d – диаметр штока.

Для пневмоцилиндра получим:

$$D = \sqrt{\frac{1,27 \cdot 708,6}{0,4} + 60^2} = 76,5, \text{ мм.}$$

Для увеличения возможностей приспособления принимаем диаметр поршня 90 мм.

В конструкцию станка SAMAT-400XC возможно встроить силовой привод с диаметром поршня не более 120 мм. Поэтому принимаем пневматический привод.

3.6 Описание конструкции и работы приспособления.

Приспособление предназначено для установки и закрепления заготовки при черновом точении.

Приспособление содержит патрон и силовой привод. Патрон содержит корпус 1, в котором установлен клин 3. Один конец клина закреплен с тягой 9, а другой с постоянными кулачками 4, на которых установлены сменные кулачки 6. К выходному концу шпинделя патрон крепится винтами 28.

Силовой привод содержит: вращающийся корпус 17, с крышкой 16, которая установлена на двух подшипниках 30 в неподвижном корпусе 14, который закреплен на заднем конце передней бабки. В полости корпуса 17 расположены поршень 18 и шток 19. На выступе задней крышки смонтирована муфта 15 для подвода воздуха.

Приспособление работает следующим образом: при подаче воздуха в правую левую полость поршень со штоком и тягой перемещается слева направо, в результате чего через клиновой зажимной механизм происходит закрепление заготовки. При подаче воздуха в правую полость система возвращается в исходное положение и происходит раскрепление заготовки.

4 ПРОЕКТИРОВАНИЕ РЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА

На операции 045 Зубодолбежная ведется нарезание внутренних зубьев барабана тормозного долбяком. В связи с этим необходимо спроектировать зуборезный долбяк с модулем 3,0 мм. Расчет будем вести по методике [14].

4.1 Определение исходных данных.

Определим исходные данные для проектирования из чертежа детали и занесем в таблицу 4.1.

Таблица 4.1 – Исходные данные

Наименование параметра	Обозначение	Единица измерения	Значение параметра
Зубчатое колесо	Модуль	m	мм
	Число зубьев	z	–
	Угол профиля	ω	град.
Ориентировочное число зубьев долбяка	Z_0	–	24

4.2 Расчет геометрических параметров долбяка.

4.2.1 Определим ориентировочный диаметр делительной окружности долбяка

$$D_0 = mZ_0 = 1 \cdot 24 = 24, \text{ мм.}$$

и находим ближайшее значение нормализованного делительного диаметра D_n из следующего ряда: 25; 32; 40; 50; 63; 80; 100; 125; 160 и т.д.

$$D_n = 25, \text{ мм.}$$

Определим число зубьев долбяка

$$Z = D_n / m = 25 / 1 = 25, \text{ мм.}$$

и окончательный диаметр его делительной окружности

$$D = mZ = 1 \cdot 25 = 25, \text{ мм.}$$

4.2.2. Рассчитываем диаметры окружностей выступов и впадин долбяка в его исходном сечении:

$$D_{a \text{ исх}} = D + 2H_{a \text{ исх}} = D + 2,5m = 25 + 2,5 \cdot 1 = 27,5, \text{ мм.}$$

$$D_{f \text{ исх}} = D - 2H_{f \text{ исх}} = D - 2,5m = 25 - 2,5 \cdot 1 = 22,5, \text{ мм.}$$

4.2.3. Рассчитываем толщину зуба долбяка по дуге делительной окружности в исходном сечении

$$S_{\text{исх}} = 0,5\pi m + \Delta = 0,5 \cdot 3,14 \cdot 1 + 0,10 = 1,67, \text{ мм.}$$

выбрав утолщение зуба Δ в зависимости от модуля зацепления из табл. 1 [12]. $\Delta=0,10$.

4.2.4. По ГОСТ 9323-79 зуб долбяка для обработки зубчатых колес с углом профиля θ в радиальной секущей плоскости должен иметь у вершины передний угол $\gamma_0 = 5^\circ$ и задний угол $\alpha_0 = 6^\circ$. Исходя из этого, рассчитываем с точностью до 1' профильный угол долбяка на делительной окружности

$$\Omega = \arctg\left(\frac{\operatorname{tg} \omega}{1 - \operatorname{tg} \gamma_0 \cdot \operatorname{tg} \alpha_0}\right) = \arctg\left(\frac{\operatorname{tg} 20^\circ}{1 - \operatorname{tg} 5^\circ \cdot \operatorname{tg} 6^\circ}\right) = 20,171^\circ = 0,352 \text{ рад.}$$

4.2.5. Рассчитываем минимально допустимую с точки зрения периода стойкости долбяка толщину его зуба на окружности выступов

$$S_{a \text{ min}} = 0,51\sqrt{m} = 0,51\sqrt{1} = 0,51, \text{ мм.}$$

4.2.6. Определяем величину смещения исходного сечения долбяка.

