

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 _____ Вовк Иван Сергеевич _____ гр. ТМбз-1132

1. Тема _____ Техпроцесс изготовления вала-шестерни редуктора Р-121
2. Срок сдачи студентом законченной выпускной квалификационной работы «_» ____ 2016 г.

3. Исходные данные к выпускной квалификационной работе материалы преддипломной практики, чертеж детали программа выпуска $N_z=5000$ дет./год

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

Титульный лист.

Задание. Аннотация. Содержание.

Введение, цель работы

1) Описание исходных данных

2) Технологическая часть работы

3) Проектирование 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 проектирование технологического процесса изготовления вала-шестерни редуктора Р-121. Выполнено оснащение техпроцесса современными технологическими средствами. На токарную операцию разработано усовершенствованное зажимное устройство. Спроектирован режущий инструмент – концевая фреза. Техпроцесс сопровождается технологической документацией.

Выпускная работа состоит из страниц расчетно-пояснительной записки. Графическая часть работы составляет 7 листов формата А1.

СОДЕРЖАНИЕ

	Стр.
АННОТАЦИЯ	5
ВВЕДЕНИЕ, ЦЕЛЬ РАБОТЫ	8
1 ОПИСАНИЕ ИСХОДНЫХ ДАННЫХ	9
1.1 Назначение и условия работы детали	9
1.2 Классификация поверхностей	9
1.3 Анализ требований к поверхностям детали	10
1.4 Формулировка задач работы	12
2 ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ РАБОТЫ	13
2.1 Определение типа производства	13
2.2 Выбор стратегии разработки техпроцесса	13
2.3 Выбор метода получения заготовки	14
2.4 Выбор методов обработки поверхностей	16
2.5 Разработка технологического маршрута изготовления детали	18
2.6 Определение припусков	19
2.7 Проектирование заготовки	24
2.8 Выбор средств технологического оснащения	26
2.9 Расчет режимов резания	30
3 ПРОЕКТИРОВАНИЕ СТАНОЧНОГО ПРИСПОСОБЛЕНИЯ	52
3.1 Анализ конструкции базового приспособления и сущность усовершенствования	52
3.2 Силовой расчет станочного приспособления	53
3.3 Описание конструкции приспособления	57
4 ПРОЕКТИРОВАНИЕ РЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА	58
4.1 Исходные данные	58
4.2 Выбор материала инструмента	58
4.3 Расчёт конструктивных элементов рабочей части фрезы	59
4.4 Форма и размеры зубьев и впадин	60

4.5 Геометрические параметры зубьев фрезы	61
5 ОПИСАНИЕ ГРАФИЧЕСКОЙ ЧАСТИ РАБОТЫ	63
6 БЕЗОПАСНОСТЬ И ЭКОЛОГИЧНОСТЬ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБЪЕКТА	
7 ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ РАБОТЫ	
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	
СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ	

ВВЕДЕНИЕ, ЦЕЛЬ РАБОТЫ

На современном этапе развития машиностроения весьма актуальными проблемами являются повышение надежности и долговечности изготавливаемых машин, рост эффективности производства. Необходимость создания машин с более совершенным уровнем качества при наименьшей себестоимости их изготовления ставит перед машиностроителями задачу непрерывного совершенствования технологии на базе новейших достижений науки и техники.

Предметом дисциплины «Технология машиностроения» является учение об изготовлении машин заданного качества в установленном производственной программой количестве при минимальной себестоимости и высокой производительности, осуществляемых с наименьшей затратой сил в условиях полной безопасности. Одной из главных задач этой дисциплины является изучение закономерностей, действующих в процессе изготовления машин.

Целью выпускной квалификационной работы является разработка технологического процесса изготовления вала-шестерни редуктора Р-121 заданного качества в установленном количестве, с минимальной себестоимостью, согласно современному состоянию науки и техники.

1 ОПИСАНИЕ ИСХОДНЫХ ДАННЫХ

1.1 Назначение и условия работы детали.

Вал-шестерня редуктора Р-121 предназначена для передачи крутящего момента. Она воспринимает вращение боковыми стенками шпоночного паза от привода и передает движение эвольвентными поверхностями зубьев венца в механизм редуктора.

1.2 Классификация поверхностей.