4.2.6.1. Задаемся двумя значениями смещения исходного сечения, выбирая первое в интервале 1...5 мм, а второе – в интервале 8...15 мм

$$A_1 = 2 \text{ мм,}$$

$$A_2 = 8 \text{ мм.}$$

4.2.6.2. Для каждого из выбранных значений A_i рассчитываем:

– диаметр выступов долбяка

$$D_{ai} = D_{a \text{ исх}} + 2A_i \operatorname{tg} \alpha_0;$$

$$D_{a1} = 27,5 + 2 \cdot 2 \operatorname{tg} 6^\circ = 27,920, \text{ мм;}$$

$$D_{a2} = 27,5 + 2 \cdot 8 \operatorname{tg} 6^\circ = 29,182, \text{ мм;}$$

– угол давления эвольвенты на окружности выступов

$$\Omega_{ai} = \arccos\left(\frac{D}{D_{ai}} \cos \Omega\right)$$

$$\Omega_{a1} = \arccos\left(\frac{25}{27,920} \cos 20,171^\circ\right) = 0,573, \text{ рад}$$

$$\Omega_{a2} = \arccos\left(\frac{25}{29,182} \cos 20,171^\circ\right) = 0,637, \text{ рад}$$

– толщину зуба на окружности выступов

$$S_{ai} = D_{ai} \left(\frac{S_{\text{исх}}}{D} + \text{inv } \Omega - \text{inv } \Omega_{ai} \right),$$

$$S_{a1} = 27,92 \left(\frac{1,67}{25} + \text{inv } 0,352 - \text{inv } 0,573 \right) = 0,274 \text{ мм}$$

$$S_{a2} = 29,182 \left(\frac{1,67}{25} + \text{inv } 0,352 - \text{inv } 0,637 \right) = -0,619 \text{ мм}$$

где $\text{inv } u = \text{tg } u - u$ (угол u – в радианах).

Эти и последующие величины (кроме предела стачивания долбяка) определяю с точностью до 0,001 мм.

4.2.6.3. По полученным значениям S_{a1} и S_{a2} , принимая, что зависимость $S_a(A)$ линейна, рассчитываю величину смещения исходного сечения долбяка A , соответствующую найденной.

4.2.5 Толщине $S_{a \text{ min}}$ соответствует

$$A=0,414.$$

Уравнение прямой проходящей через две точки:

$$\frac{x - x_1}{x_2 - x_1} = \frac{y - y_1}{y_2 - y_1};$$

$$x \rightarrow A, y \rightarrow S_{amin};$$

$$\frac{A - A_1}{A_2 - A_1} = \frac{S_{amin} - S_{a1}}{S_{a2} - S_{a1}} ;$$

4.2.7. Рассчитываем с точностью до 0,1 мм предел стачивания долбяка $B \approx 1,5A \approx 0,621$, который указываю в технических требованиях на чертеже инструмента.

4.2.8. Рассчитываю диаметры выступов и впадин нового долбяка с учетом смещения исходного сечения

$$D_a^{\text{HOB}} = D_{a \text{ исх}} + 2A \operatorname{tg} \alpha_o = 27,5 + 2 \cdot 0,414 \cdot \operatorname{tg} 6^0 = 27,587, \text{ мм};$$

$$D_f^{\text{HOB}} = D_{f \text{ исх}} + 2A \operatorname{tg} \alpha_o = 22,5 + 2 \cdot 0,414 \cdot \operatorname{tg} 6^0 = 22,587, \text{ мм};$$

толщину зуба нового долбяка по делительной окружности

$$S_{\text{нов}} = S_{\text{исх}} + 2A \operatorname{tg} \alpha_o \operatorname{tg} \Omega = 1,67 + 2 \cdot 0,414 \cdot \operatorname{tg} 6^0 \operatorname{tg} 20,171^0 = 1,702, \text{ мм};$$

толщину зуба нового долбяка по окружности выступов

$$S_a^{\text{HOB}} = D_a^{\text{HOB}} \left(\frac{S_{\text{нов}}}{D} + \operatorname{inv} \Omega - \operatorname{inv} \Omega_a^{\text{HOB}} \right) = 27,587 \left(\frac{1,702}{25} + \operatorname{inv} 0,352 - \operatorname{inv} 0,555 \right) = 0,659 \text{ мм}$$

$$\text{где } \Omega_a^{\text{HOB}} = \arccos \left(\frac{D}{D_a^{\text{HOB}}} \cos \Omega \right) = \arccos \left(\frac{25}{27,587} \cos 20,171^0 \right) = 0,554 \text{ рад} = 31,75^0.$$

4.3 Конструктивные элементы долбяка.

4.3.1. При $D = 25$ мм спроектируем долбяк с хвостовиком В18 – укороченным конусом Морзе 2. Параметры режущей части рассчитывают, а хвостовой – берут по справочникам. [15]

Для изготовления и заточки хвостовых долбяков их выполняют с хвостовыми отверстиями по ГОСТ 14034-74.

4.3.2. Долбяки изготавливают из быстрорежущей стали Р6М5 (ГОСТ 19265-73) с термообработкой до твердости $HRC 64 \pm 1$.

4.3.3. Шероховатость поверхностей долбяка назначаем:

передних и задних поверхностей – $Ra 0,16$;

остальных поверхностей – $Ra 2,5$.

4.3.4. Точность конструктивных элементов долбяка (класс точности A).

Допуск на делительный диаметр по $H5$, на изготовление переднего угла $\pm 8'$, заднего угла $\pm 3'$.

Толщину зуба инструмента с учетом допуска назначаю исходя из $m = 1$, получаю $0,025$ мм.

Высота головки зуба $\pm 0,032$ мм.

Неперпендикулярность опорного торца относительно посадочного отверстия $0,006$ мм.

Непараллельность опорных поверхностей 0,006 мм.

Накопленная погрешность окружного шага 0,018 мм.

Радиальное биение наружного диаметра 0,020 мм.

Торцовое биение передней поверхности 0,016 мм.

Чертеж долбяка представлен в графической части работы.

5 БЕЗОПАСНОСТЬ И ЭКОЛОГИЧНОСТЬ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБЪЕКТА

Тема выпускной квалификационной работы: «Техпроцесс изготовления детали - зубчатый венец радиально-сверлильного станка модели 2А554».

5.1 Конструктивно-технологическая характеристика объекта.

В данном разделе приводится наименование технических устройств, которые были изменены и отличаются от базового техпроцесса. Нами в работе модернизированы 020 Токарная чистовая и 045 Зубодолбежная операции, где произведена замена режущего инструмента и автоматизировано зажимное приспособление. [19]

Таблица 5.1 - Технологический паспорт объекта.

№ п/п	Технологическое устройство	Технологическая операция, вид выполняемых работ ²	Наименование должности работника, выполняющего технологический процесс, операцию ³	Оборудование, устройство, приспособление ⁴	Материалы, вещества ⁵
1	Чистовое точение	Операция 020 Токарная чистовая с ЧПУ	Оператор станка с ЧПУ	Токарный станок с ЧПУ SAMAT-400XC; патрон трехкулачковый с пневмоприводом	Сталь 20X; тв. сплав Т15К6; СОЖ: НГЛ-205
2	Зубодолбление	Операция 045 Зубодолбежная	Станочник	Зубодолбежный станок модели 5М150	Сталь 20X; Р6М5; СОЖ: НГЛ-205

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, 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 шума на рабочем месте. 2) Опасность поражения электрическим током. 3) В связи с использование СОЖ повышенная загазованность на рабочем месте.	Токарный станок с ЧПУ SAMAT-400XC
2	Операция 045 Зубодолбежная	1) Повышенный уровень вибрации на рабочем месте. 2) Опасность поражения электрическим током.	Зубодолбежный станок модели 5M150

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.

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 шума на рабочем месте	Станочник выполняет работу, одев при этом наушники защитные. Наличие вытяжки на рабочем месте снижает уровень шума.	Наушники защитные. Костюм хлопчато-бумажный или вискозно-лавсановый
2	Опасность поражения электрическим током	Ограждение и электрическое заземление оборудования	Костюм и брюки хлопчато-бумажные или вискозно-лавсановый; ботинки кожаные; рукавицы хлопчатобумажные.
3	В связи с использованием СОЖ возникает повышенная загазованность на рабочем месте.	Станочник должен быть одет в респиратор.	Респиратор.
4	Повышенный уровень вибрации на рабочем месте	Станок установлен на демпфирующих опорах, которые	Костюм хлопчато-бумажный или вискозно-

Продолжение табл. 5.3

		значительно снижают уровень вибрации	лавсановый
--	--	--------------------------------------	------------

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.

5.4.1 Идентификация опасных факторов пожара.

Таблица 5.4 – Идентификация классов и опасных факторов пожара.

№ п/п	Участок, подразделение	Оборудование	Класс пожара	Опасные факторы пожара	Сопутствующие проявления факторов пожара
1	Цех механической обработки	Токарный станок с ЧПУ SAMAT-400XC; зубодолбежный станок модели 5M150	Е	1) тепловой поток; 2) пламя и искры; 3) снижение видимости в дыму; 4) пониженная концентрация кислорода в задымленных пространственных зонах; 5) повышенная концентрация токсичных	1) замыкание высокого электрического напряжения на токопроводящие части технологических установок, оборудования, агрегатов, изделий и иного имущества; 2) образующиеся в процессе пожара части

Продолжение табл. 5.4

				<p>продуктов горения и термического разложения;</p> <p>б) снижение видимости в дыму.</p>	<p>разрушившихся производственно-инженерно-технического оборудования;</p> <p>3) образующиеся токсичные вещества и материалы, попавшие в окружающую среду из разрушенных пожаром технологических установок;</p> <p>4) термохимические воздействия используемых при пожаре огнетушащих веществ на предметы и людей;</p> <p>5) опасные факторы взрыва, возникающие вследствие происшедшего пожара.</p>
--	--	--	--	------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

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 установочные системы пожаротушения	Средства пожарной автоматики	Пожарное оборудование	Средства индивидуальной защиты и спасения людей при пожаре	Пожарный инструмент (механический и немеханический)	Пожарные сигнализация, связь и оповещение.
Огнетушители, ящики с песком	Пожарные автомобили, пожарные лестницы	Пожарные гидранты	Автоматизированные средства пожароповещения	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
Токарный станок с ЧПУ SAMAT-400XC; зубодолбежный станок модели 5M150	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.)
Операция 020 Токарная чистовая	Токарный станок с ЧПУ SAMAT-400XC	Газ от испарения СОЖ	Использованная СОЖ	Попадание использованной СОЖ в почву. Попадание стружки в почву.
Операция 045 Зубодолбежная	Зубодолбежный станок модели 5M150	-	-	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	Чистовое точение, Зубодолбление
Мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия на атмосферу	Для уменьшения попадания газов смазочно-охлаждающей жидкости с 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. Подробная информация, касающаяся технологического процесса, рассмотрена в предыдущих разделах, поэтому считаем необходимым указать только отличия между вариантами процесса изготовления детали.

Базовый вариант.