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

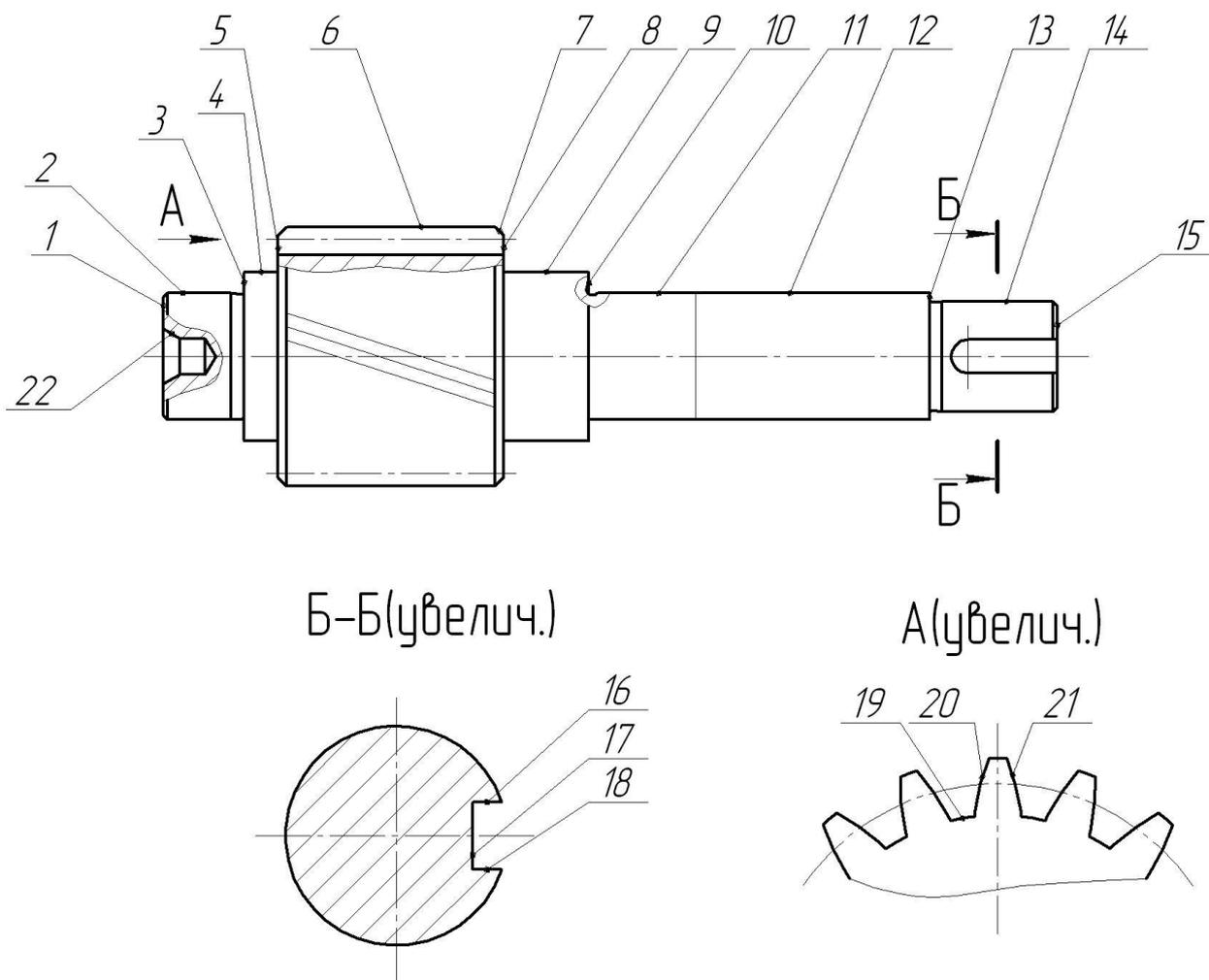


Рис. 1.1. Систематизация поверхностей детали

Целью систематизации является выявление служебного назначения 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	16, 18, 20, 21
Основные конструкторские базы	2, 10, 11
Вспомогательные конструкторские базы	14, 17
Свободные поверхности	остальные

Исполнительными называются те поверхности, которые выполняют служебное назначение детали. В нашем случае это боковые поверхности шпоночного паза (16, 18) и эвольвенты зубьев венца (20, 21).

Основными конструкторскими базами называются поверхности, при помощи которых осуществляется ориентирование детали в узле. Таковыми являются шейки под подшипники (2, 11) и торец 10.

Вспомогательными конструкторскими базами называются поверхности, которые осуществляют ориентирование остальных деталей относительно детали. У нашей детали ВКБ являются «дно» шпоночного паза 17 и шейка под посадку шестерни 14.

Остальные поверхности будут свободными.

1.3 Анализ требований к поверхностям детали.

Пользуясь источником литературы [1] проанализируем химический состав и физико-механические свойства материала детали. Данные занесем в табл. 1.2 и 1.3.

Таблица 1.2 - Химический состав стали 35

Хим. Элемент	Содержание, %
C (углерод)	0,32...0,4
Fe (железо)	97
Si (кремний)	0,17...0,37
Mn (марганец)	0,5...0,8
Ni (никель)	до 0,25
S (сера)	до 0,04
P (фосфор)	до 0,035
Cr (хром)	до 0,25
Cu (медь)	до 0,25
As (мышьяк)	до 0,08

Таблица 1.3 - Физико-механические свойства стали 35

σ_T	σ_B	δ_5	ψ	KCU	НВ
МПа	МПа	%	%	Дж/см ²	Не более
600	390	20	45	49	156

Согласно данным таблиц 1.2 и 1.3 свойства стали 35 ГОСТ 1050-88 по характеристикам соответствуют необходимым требованиям нашей детали.

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

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

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

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

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

1.4 Формулировка задач работы.

Выполнив анализ технических требований, сформулируем задачи, которые будут решаться для достижения цели: разработка технологического процесса изготовления вала-шестерни редуктора Р-121 заданного качества в установленном количестве, с минимальной себестоимостью, согласно современному состоянию науки и техники.

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 техпроцесса 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 техпроцесса выберем тип производства, который зависит на первом этапе от массы детали и годовой программы выпуска. Для нашего случая ($m = 1,9$ кг, $N_{г} = 5000$ шт/год) выберем тип производства из табл. 2.1.

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 1,9 кг и годовая программа выпуска в 5000 деталей в год соответствует среднесерийному типу производства.

2.2 Выбор стратегии разработки техпроцесса.

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

Руководствуясь [2], принимаем следующую стратегию разработки техпроцесса:

- 1) форма организации техпроцесса – переменнo-поточная.
- 2) повторяемость изделий – периодическое повторение партий.

- 3) заготовка – штамповка на ГКМ 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 – $K_{30}=1 \dots 40$.
- 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 Ø66,3x216
Класс точности/сложности	3/2	-

Продолжение табл. 2.2

Масса заготовки, кг	2,81	5,83
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	1,9	1,9

Определим стоимость срезания 1 кг стружки при механической обработке [3].

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

где E_n – нормальный коэффициент эффективности капитальных вложений;

$$E_n = 0,15 [3];$$

C_c – текущие затраты на 1 кг стружки, руб/кг; $C_c = 0,495$ руб/кг – для машиностроения в целом [3];

C_k – капитальные затраты на 1 кг стружки, руб/кг; $C_k = 1,085$ руб/кг – для машиностроения в целом [3].

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 [3].

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

где $C_{шт}$ – базовая стоимость 1 кг штампованных заготовок, руб; $C_{шт} = 0,315$ руб [3];

k_t – коэффициент, зависящий от класса точности; $k_t = 0,9$ – для четвертого класса точности [3];

k_c – коэффициент, зависящий от группы сложности; $k_c = 0,84$ – для второй группы сложности [3];

k_b – коэффициент, зависящий от массы заготовки; $k_b = 1,14$ – для заготовки массой от 2,5 до 5,0 кг [3];

k_m – коэффициент, зависящий от марки материала; $k_m = 1,0$ – для стали 35 [3];

$k_{\text{п}}$ - коэффициент, зависящий от объема производства; $k_{\text{п}} = 1,0$ [3].

Тогда по формуле (2.2) имеем:

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

Далее определяем технологическую себестоимость изготовления детали, полученной штамповкой [3].

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

где $Q_{\text{шт}}$ – масса заготовки, кг; $Q_{\text{шт}} = 2,81$ кг – по расчету;

q – масса детали, кг; $q = 1,9$ кг – по условию;

$C_{\text{отх}}$ – цена 1 кг отходов, руб/кг; $C_{\text{отх}} = 0,0144$ руб/кг – для стальной стружки [3].

Тогда по формуле (2.3) имеем:

$$C_{\text{шт}} = 0,2715 \cdot 2,81 + 0,6578 (2,81 - 1,9) - 0,0144 (2,81 - 1,9) = 1,9918 \text{ руб.}$$

Определяем технологическую себестоимость изготовления детали, полученную прокатом [3].

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

где $Q_{\text{пр}}$ – масса заготовки из проката, кг; $Q_{\text{пр}} = 5,83$ кг – по расчету.

Тогда по формуле (2.4) имеем:

$$C_{\text{пр}} = 0,1219 \cdot 5,83 + 0,6578 (5,83 - 1,9) - 0,0144 (5,83 - 1,9) = 3,2392 \text{ руб.}$$

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

При этом мы наблюдаем годовую экономию:

$$\Delta_2 = C_{\text{пр}} - C_{\text{шт}} N_2 = 3,2392 - 1,9918 \cdot 3000 = 6237 \text{ руб.}$$

2.4 Выбор методов обработки поверхностей.

Качество обрабатываемой поверхности, а именно точность, определяемая качеством ИТ, и шероховатость R_a , зависят от метода ее обработки. Метод завершающей (финишной) обработки, т. е. содержание завершающего перехода, берем из показателей, назначенных рабочим чертежом. 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	5,0	Центровально-подрезная
2	6	0,8	Точение черновое, Точение чистовое, Шлифование черновое, Шлифование чистовое
3	14	5,0	Точение черновое, Точение чистовое
4	14	5,0	Точение черновое, Точение чистовое
5	14	5,0	Точение черновое, Точение чистовое
6	9	5,0	Точение черновое, Точение чистовое
7	14	5,0	Точение черновое, Точение чистовое
8	14	5,0	Точение черновое, Точение чистовое
9	14	5,0	Точение черновое, Точение чистовое
10	14	1,6	Точение черновое, Точение чистовое, Шлифование черновое
11	6	0,8	Точение черновое, Точение чистовое, Шлифование черновое, Шлифование чистовое
12	14	5,0	Точение черновое, Точение чистовое
13	14	5,0	Точение черновое, Точение чистовое
14	6	1,6	Точение черновое, Точение чистовое, Шлифование черновое
15	14	5,0	Центровально-подрезная
16	9	2,5	Шпоночно-фрезерная
17	14	5,0	Шпоночно-фрезерная
18	9	2,5	Шпоночно-фрезерная
19	11	5,0	Зубофрезерная

Продолжение табл. 2.3

20	8	1,6	Зубофрезерная, Зубошлифовальная
21	8	1,6	Зубофрезерная, Зубошлифовальная
22	8	0,8	Центровально-подрезная, Центрошлифовальная

2.5 Разработка технологического маршрута изготовления детали.

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

Таблица 2.3 - Маршрут обработки детали

№ оп.	Наименование операции	Номера обрабатываемых поверхностей	IT	Ra
000	Заготовительная	Все	16	40
005	Центровально-подрезная	1, 15	14	6,3
		22	12	3,2
010	Токарная черновая	14, 11	12	12,5
		13, 12, 10, 9, 8	14	
015	Токарная черновая	2	12	12,5
		3, 4, 5, 6	14	
020	Токарная чистовая	11, 14	9	3,2
		10	14	3,2
		13, 12, 9, 8, 7	14	6,3
025	Токарная чистовая	2	9	3,2
		6	9	6,3
		3, 4, 5	14	6,3
030	Шпоночно-фрезерная	16, 18	9	3,2
		17	14	6,3
035	Зубофрезерная	20, 21	9	3,2
		19	12	6,3

Продолжение табл. 2.3

045	Центрошлифовальная	22	8	0,8
050	Торцекруглошлифовальная	10	14	1,6
		14, 11	7	1,6
055	Круглошлифовальная черновая	2	7	1,6
060	Зубошлифовальная	20, 21	8	1,6
065	Круглошлифовальная чистовая	11	6	0,8
		14	6	1,6
070	Круглошлифовальная чистовая	2	6	0,8

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. Расчет припусков будем вести по размерам поверхности под подшипники $\varnothing 30\text{м}6\left(\begin{smallmatrix} +0,021 \\ +0,008 \end{smallmatrix}\right)$ мм. Технологический маршрут обработки данной поверхности состоит из: точения черного, точения чистового, термообработки, шлифования черного и шлифования чистового.

Исходные данные:

1. $D = \varnothing 30\text{м}6\left(\begin{smallmatrix} +0,021 \\ +0,008 \end{smallmatrix}\right)$ мм; $L = 23$ мм; $Ra = 0,8$ 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 2.4, начиная с заготовительной операции.

Для каждого перехода определяем суммарную величину

$$a = R_z + h_0,$$

где R_z – максимальная высота неровностей профиля поверхности, мм;

h_0 – глубина дефектного слоя, мм.

Значения заносим в графу 5 таблицы 2.4.

По формуле

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

$$\Delta_0 = 0,25 \cdot 0,8 = 0,200, \text{ мм.}$$

$$\Delta_{01} = 0,25 \cdot 0,210 = 0,053, \text{ мм.}$$

$$\Delta_{02} = 0,25 \cdot 0,052 = 0,013, \text{ мм.}$$

$$\Delta_{TO} = 0,25 \cdot 0,084 = 0,021, \text{ мм.}$$

$$\Delta_{03} = 0,25 \cdot 0,021 = 0,005, \text{ мм.}$$

$$\Delta_{04} = 0,25 \cdot 0,013 = 0,003, \text{ мм.}$$

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 ТО.

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

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

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

$$Z_{1\min} = a_0 + \sqrt{\Delta_0^2 + \varepsilon_1^2} = 0,4 + \sqrt{0,200^2 + 0,025^2} = 0,602, \text{ мм.}$$

$$Z_{2\min} = a_1 + \sqrt{\Delta_1^2 + \varepsilon_2^2} = 0,2 + \sqrt{0,0053^2 + 0} = 0,253, \text{ мм.}$$

$$Z_{3\min} = a_2 + \sqrt{\left(\frac{\Delta_{T0}}{2}\right)^2 + \varepsilon_3^2} = 0,1 + \sqrt{0,021^2 + 0^2} = 0,121, \text{ мм.}$$

$$Z_{4\min} = a_3 + \sqrt{\left(\frac{\Delta_{T3}}{2}\right)^2 + \varepsilon_4^2} = 0,05 + \sqrt{0,005^2 + 0} = 0,055, \text{ мм.}$$

Максимальное значение припуска определяем по формуле

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

$$Z_{1\max} = Z_{1\min} + 0,5 \left(d_0 + Td_1 \right) = 0,602 + 0,5(0,800 + 0,210) = 1,107, \text{ мм.}$$

$$Z_{2\max} = Z_{2\min} + 0,5 \left(d_1 + Td_2 \right) = 0,253 + 0,5(0,210 + 0,052) = 0,384, \text{ мм.}$$

$$Z_{3\max} = Z_{3\min} + 0,5 \left(d_2 + Td_3 \right) = 0,121 + 0,5(0,052 + 0,021) = 0,122, \text{ мм.}$$

$$Z_{4\max} = Z_{4\min} + 0,5 \left(d_3 + Td_4 \right) = 0,055 + 0,5(0,021 + 0,013) = 0,072, \text{ мм.}$$

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.

$$d_{4\min} = 30,008 \text{ мм.}$$

$$d_{4\max} = 30,021 \text{ мм.}$$

$$d_{3\min} = d_{4\max} + 2Z_{4\min} = 30,021 + 2 \cdot 0,055 = 30,131, \text{ мм.}$$

$$d_{3\max} = d_{3\min} + Td_4 = 30,131 + 0,013 = 30,144, \text{ мм.}$$

$$d_{T0\min} = d_{3\max} + 2Z_{3\min} = 30,144 + 2 \cdot 0,121 = 30,426, \text{ мм.}$$

$$d_{T0\max} = d_{T0\min} + Td_{T0} = 30,426 + 0,084 = 30,510, \text{ мм.}$$

$$d_{2\min} = d_{T0\min} - 0,999 = 30,510 - 0,999 = 30,479, \text{ мм.}$$

$$d_{2\max} = d_{2\min} + Td_2 = 30,479 + 0,052 = 30,531, \text{ мм.}$$

$$d_{1\min} = d_{2\max} + 2Z_{2\min} = 30,531 + 2 \cdot 0,253 = 31,037, \text{ мм.}$$