Операция 020 – Токарная чистовая, предполагает чистовое точение поверхностей детали «Венец зубчатый» на токарном станке, модель SAMAT-400XS. Закрепление заготовки обеспечивается приспособлением – самоцентрирующий трехкулачковый патрон. Получение обрабатываемых поверхностей обеспечивают 3 резца с твердого сплава T15K6.

Проектный вариант.

Отличительной особенностью выполнения представленной операции в проектном варианте является применяемое приспособление. В данном случае закрепление осуществляется автоматизированным трехкулачковым патроном.

Представленные изменения позволяют сократить вспомогательное время выполнения операции с 0,91 мин. до 0,62 мин. Благодаря этим изменениям достигли снижения и общей трудоемкости выполнения всей операции с 1,94 мин до 1,65 мин.

Учитывая описанные изменения, осуществим экономические расчеты, которые позволят сделать обоснованное заключение о целесообразности внедрения данного процесса.

Представив краткое описание предлагаемых изменений, возникает необходимость рассчитать капитальные вложения в проектируемый вариант технологического процесса. Используя методику расчета капитальных вложений [20] мы определили данную величину, которая составляет $K_{ВВ.ПР} = 65067,27$ руб. Эти денежные средства потребуются нам на приобретение нового приспособления, объемов незавершенного производства и затрат, связанных с проектированием технологического процесса.

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 «Венец зубчатый» по сравниваемым вариантам представлена на рисунках 6.1 и 6.2.

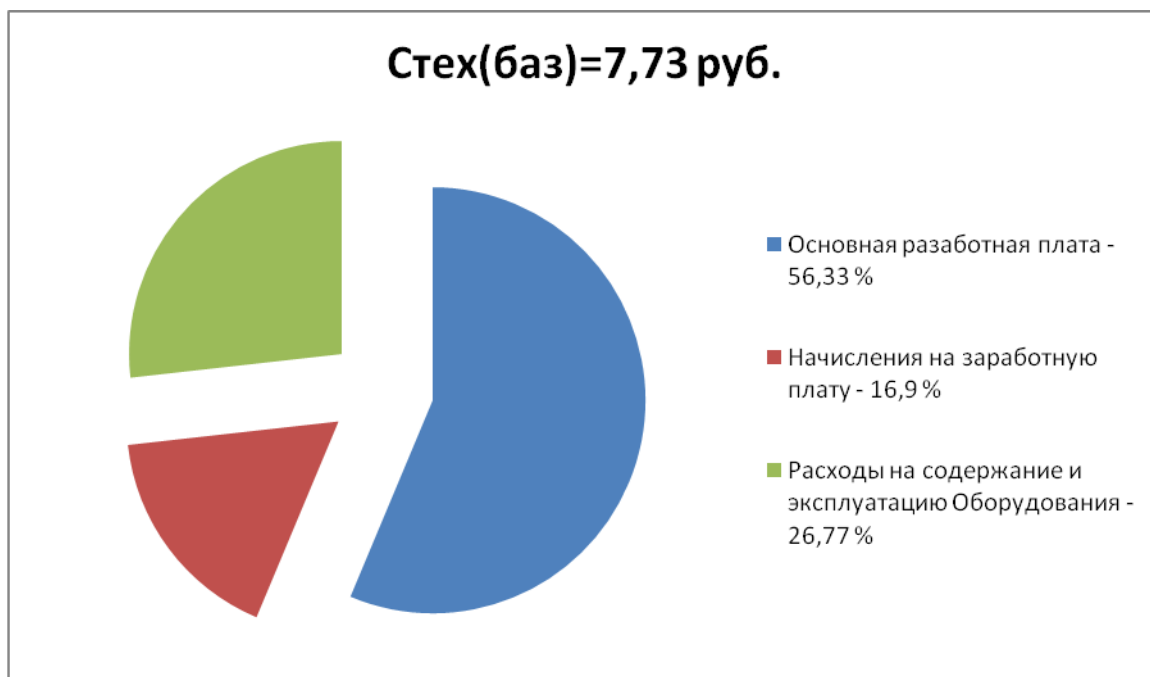


Рис. 6.1. Структура технологической себестоимости выполнения операции 020 – Токарной чистовой, по базовому варианту