$$d_{1\max} = d_{1\min} + Td_1 = 31,037 + 0,210 = 31,247, \text{ мм.}$$

$$d_{0\min} = d_{1\max} + 2Z_{1\min} = 31,247 + 2 \cdot 0,602 = 32,451, \text{ мм.}$$

$$d_{0\max} = d_{0\min} + Td_0 = 32,451 + 0,8 = 33,251, \text{ мм.}$$

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

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

$$d_{cp0} = 0,5(d_{0\max} + d_{0\min}) = 0,5(33,251 + 32,451) = 32,851, \text{ мм.}$$

$$d_{cp1} = 0,5(d_{1\max} + d_{1\min}) = 0,5(31,247 + 31,037) = 31,142, \text{ мм.}$$

$$d_{cp2} = 0,5(d_{2\max} + d_{2\min}) = 0,5(30,531 + 30,479) = 30,505, \text{ мм.}$$

$$d_{cpTO} = 0,5(d_{TO\max} + d_{TO\min}) = 0,5(30,510 + 30,426) = 30,468, \text{ мм.}$$

$$d_{cp3} = 0,5(d_{3\max} + d_{3\min}) = 0,5(30,144 + 30,131) = 30,138, \text{ мм.}$$

$$d_{cp4} = 0,5(d_{4\max} + d_{4\min}) = 0,5(30,021 + 30,008) = 30,015, \text{ мм.}$$

Значения заносим в графу 13 таблицы.

Определяем общий припуск на обработку по формулам

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

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

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

$$2Z_{\min} = 32,451 - 30,021 = 2,430, \text{ мм.}$$

$$2Z_{\max} = 2,430 + 0,8 + 0,013 = 3,243, \text{ мм.}$$

$$2Z_{cp} = 0,5(3,243 + 2,430) = 2,837, \text{ мм.}$$

Значения $2Z_{\min}$, $2Z_{\max}$ и $2Z_{cp}$ заносим в нижнюю строку в графы 8, 9 и 10 таблицы 2.4.

Схема расположения допусков приведена на рисунке 2.1.

Таблица 2.4 - Припуски и операционные размеры на пов. $\varnothing 30\text{m6}^{(+0,021}_{+0,008)}$ 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	0,800	0,4	0,200	-	-	-	-	32,451	33,251	32,851
1	Точение черновое	12	0,210	0,2	0,053	0,025	0,602	1,107	0,855	31,037	31,247	31,142
2	Точение чистовое	9	0,052	0,1	0,013	0	0,253	0,384	0,319	30,479	30,531	30,468
3	Термическая обработка	10	0,084	0,25	0,021	-	-	-	-	30,426	30,510	30,468
4	Шлифование черновое	7	0,021	0,05	0,005	0	0,121	0,162	0,142	30,131	30,144	30,138
5	Шлифование чистовое	6	0,013	0,01	0,003		0,055	0,072	0,064	30,008	30,021	30,015
Суммарный припуск $2Z$							$2Z_{\min}=2,430$	$2Z_{\max}=3,243$	$2Z_{\text{cp}}=2,837$			

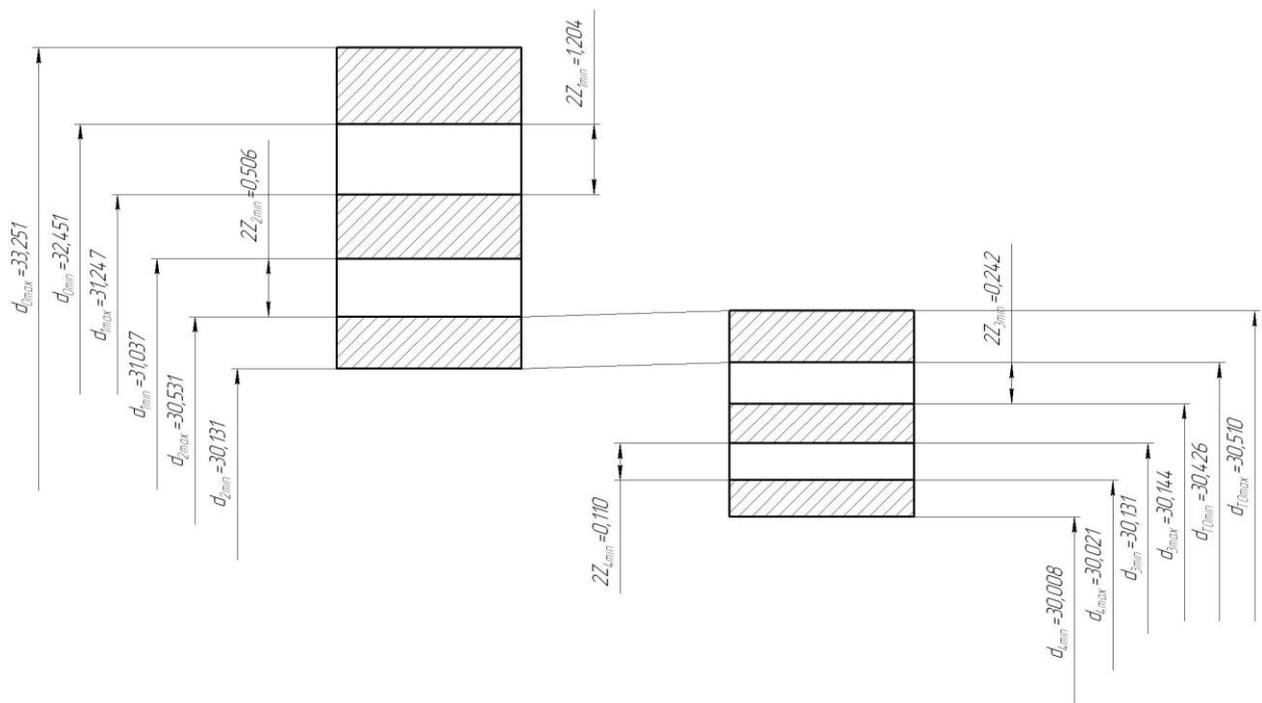


Рис. 2.1. Схема расположения припусков и полей допусков
на пов. $\varnothing 30m6 \left(\begin{smallmatrix} +0,021 \\ +0,008 \end{smallmatrix} \right)$.

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 «Центровально-подрезная» в качестве черновой базы берутся поверхности 2, 10 и 11);
- 3) так же при проектировании заготовки необходимо учитывать технические требования, предъявляемые к точности штамповки, и штамповочные уклоны.

Чертеж заготовки представлен в графической части работы.

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 [4].
- 2) Штамповка на ГКШП относится к классу точности Т3.
- 3) Определим степень сложности поковки.

Степень сложности определяют путем вычисления отношения массы (объема) G_{Π} поковки к массе (объему) G_{Φ} геометрической фигуры, в которую вписывается форма поковки. Геометрическая фигура может быть шаром, параллелепипедом, цилиндром с перпендикулярными к его оси торцами или прямой правильной призмой.

В нашем случае такой подходящей геометрической фигурой является цилиндр.