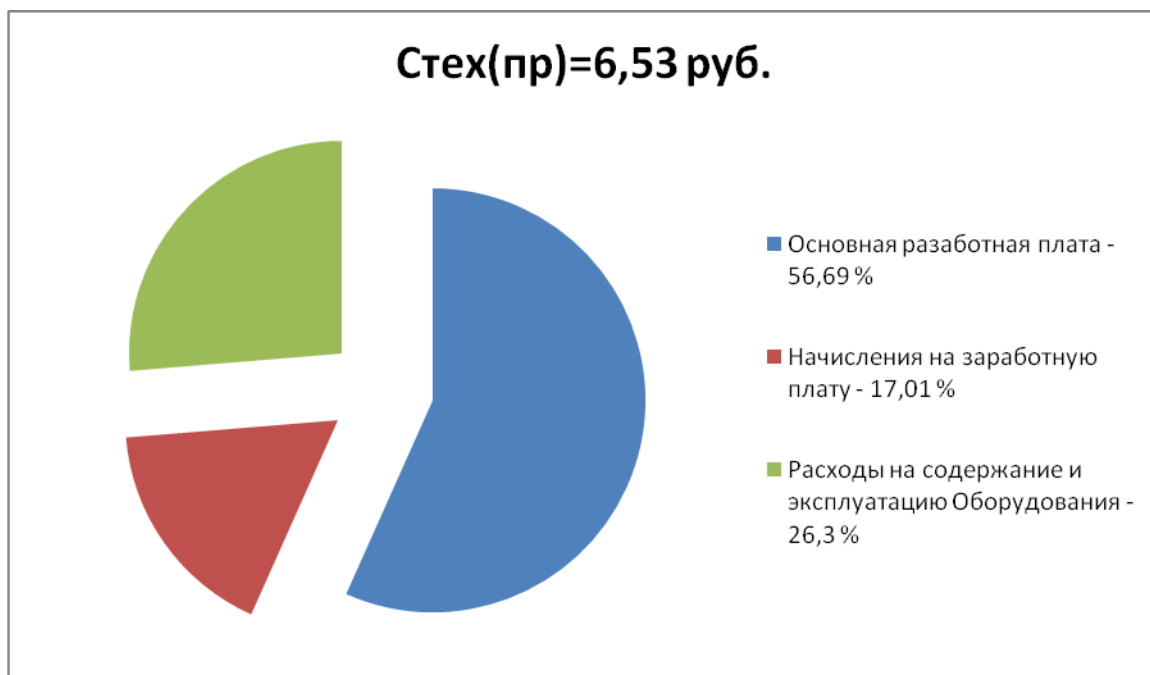


Рис. 6.2. Структура технологической себестоимости выполнения операции 020 – Токарной чистовой, по проектному варианту

На базе полученных данных и с применением методики составления калькуляции полной себестоимости [20] мы рассчитываем ее значения для выполнения операции 020. Согласно расчетам по базовому варианту полная себестоимость без учета затрат на материал, как обосновывалось ранее, составила 23,65 руб.; а по проектному варианту – 20,08 руб.

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

$$P_{P.OЖ} = \Delta_{УГ} = (C_{Пол(Баз)} - C_{Пол(Пр)}) \cdot P_{Г} \text{ руб.} \quad (6.1)$$

$$P_{P.OЖ} = \Delta_{УГ} = (23,65 - 20,08) \cdot 10000 = 35700 \text{ руб.}$$

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

$$H_{ПРИБ} = 35700 \cdot 0,2 = 7140 \text{ руб.}$$

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

$$P_{P.ЧИСТ} = 35700 - 7140 = 28560 \text{ руб.}$$

$$T_{\text{ОК.РАСЧ}} = \frac{K_{\text{ВВ.ПР}}}{P_{\text{Р.ЧИСТ}}} + 1, \text{ года} \quad (6.4)$$

$$T_{\text{ОК.РАСЧ}} = \frac{65067,27}{28560} + 1 = 3,28 = 4 \text{ года}$$

$$D_{\text{ДИСК.ОБЩ}} = P_{\text{Р.ЧИСТ.ДИСК}}(T) = \sum_1^T P_{\text{Р.ЧИСТ}} \cdot \frac{1}{(1+E)^t}, \text{ руб.} \quad (6.5)$$

$$D_{\text{ОБЩ.ДИСК}} = P_{\text{Р.ЧИСТ.ДИСК}}(T) = 28560 \cdot \left(\frac{1}{(1+0,2)^1} + \frac{1}{(1+0,2)^2} + \frac{1}{(1+0,2)^3} + \frac{1}{(1+0,2)^4} \right) =$$

$$= 73913,28 \text{ руб}$$

$$\mathcal{Э}_{\text{ИНТ}} = \text{ЧДД} = D_{\text{ОБЩ.ДИСК}} - K_{\text{ВВ.ПР}} \text{ руб.} \quad (6.6)$$

$$\mathcal{Э}_{\text{ИНТ}} = \text{ЧДД} = 73913,28 - 65067,27 = 8846,01 \text{ руб.}$$

$$\text{ИД} = \frac{D_{\text{ОБЩ.ДИСК}}}{K_{\text{ВВ.ПР}}} \text{ руб./руб.} \quad (6.7)$$

$$\text{ИД} = \frac{73913,28}{65067,27} = 1,14 \text{ руб./руб.}$$

Предлагаемые изменения по операции 020 – Токарная чистовая, технологического процесса изготовления детали «Венец зубчатый», можно считать экономически обоснованными. Данное заключение можно сделать основываясь, во-первых, на том, что достигнуто снижение себестоимости выполнения данной операции на 15,13%. А во вторых, интегральный экономический эффект от изменений, согласно расчетам, составил 8846,01 руб., что также свидетельствует эффективности работы. Кроме того окупаемость вложенных средств будет достигнута в течении 4-х лет, что тоже подтверждает наше заключение.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате выполнения бакалаврской работы нами разработан технологический процесс изготовления детали «зубчатый венец» радиально-сверлильного станка модели 2А554. Спроектирована заготовка, полученная методом штамповки. Выполнен план обработки детали. На операции 020 Токарная чистовая и 045 Зубодолбежная выполнены карты технологических наладок.

Для закрепления заготовки на 020 токарной операции разработано зажимное устройство с автоматическим действием.

Для обработки заготовки на 045 операции разработан зуборезный долбяк хвостового типа.