Массы штамповки и цилиндра найдем с помощью трехмерного проектирования.

$$G_{\Pi} = 2,81 \text{ кг.}$$

$$G_{\Phi} = 5,83 \text{ кг.}$$

$$\frac{G_{\Pi}}{G_{\Phi}} = \frac{2,81}{5,83} = 0,48.$$

Степень сложности поковки выберем по таблице 2.5 [4].

Таблица 2.5. Определение степени сложности штамповки

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 [4] определяем исходный индекс заготовки – 6.

2.8 Выбор средств технологического оснащения.

2.8.1 Выбор оборудования.

Данные по выбору оборудования заносим в таблицу 2.6.

Таблица 2.6 - Выбор технологического оборудования.

Номер и наименование операции	Оборудование
005 Центровально-подрезная	Центровально-подрезной двусторонний станок 2А911-1
010 Токарная черновая с ЧПУ	Токарный станок с ЧПУ СА500СФ3К
015 Токарная черновая с ЧПУ	Токарный станок с ЧПУ СА500СФ3К
020 Токарная чистовая с ЧПУ	Токарный станок с ЧПУ СА500СФ3К
025 Токарная чистовая с ЧПУ	Токарный станок с ЧПУ СА500СФ3К
030 Шпоночно-фрезерная	Шпоночно-фрезерный станок 692Д
035 Зубофрезерная	Зубофрезерный станок с ЧПУ 5320Ф4
045 Центрошлифовальная	Центрошлифовальный станок 3К255В
050 Торцевкруглошлифовальная	Торцевкруглошлифовальный станок с ЧПУ ХШ4-104Ф20
055 Круглошлифовальная черновая	Круглошлифовальный станок с ЧПУ КШ-400.2
060 Зубошлифовальная	Зубошлифовальный станок 5В833
065 Круглошлифовальная чистовая	Круглошлифовальный станок с ЧПУ КШ-400.2
065 Круглошлифовальная чистовая	Круглошлифовальный станок с ЧПУ КШ-400.2
075 Моечная	Моечная машина
080 Контрольная	Контрольный стол

2.8.2 Выбор приспособлений.

Данные по выбору приспособлений занесем в таблицу 2.7.

Таблица 2.7 - Выбор приспособлений.

Номер и наименование операции	Приспособления
005 Центровально-подрезная	Призмы опорные ГОСТ 12194-66
010 Токарная черновая с ЧПУ	Токарный поводковый патрон ГОСТ 2571-71
015 Токарная черновая с ЧПУ	Токарный поводковый патрон ГОСТ 2571-71
020 Токарная чистовая с ЧПУ	Токарный поводковый патрон ГОСТ 2571-71
025 Токарная чистовая с ЧПУ	Токарный поводковый патрон ГОСТ 2571-71
030 Шпоночно-фрезерная	Приспособление специальное с призмами
035 Зубофрезерная	Приспособление специальное
045 Центрошлифовальная	Призмы опорные ГОСТ 12194-66
050 Торцекруглошлифовальная	Мембранный патрон (кулачковый) ГОСТ 3889-80
055 Круглошлифовальная черновая	Мембранный патрон (кулачковый) ГОСТ 3889-80
060 Зубошлифовальная	Мембранный патрон (кулачковый) ГОСТ 3889-80
065 Круглошлифовальная чистовая	Мембранный патрон (кулачковый) ГОСТ 3889-80
070 Круглошлифовальная чистовая	Мембранный патрон (кулачковый) ГОСТ 3889-80

2.8.3 Выбор режущего инструмента.

Данные по выбору режущего инструмента сведем в таблицу 2.8.

Таблица 2.8 - Выбор режущего инструмента

Номер и наименование операции	Режущий инструмент
005 Центровально-подрезная	1) Сверло центровочное Р6М5 ГОСТ 14952-75; 2)Четырехгранная пластина Т15К6 19051-73.
010 Токарная черновая с ЧПУ	Резец сборный проходной правый Т15К6 ГОСТ 18878-73.
015 Токарная черновая с ЧПУ	Резец сборный проходной правый Т15К6 ГОСТ 18878-73.
020 Токарная чистовая с ЧПУ	1) Резец сборный проходной правый Т15К6 ГОСТ 18878-73; 2) Резец канавочный Р6М5 ГОСТ 18885-73; 3) Резец канавочный Р6М5 ГОСТ 18885-73.
025 Токарная чистовая с ЧПУ	1) Резец сборный проходной правый Т15К6 ГОСТ 18878-73; 2) Резец канавочный Р6М5 ГОСТ 18885-73.
030 Шпоночно-фрезерная	Фреза шпоночная Р6М5 ГОСТ Р 53003-2008.
035 Зубофрезерная	Фреза червячная Р6М5 ГОСТ 9324-80
045 Центрошлифовальная	Шлифовальная головка ГОСТ Р 52781-2007.
050 Торцекруглошлифовальная	Шлиф. круг ГОСТ Р 52781-2007.
Продолжение табл. 2.8	
055	Круглошлифовальная Шлифовальный круг ГОСТ Р 52781-

черновая		2007.
060	Зубошлифовальная	Червячный шлифовальный круг ГОСТ Р 52781-2007.
065	Круглошлифовальная	Шлифовальный круг ГОСТ Р 52781- чистовая 2007.
070	Круглошлифовальная	Шлифовальный круг ГОСТ Р 52781- черновая 2007.

2.8.4 Выбор средств контроля.

Выберем средства контроля и сведем данный выбор в таблицу 2.9.

Таблица 2.9 - Выбор средств контроля

Номер и наименование операции	Мерительный инструмент
005 Центровально-подрезная	1) Штангенциркуль ШЦ-Ш-250-0,05 ГОСТ 166-80; 2) Калибр-пробка для контроля отверстий ГОСТ 3882-77.
010 Токарная черновая с ЧПУ	Штангенциркуль ШЦ-І-100-0,05 ГОСТ 166-80.
015 Токарная черновая с ЧПУ	Штангенциркуль ШЦ-Ш-250-0,05 ГОСТ 166-80.
020 Токарная чистовая с ЧПУ	1) Штангенциркуль ШЦ-Ш-250-0,05 ГОСТ 166-80; 2) Микрометр ГОСТ 6507-90.
025 Токарная чистовая с ЧПУ	1) Штангенциркуль ШЦ-Ш-250-0,05 ГОСТ 166-80; 2) Микрометр ГОСТ 6507-90.
Продолжение табл. 2.9	
030 Шпоночно-фрезерная	1) Штангенциркуль ШЦ-Ш-250-0,05 ГОСТ 166-80;

		2) Калибр-пробка для контроля отверстий ГОСТ 3882-77.
035	Зубофрезерная	1) Штангенциркуль ШЦ-III-250-0,05 ГОСТ 166-80; 2) Калибр для контроля зубьев.
045	Центрошлифовальная	Прибор активного контроля БВ-6060-УНВ-40 ГОСТ 8517-80.
050	Торцекруглошлифовальная	Прибор активного контроля БВ-6060-УНВ-40 ГОСТ 8517-80.
055	Круглошлифовальная черновая	Прибор активного контроля БВ-6060-УНВ-40 ГОСТ 8517-80.
060	Зубошлифовальная	1) Прибор активного контроля БВ-6060-УНВ-40 ГОСТ 8517-80; 2) Калибр для контроля зубьев.
065	Круглошлифовальная чистовая	Прибор активного контроля БВ-6060-УНВ-40 ГОСТ 8517-80.
070	Круглошлифовальная чистовая	Прибор активного контроля БВ-6060-УНВ-40 ГОСТ 8517-80.

2.9 Расчет режимов резания.

2.9.1 Расчет режимов резания на операцию 005 Центровально-подрезная.

Подрезать торцы (поверхности 1 и 15), выдерживая размер $210 \pm 0,575$; обточить поверхность 2, выдерживая размер $\varnothing 35_{-0,25}$; просверлить центровые отверстия с двух сторон, выдерживая размеры $\varnothing 8^{+0,15}$, $4 \pm 0,06$; $8 \pm 0,18$, $60^\circ \pm 1^\circ$.

Переход 1. Подрезать торцы (поверхности 1 и 15), выдерживая размер $210 \pm 0,575$.

Глубина резания $t = 2,5$ мм.

По [5] определим подачу $S_0=0,3$ мм/об.

По [5] 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 35 [5];

$K_2=1,0$ – для твердого сплава Т15К6 [5];

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

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

Частота вращения

$$n = \frac{1000V}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 180}{3,14 \cdot 36} = 1592 \text{ мин}^{-1}.$$

Так как точение и сверление центровых отверстий ведется одновременно, то принимаем общую минимальную частоту вращения, а это частота сверления, поэтому $n_\phi=500$ мин⁻¹.

Фактическая скорость резания

$$V_\phi = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 36 \cdot 500}{1000} = 56,52 \text{ м/мин.}$$

Минутная подача

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

Основное время

$$T_0 = \frac{L_{px}}{S} = \frac{19}{150} = 0,13 \text{ мин.}$$

Переход 2. Просверлить центровые отверстия с двух сторон, выдерживая размеры $\phi 8^{+0,15}$, $4 \pm 0,06$; $8 \pm 0,18$, $60^\circ \pm 1^\circ$.

$$L = L_p + L_{\Pi} + L_d, \quad [5]$$

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.

$$L_f = 1 \text{ мм.}$$

$$L_A = 0 \text{ мм.}$$

$$L = 12 + 1 + 0 = 13, \text{ мм.}$$

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 .

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

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, указанной на карте С-3 [5];

K_3 – коэффициент, зависящий от стойкости инструмента.

$$v_{\text{ТАБ}} = 15 \text{ м/мин.}$$

$$K_1 = 0,75.$$

$$K_2 = 1,0.$$

$$K_3 = 0,95.$$

$$v = 15 \cdot 0,75 \cdot 1 \cdot 0,95 = 10,7 \text{ , м/мин.}$$

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

$$n = \frac{1000 \cdot 10,7}{3,14 \cdot 12} = 284 \text{ , мин}^{-1}.$$

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

Для центровых сверл с покрытием TiN примем $n = 500 \text{ мин}^{-1}$.

Уточним значение скорости резания.

$$v = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 12 \cdot 500}{1000} = 18,8 \text{ , м/мин.}$$

$$S_M = S_0 \cdot n = 0,2 \cdot 500 = 100 \text{ , мм/мин.}$$

Рассчитаем основное время на обработку T_0 .

$$T_0 = \frac{L_{P.X}}{S_M} = \frac{13}{100} = 0,13 \text{ , мин.}$$

Переход 3. Обточить поверхность 2, выдерживая размер $\varnothing 35_{-0,25}$.

Глубина резания $t = 2,0 \text{ мм}$.

По [5] определим подачу $S_0 = 0,3 \text{ мм/об}$.

По [5] 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 35 [5];

$K_2 = 1,0$ – для твердого сплава Т15К6 [5];

$K_3 = 1,0$ – 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

$$n = \frac{1000V}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 180}{3,14 \cdot 35} = 1638, \text{ мин}^{-1}.$$

Так как точение и сверление центровых отверстий ведется одновременно, то принимаем общую минимальную частоту вращения, а это частота сверления, поэтому $n_{\phi} = 500 \text{ мин}^{-1}$.

Фактическая скорость резания

$$V_{\phi} = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 35 \cdot 500}{1000} = 55,0, \text{ м/мин.}$$

Минутная подача

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

Основное время

$$T_0 = \frac{L_{px}}{S} = \frac{25}{150} = 0,17, \text{ мин.}$$

Общее основное время

$$T_0 = \sum T_{0i} = 0,13 + 0,13 + 0,17 = 0,43, \text{ мин.}$$

2.9.2 Расчет режимов резания на операцию 010 Токарная черновая.

Точить поверхность 14, выдерживая размер $\phi 26,8_{-0,21}$; точить поверхность 13, выдерживая размер $180,5 \pm 0,5$; точить поверхность 12, выдерживая размер $\phi 30,5_{-0,21}$; точить поверхность 11, выдерживая размер $\phi 30,7 \pm 0,125$; точить поверхность 10, выдерживая размер $100,7 \pm 0,435$; поверхность 9, выдерживая размер $\phi 40,5_{-0,62}$; точить поверхность 8, выдерживая размер $180,5 \pm 0,37$.

Глубина резания $t = 2,5 \text{ мм}$.

По [5] определим подачу $S_0 = 0,3 \text{ мм/об}$.

По [5] 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 реза;

K_4 – поправочный коэффициент, учитывающий главный угол в плане.

Примем

$K_1=1,0$ – для стали 35 [5];

$K_2=1,0$ – для твердого сплава Т15К6 [5];

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

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

Частота вращения

$$n = \frac{1000V}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 180}{3,14 \cdot 66,3} = 864,6, \text{ мин}^{-1}.$$

Принимаем по паспорту станка $n_{\phi}=800$ мин⁻¹.

Фактическая скорость резания

$$V_{\phi} = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 66,3 \cdot 800}{1000} = 160,1, \text{ м/мин.}$$

Минутная подача

$$S = S_0 \cdot n = 0,3 \cdot 800 = 240, \text{ мм/мин.}$$

Основное время

$$T_0 = \frac{L_{px}}{S} = \frac{151}{240} = 0,63, \text{ мин.}$$

2.9.3 Расчет режимов резания на операцию 015 Токарная черновая.

Точить поверхность 2, выдерживая размер $\phi 30,7 \pm 0,125$; точить поверхность 3, выдерживая размер $191,5 \pm 0,575$; точить поверхность 4, выдерживая размер $\phi 40,5_{-0,62}$; точить поверхность 5, выдерживая размер $183,5 \pm 0,575$; точить поверхность 6, выдерживая размер $\phi 61,85_{-0,3}$.

Глубина резания $t = 2,5$ мм.

По [5] определим подачу $S_0=0,3$ мм/об.

По [5] 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 35 [5];

$K_2=1,0$ – для твердого сплава Т15К6 [5];

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

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

Частота вращения

$$n = \frac{1000V}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 180}{3,14 \cdot 66,3} = 864,6, \text{ мин}^{-1}.$$

Принимаем $n_{\phi}=800$ мин⁻¹.