В работе выполнен анализ безопасности и экологичности. Экономический расчет дал положительную оценку работы.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Горбачевич, А.Ф. Курсовое проектирование по технологии машиностроения: учебное пособие для вузов/ А.Ф. Горбачевич, В.А. Шкред. М: – ООО ИД «Альянс», 2007 – 256 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. Ковшов, А. Н. Технология машиностроения : учеб. для вузов / А. Н. Ковшов. - Изд. 2-е, испр. ; Гриф УМО. - Санкт-Петербург [и др.] : Лань, 2008. - 319 с.
4. Суслов, А. Г. Технология машиностроения : учеб. для вузов / А. Г. Суслов. - 2-е изд., перераб. и доп. ; Гриф МО. - Москва : Машиностроение, 2007. - 429 с.
5. Козлов, А.А. Кузьмич, И.В. Разработка технологических процессов изготовления деталей машин: учеб.-метод. пособие по выполнению курсовых проектов по дисциплине «Основы технологии машиностроения» для студентов спец. 151001 «Технология машиностроения» / сост. А.А. Козлов, И.В. Кузьмич. – Тольятти: ТГУ, 2008. – 152 с.
6. Афонькин, М.Г. Производство заготовок в машиностроении. / М.Г. Афонькин, В.Б. Звягин – 2-е изд., доп. и пер.ера. СПб: Политехника, 2007 – 380 с.
7. ГОСТ 7505 – 89. Поковки стальные штампованные. Допуски, припуски и кузнечные напуски. – 36 с.
8. 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.
9. Афонькин, М.Г. Производство заготовок в машиностроении. / М.Г. Афонькин, В.Б. Звягин – 2-е изд., доп. и пер.ера. СПб: Политехника, 2007 – 380с.

10. 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.
11. Горохов В. А. Проектирование технологической оснастки : учеб. для вузов / В. А. Горохов, А. Г. Схиртладзе, И. А. Коротков. - Гриф УМО. - Старый Оскол : ТНТ, 2010. - 431 с.
12. 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.
13. 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.
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. 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.
16. 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. : ил. - (Высшее образование). - Библиогр.: с. 378-380.
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. Бычков, В.Я. Безопасность жизнедеятельности. Учебное пособие. [Электронный ресурс] : учебное пособие / В.Я. Бычков, А.А. Павлов, Т.И. Чибисова. - Электрон. дан. - М. : МИСИС, 2009. - 146 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. – 59 с.

ПРИЛОЖЕНИЯ

<i>A11</i>	<i>XX. XX. XX 010 4233 Токарная черновая программная с ЧПУ ИОТ № 63</i>
<i>B12</i>	<i>38 1021 5 Токарный станок с ЧПУ SAMAT-400XC 1 16045 322 1 1 1 1 142 1</i>
<i>O13</i>	<i>Точить поверхность 6, выдерживая размер 71.8 ± 0.37; точить поверхность 5, выдерживая размер $\varnothing 105.6 \pm 0.175$; точить поверхн.</i>
<i>O14</i>	<i>4, выдерж. p-ры: 35.3 ± 0.31, $\varnothing 129.3 \pm 0.5$; точить поверхн. 3, выдерживая p-p 34.3 ± 0.31; точить поверхн. 7, выдерж. p-p $\varnothing 89.1 \pm 0.175$.</i>
<i>МК</i>	

Дубл.																		
Взам.																		
Подп.																		
																	7	2
A	цех	Уч.	PM	Oper.	Код, наименование операции		Обозначение документа											
Б	Код, наименование оборудования				СМ	Проф.	P	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Кшт	Тпз.	Тшт.			
T01	396110 Патрон самоцентрирующий трёхкулачковый ГОСТ 2675-80;																	
T02	392190 Резец сборный проходной правый T15K6 ГОСТ 18878-82; 392190 Резец сборный расточной T15K6 ГОСТ 9795 – 84.																	
T03	393311 Штангенциркуль ШЦЦ – III – 250 – 0.05 ГОСТ 166-89; 393120 Калибр – пробка для контроля отверстий ГОСТ 24851-81.																	
A04	XX.	XX.	XX	015	4233	Токарная чистовая программная с ЧПУ ИОТ № 63												
B05	38	1021	5			1	16045	322	1	1	1	1	142	1				
O06	Точить поверхность 1, выдерживая размер 71.5 ± 0.37 ;																	
O07	точить фаску 1.5×45^0 ;																	
O08	точить поверхность 2. выдерживая размер $\varnothing 150_{-1}$;																	
O09	точить поверхность 10 и 13, выдерживая размеры: $\varnothing 126 \pm 0.5$, $30^0 \pm 30'$;																	
O10	точить поверхность 8, выдерживая размер 49.5 ± 0.31 ;																	
O11	точить поверхность 9 и 15, выдерживая размеры: $\varnothing 130.5^{+1}$, $30^0 \pm 30'$.																	
T12	396110 Патрон самоцентрирующий 3-х кулачковый ГОСТ 2675-80;																	

Т13	<i>392190 Резец сборный проходной правый Т15К6 ГОСТ 18878-82;</i>
Т14	<i>392190 Резец сборный расточной Т15К6 ГОСТ 9795 – 84;</i>
Т15	<i>393410 Микрометр ГОСТ 6507-90; 393311 Штангенциркуль ШЦЦ – III – 250 – 0.05 ГОСТ 166-89;.</i>
Т16	<i>393120 Калибр – пробка для контроля отверстий ГОСТ 24851-81.</i>
МК	

Дубл.																	
Взам.																	
Подп.																	
														7	3		
<i>A</i>	<i>цех</i>	<i>Уч.</i>	<i>PM</i>	<i>Опер.</i>	<i>Код, наименование операции</i>						<i>Обозначение документа</i>						
<i>Б</i>	<i>Код, наименование оборудования</i>				<i>СМ</i>	<i>Проф.</i>	<i>P</i>	<i>УТ</i>	<i>KP</i>	<i>КОИД</i>	<i>ЕН</i>	<i>ОП</i>	<i>Кшт</i>	<i>Тпз.</i>	<i>Тшт.</i>		
<i>A01</i>	<i>XX.XX.XX</i>	<i>020</i>	<i>4233</i>	<i>Токарная чистовая программная с ЧПУ ИОТ № 63</i>													
<i>B02</i>	<i>38 1021 5</i>	<i>Токарный станок с ЧПУ SAMAT-400XC</i>			<i>1</i>	<i>16045</i>	<i>322</i>	<i>1</i>	<i>1</i>	<i>1</i>	<i>1</i>	<i>142</i>	<i>1</i>				
<i>O03</i>	<i>Точить поверхн 6, выдерживая размер 71.2±0.37; точить поверхность 7, выдерживая размер Ø89.7±0.043; точить канавку, выдерж</i>																
<i>O04</i>	<i>p-p71.2±0.37; точить фаску 1.5x45⁰; точить поверхн. 5, выдерж. p-p Ø105.3±0.043; точить поверхн. 3, выдеж p-p 34±0.31;</i>																
<i>O05</i>	<i>точить поверхн. 4, выдерж. p-p 35,1±0.31; точить канавку, выдерживая размеры: R0.5, R1, 3, 0.5, 45⁰; точить фаску 1.5x45⁰.</i>																
<i>T06</i>	<i>396110 Патрон самоцентрирующий 3-х кулачковый ГОСТ 2675-80;</i>																
<i>T07</i>	<i>392190 Резец сборный проходной правый T15K6 ГОСТ 18878-82; 392190 Резец канавочный T15K6 ГОСТ 18885 – 73;</i>																
<i>T08</i>	<i>392190 Резец сборный расточной T15K6 ГОСТ 9795 – 84;</i>																
<i>T09</i>	<i>393311 Штангенциркуль ШЦЦ – l – 250 – 0.05 ГОСТ 166-89; 393410 Микрометр ГОСТ 6507-90;</i>																
<i>T10</i>	<i>393120 Калибр – пробка для контроля отверстий ГОСТ 24851-81.</i>																
<i>A11</i>	<i>XX.XX.XX</i>	<i>025</i>	<i>4271</i>	<i>Шпошноно-фрезерная</i>						<i>ИОТ № 67</i>							
<i>B12</i>	<i>38 1671 7</i>	<i>Шпошноно-фрезерный станок мод 692Д</i>			<i>1</i>	<i>19479</i>	<i>322</i>	<i>1</i>	<i>1</i>	<i>1</i>	<i>1</i>	<i>142</i>	<i>1</i>				

О13	Фрезеровать поверхности 18, 19 и 20, выдерживая размеры: $12^{+0.093}_{+0.050}$, $\varnothing 100_{-0.87}$, 43 ± 0.31 .
Т14	XXXXXX Приспособление специальное с призмами; 391820 Фреза шпоночная $\varnothing 12$ Р6М5 ГОСТ Р 53003 – 2008;
Т15	393311 Штангенциркуль ШЦЦ – I – 250 – 0.05 ГОСТ 166-89;
Т16	393120 Калибр – пробка для контроля отверстий ГОСТ 24851-81.
Т17	
МК	

Дубл.																
Взам.																
Подп.																
													7	4		
A	цех	Уч.	PM	Опер.	Код, наименование операции			Обозначение документа								
Б	Код, наименование оборудования				СМ	Проф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Кшт	Тпз.	Тшт.	
A01	XX.XX.XX		030	4234	Фрезерная программная			ИОТ № 67								
Б02	38 1024 1				1	16045	322	1	1	1	1	142	1			
О03	Фрезеровать поверхности 21, 22, выдерживая размер $12^{+0.093}_{+0.050}$; фрезеровать поверхность 23, выдерживая размеры $R6^{+0.3}$, 8.5 ± 0.18 .															
Т04	396131 Тиски станочные ГОСТ 16518 – 96; 391820 Фреза концевая Ø12 Р6М5 ГОСТ Р 32831-2014;															
Т04	393311 Штангенциркуль ШЦЦ – 1 – 250 – 0.05 ГОСТ 166-89;															
Т05	393120 Калибр – пробка для контроля отверстий ГОСТ 24851-81; XXXXXX Угломер ГОСТ 5378 – 88.															
A07	XX.XX.XX		035	4232	Сверлильная программная с ЧПУ			ИОТ № 75								
Б08	38 1022 0				1	16045	322	1	1	1	1	142	1			
О09	Сверлить 3 отверстия (поверхность 16), выдерживая размеры $\Phi 5^{+0.3}$, $\Phi 120 \pm 0.435$, $120^0 \pm 1^0$; на 3-х поверхностях 16 нарезать															
О10	резьбу М6х1.															
Т11	396131 Тиски станочные ГОСТ 16518 – 96; 391290 Сверло спиральное с цилиндрическим хвостовиком Ø4 Р6М5 ГОСТ 2034-80;															
Т12	391391 Метчик машинный М6х1 Р6М5 ГОСТ 3266 – 81;															