Фактическая скорость резания

$$V_{\phi} = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 66,3 \cdot 800}{1000} = 162,1, \text{ м/мин.}$$

Минутная подача

$$S = S_0 \cdot n = 0,3 \cdot 800 = 240, \text{ мм/мин.}$$

Основное время

$$T_0 = \frac{L_{px}}{S} = \frac{96}{240} = 0,40, \text{ мин.}$$

2.9.4 Расчет режимов резания на операцию 020 Токарная чистовая.

Выполнить канавку, выдерживая размеры 3, 0,25, R1, 45°; выполнить канавку, выдерживая размеры 2, 0,5, R1, R0,5, 45°; выполнить фаску, выдерживая размер 1x45°; точить поверхность 14, выдерживая размер $\phi 26,3_{-0,052}$; точить поверхность 13, выдерживая размер $180 \pm 0,5$; точить поверхность 12, выдерживая размер $\phi 30,3_{-0,052}$; точить поверхность 11, выдерживая размер $\phi 30,3 \pm 0,031$; точить поверхность 10, выдерживая размер

100,2±0,435; поверхность 9, выдерживая размер $\varnothing 40_{-0,62}$; точить поверхность 8, выдерживая размер $80 \pm 0,37$; выполнить фаску (поверхность 7), выдерживая размер $2 \times 45^\circ$.

Переход 1. Выполнить канавку, выдерживая размеры 2, 0,5, R1, R0,5, 45° .

Глубина резания $t = 1,0$ мм.

По [5] определим подачу $S_0 = 0,3$ мм/об.

По [5] 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 35 [5];

$K_2 = 1,0$ – для твердого сплава Т15К6 [5];

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

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

Частота вращения

$$n = \frac{1000V}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 180}{3,14 \cdot 29} = 1976,7, \text{ мин}^{-1}.$$

Принимаем $n_\phi = 1600$ мин⁻¹.

Фактическая скорость резания

$$V_\phi = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 29 \cdot 1600}{1000} = 145,7, \text{ м/мин.}$$

Минутная подача

$$S = S_0 \cdot n = 0,3 \cdot 1600 = 480, \text{ мм/мин.}$$

Основное время

$$T_0 = \frac{L_{px}}{S} = \frac{2}{480} = 0,01, \text{ мин.}$$

Переход 2. Выполнить канавку, выдерживая размеры 3, 0,25, R1, 45°.

Глубина резания $t = 0,5$ мм.

По [5] определим подачу $S_0 = 0,3$ мм/об.

По [5] 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 35 [5];

$K_2 = 1,0$ – для твердого сплава Т15К6 [5];

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

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

Частота вращения

$$n = \frac{1000V}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 180}{3,14 \cdot 25,5} = 2248,0, \text{ мин}^{-1}.$$

Принимаем $n_\phi = 2000$ мин⁻¹.

Фактическая скорость резания

$$V_\phi = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 25,5 \cdot 2000}{1000} = 160,1, \text{ м/мин.}$$

Минутная подача

$$S = S_0 \cdot n = 0,3 \cdot 2000 = 600, \text{ мм/мин.}$$

Основное время

$$T_0 = \frac{L_{px}}{S} = \frac{2}{600} = 0,01, \text{ мин.}$$

Переход 3. Выполнить фаску, выдерживая размер $1 \times 45^\circ$; точить поверхность 14, выдерживая размер $\varnothing 26,3_{-0,052}$; точить поверхность 13, выдерживая размер $180 \pm 0,5$; точить поверхность 12, выдерживая размер $\varnothing 30,3_{-0,052}$; точить поверхность 11, выдерживая размер $\varnothing 30,3 \pm 0,031$; точить поверхность 10, выдерживая размер $100,2 \pm 0,435$; поверхность 9, выдерживая размер $\varnothing 40_{-0,62}$; точить поверхность 8, выдерживая размер $180 \pm 0,37$; выполнить фаску (поверхность 7), выдерживая размер $2 \times 45^\circ$.

Глубина резания $t = 0,3$ мм.

По [5] определим подачу $S_0 = 0,2$ мм/об.

По [5] 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 35 [5];

$K_2 = 1,0$ – для твердого сплава Т15К6 [5];

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

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

Частота вращения

$$n = \frac{1000V}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 180}{3,14 \cdot 61,85} = 924,6, \text{ мин}^{-1}.$$

Принимаем $n_{\phi} = 800$ мин⁻¹.

Фактическая скорость резания

$$V_{\phi} = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 61,85 \cdot 800}{1000} = 155,7, \text{ м/мин.}$$

Минутная подача

$$S = S_0 \cdot n = 0,2 \cdot 800 = 160, \text{ мм/мин.}$$

Основное время

$$T_0 = \frac{L_{px}}{S} = \frac{151}{160} = 0,94, \text{ мин.}$$

Основное время всей операции

$$T_0 = \sum T_{0i} = 0,01 + 0,01 + 0,94 = 0,96, \text{ мин.}$$

2.9.5 Расчет режимов резания на операцию 025 Токарная чистовая.

Выполнить канавку, выдерживая размеры 3, 0,25, R1, 45°; выполнить фаску, выдерживая размер 1x45°; точить поверхность 2, выдерживая размер $\phi 30,2 \pm 0,031$; точить поверхность 3, выдерживая размер $191 \pm 0,575$; точить поверхность 4, выдерживая размер $\phi 40_{-0,62}$; точить поверхность 5, выдерживая размер $183 \pm 0,575$; выполнить фаску, выдерживая размер 2x45°; точить поверхность 6, выдерживая размер $\phi 61,35 h9_{(-0,074)}$.

Переход 1. Выполнить канавку, выдерживая размеры 3, 0,25, R1, 45°.

Глубина резания $t = 1,0$ мм.

По [5] определим подачу $S_0 = 0,3$ мм/об.

По [5] 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 35 [5];

$K_2=1,0$ – для твердого сплава Т15К6 [5];

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

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

Частота вращения

$$n = \frac{1000V}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 180}{3,14 \cdot 25,5} = 2248,0, \text{ мин}^{-1}.$$

Принимаем $n_{\phi}=2000 \text{ мин}^{-1}$.

Фактическая скорость резания

$$V_{\phi} = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 25,5 \cdot 2000}{1000} = 160,1, \text{ м/мин.}$$

Минутная подача

$$S = S_0 \cdot n = 0,3 \cdot 2000 = 600, \text{ мм/мин.}$$

Основное время

$$T_0 = \frac{L_{px}}{S} = \frac{2}{600} = 0,01, \text{ мин.}$$

Переход 2. Выполнить фаску, выдерживая размер $1 \times 45^\circ$; точить поверхность 2, выдерживая размер $\varnothing 30,2 \pm 0,031$; точить поверхность 3, выдерживая размер $191 \pm 0,575$; точить поверхность 4, выдерживая размер $\varnothing 40_{-0,62}$; точить поверхность 5, выдерживая размер $183 \pm 0,575$; выполнить фаску, выдерживая размер $2 \times 45^\circ$; точить поверхность 6, выдерживая размер $\varnothing 61,35 h9_{(-0,074)}$.