Т13	<i>393120 Калибр – пробка для контроля отверстий ГОСТ 24851-81; XXXXXX Угломер ГОСТ 5378 – 88.</i>
Т14	<i>393140 Резьбовой калибр-пробка М6 – 7h ГОСТ24997-2004.</i>
А15	<i>XX. XX. XX 040 4232 Сверлильная программная с ЧПУ ИОТ № 75</i>
Б16	<i>38 1022 0 Вертикально-сверлильный с ЧПУ 2P135Ф2-1 1 16045 322 1 1 1 1 142 1</i>
МК	

A13	<i>XX.XX.XX. 055 4236 Торцевкруглошлифовальная ИОТ № 76</i>
Б14	<i>38 1025 7 Торцевкруглошлифовальный ЧПУ ШХ4104Ф20 1 16045 322 1 1 1 1 142 1</i>
О15	<i>Шлифовать поверхность 5, выдерживая размер $\varnothing 105.1 \pm 0.027$; шлифовать поверхность 6, выдерживая размер 71 ± 0.37.</i>
Т16	<i>396110 Патрон мембранный ГОСТ 3889 – 80; 397130 Шлифовальный круг 1 100' 25' 30' 24А F40 K6 V 35м/с 2кл ГОСТ Р 52781-2007.</i>
МК	

Дубл.															
Взам.															
Подп.															
														7	6
А	цех	Уч.	РМ	Опер.	Код, наименование операции				Обозначение документа						
Б	Код, наименование оборудования				СМ	Проф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Кшт	Тпз.	Тшт.
Т01	394630 Прибор активного контроля БВ-6060-УНВ-40 ГОСТ 8517-80.														
А02	XX.XX.XX	060	4236	Внутришлифовальная программная черновая				ИОТ № 76							
Б03	38 1025 7			Внутришлифовальный ст-к ЧПУ ЗМ225ВФ2	1	16045	322	1	1	1	1	142	1		
О04	Шлифовать поверхность 7, выдерживая размер $\varnothing 89.9 \pm 0.027$.														
Т05	396110 Патрон мембранный кулачковый ГОСТ 3889 – 80; 397130 Шлифовальный круг 1 80' 40' 35' 24А F40 K6 V 35 м/с 2кл														
Т06	ГОСТ Р 52781 -2007; 394630 Прибор активного контроля БВ-6060-УНВ-40 ГОСТ 8517-80.														
А07	XX.XX.XX.	065	4236	Круглошлифовальная программная				ИОТ № 76							
Б08	38 1311 1			Круглошлифовальный ст-к ЧПУ КШ-400.2	1	16045	322	1	1	1	1	142	1		
О09	Шлифовать поверхность 5 и 4, выдерживая размеры: $\varnothing 105 \pm 0.011$, 35 ± 0.31														
Т10	396110 Патрон мембранный кулачковый ГОСТ 3889 – 80; 397130 Шлифовальный круг 1 250' 40' 76.2' 24А F40 K6 V 35 м/с 2кл														
Т11	ГОСТ Р 52781 – 2007; 394630 Прибор активного контроля БВ-6060-УНВ-40 ГОСТ 8517-80.														

A12	<i>XX. XX. XX 070 4236 Внутришлифовальная программная чистовая ИОТ № 76</i>
Б13	<i>38 1312 7 Внутришлифовальный ст-к ЧПУ 3М225ВФ2 1 16045 322 1 1 1 1 142 1</i>
О14	<i>Шлифовать поверхность 7, выдерживая размер $\varnothing 90 \pm 0.011$.</i>
Т13	<i>396110 Патрон мембранный кулачковый ГОСТ 3889 – 80; 397130 Шлифовальный круг 1 80' 40' 352' 24А F25 К6 V 35 м/с 2кл</i>
МК	

Дубл.																				
Взам.																				
Подп.																				
														7	7					
А	цех	Уч.	PM	Опер.	Код, наименование операции					Обозначение документа										
Б	Код, наименование оборудования					СМ	Проф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Кшт	Тпз.	Тшт.				
Т01	ГОСТ Р 52781 – 2007; 394630 Прибор активного контроля БВ-6060-УНВ-40 ГОСТ 8517-80.																			
А02	XX.XX.XX		75	4151	Зубошлифовальная ИОТ № 74															
Б03	38	1560	6	Зубошлифовальный станок мод 586					1	12277	322	1	1	1	1	142	1			
О04	Шлифовать поверхности 11 и 12, выдерживая параметры: $t=1.0\text{мм}$, $z=36$, $\varnothing 128_{-0.063}$, $28.2_{-0.033}$.																			
Т05	XXXXXX Приспособление специальное; 392430 Шлифовальный профильный круг для внутреннего зацепления Р6М5																			
Т06	394300 Прибор для контроля цилиндрических зубчатых венцов ГОСТ 6507 – 81.																			
А07	XX.XX.XX.		085	0130	Промывка ИОТ № 59															
Б08	X74306 Промывочный агрегат мод. М2-400																			
О09	Тщательно промыть все поверхности																			

<i>A11</i>	<i>XX.XX.XX. 90 0220 Контрольная ИОТ № 91</i>
<i>Б12</i>	<i>X92122 Плита 1 – 1 – 630 x 400 ГОСТ 10905 - 86</i>
<i>О13</i>	<i>Контролировать 50% всех размеров</i>
<i>МК</i>	