Глубина резания $t = 0,3$ мм.

По [5] определим подачу $S_0=0,2$ мм/об.

По [5] 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 реза;

K_4 – поправочный коэффициент, учитывающий главный угол в плане.

Примем

$K_1=1,0$ – для стали 35 [5];

$K_2=1,0$ – для твердого сплава Т15К6 [5];

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

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

Частота вращения

$$n = \frac{1000V}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 180}{3,14 \cdot 61,35} = 934,4, \text{ мин}^{-1}.$$

Принимаем $n_{\phi}=800 \text{ мин}^{-1}$.

Фактическая скорость резания

$$V_{\phi} = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 61,35 \cdot 800}{1000} = 154,1, \text{ м/мин.}$$

Минутная подача

$$S = S_0 \cdot n = 0,2 \cdot 800 = 160, \text{ мм/мин.}$$

Основное время

$$T_0 = \frac{L_{px}}{S} = \frac{96}{160} = 0,60, \text{ мин.}$$

Основное время всей операции

$$T_0 = \sum T_{0i} = 0,01 + 0,60 = 0,61, \text{ мин.}$$

2.9.6 Расчет режимов резания на операцию 030 Шпоночно-фрезерная.

Фрезеровать шпоночный паз (поверхности 16, 17, 18), выдерживая размеры $22 \pm 0,26$, $8N9_{(-0,036)}$, R4, $85 \pm 0,435$.

Глубина резания $t = 4$ мм. Количество проходов 1.

По [5] определим подачу $S_Z=0,025$ мм/зуб. [5]

Определим подачу на оборот шпинделя по формуле

$$S_0 = S_Z \cdot z,$$

где $z = 4$ – количество зубьев фрезы.

$$S_0 = 0,025 \cdot 4 = 0,10, \text{ мм/об.}$$

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

$$K_{MV} = 1,0 \text{ – для стали 35 [5];}$$

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

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

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

Скорость резания определим по формуле, приняв для этого:

$$D=8 \text{ мм; } t = 4 \text{ мм; } S_0=0,1 \text{ мм/об; } C_V=7,0; K_V=0,5; q=0,4; x=0; y=0,7; m=0,2;$$

$$T=30 \text{ мин.}$$

Окончательно по формуле имеем:

$$V = \frac{7,0 \cdot 8^{0,4}}{30^{0,2} \cdot 4^0 \cdot 0,1^{0,7}} \cdot 1,0 = 40,8, \text{ м/мин.}$$

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

$$n = \frac{1000 \cdot 40,8}{3,14 \cdot 8} = 1624, \text{ мин}^{-1}.$$

Принимаем $n=1600 \text{ мин}^{-1}$.

$$\text{Тогда } V_{\phi} = \frac{\pi D n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 8 \cdot 1600}{1000} = 40,2, \text{ м/мин.}$$

Минутная подача

$$S = S_0 \cdot n = 0,1 \cdot 1600 = 160, \text{ мм/мин.}$$

Основное время определим по формуле

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

Основное время определим по формуле, приняв для этого:

$$n_{\text{отв}}=1; L_{\text{рх}}=25 \text{ мм, количество проходов } 1.$$

Окончательно имеем:

$$T_0 = \frac{1 \cdot 25}{160} = 0,16 \text{ мин.}$$

2.9.7 Расчет режимов резания на операцию 035 Зубофрезерная.

Фрезеровать поверхность 19, выдерживая размер $\phi 50,11_{-0,3}$; фрезеровать поверхности 20 и 21, выдерживая размеры $\phi 57,8_{-0,074}$, $m=3$, $z=18$, $\beta=20^{\circ}21'52'' \pm 30'$, $45,43_{-0,074}$.

По ГОСТ 9324-80 выберем марку материала червячной фрезы. Принимаем быстрорежущую сталь Р6М5.

Радиальная подача S_p определяется по формуле

$$S_p = S_{p, \text{ТАБЛ}} \cdot K_1, \quad [5]$$

где $S_{p, \text{ТАБЛ}}$ – радиальная табличная подача по таблице, мм/об;

K_1 – коэффициент, определяемый материалом обрабатываемого колеса.

Для $m=3,0$ $S_{p, \text{ТАБЛ}} = 0,6$ мм/об.

Для Ст 35 $K_1 = 1,0$.

$$S_p = 0,6 \cdot 1,0 = 0,6, \text{ мм/об.}$$

По паспорту станка выбираем $S_p = 0,6$, мм/об.

Определим скорость резания и частоту вращения шпинделя.

$$V = V_{\text{ТАБЛ}} \cdot K_1 \cdot K_2,$$

где $V_{\text{ТАБЛ}}$ – скорость резания по таблице, м/мин; для $m = 3,0$ $V_{\text{ТАБЛ}} = 26$, м/мин;

K_1 – коэффициент, определяемый обрабатываемым материалом; $K_1 = 1,0$;

K_2 - коэффициент, определяемый материалом фрезы; $K_2 = 1,0$.

Тогда

$$V = 26 \cdot 1,0 \cdot 1 = 26, \text{ м/мин.}$$

$$n = \frac{1000V}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 26}{3,14 \cdot 57,61} = 143,7, \text{ мин}^{-1}.$$

Выберем частоту вращения по паспорту станка $n_{\text{ФАКТ}} = 125, \text{ мин}^{-1}$.

Уточним скорость резания

$$V_{\text{ФАКТ}} = \frac{\pi D n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 57,61 \cdot 125}{1000} = 22,6, \text{ м/мин.}$$

Определим величину осевой передвижки B и количество осевых передвижек W фрезы.

$$B = 13 \text{ мм}; W = 2. \quad [5]$$

Определим время одного прохода T_{01} .

$$T_{01} = \frac{L_{\text{р.х.}} \cdot z}{n_1 \cdot S_{\text{р1}} \cdot z_{10} \cdot q}.$$

Число зубьев фрезы для нашего случая примем $z_{01} = 20$. [5]

Основное время операции

$$T_0 = \frac{53 \cdot 18}{125 \cdot 0,5 \cdot 20 \cdot 1} = 0,76, \text{ мин.}$$

2.9.8 Расчет режимов резания на операцию 045 Центрошлифовальная.

Шлифовать центровые отверстия (поверхности 22), выдерживая размер $60^{\circ} \pm 15'$.

Характеристики шлифовального круга:

Материал абразивного зерна – 24А;

Зернистость – 25;

Твердость – СМ2;

Структура – 7;

Связка – К;

Диаметр круга - 80 мм.

Режимы резания определим, пользуясь данными [5].

Определим скорость резания $V=35$ м/с [5].

Радиальная подача $S_p=0,003$ мм/об или 0,4 мм/мин [5].

Скорость вращения заготовки $V_3=35$ м/мин [5].

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 [5].

Тогда определим:

$$T_0 = \frac{8}{500} + \frac{5}{100} + 0,05 = 0,12, \text{ мин.}$$

2.9.9 Расчет режимов резания на операцию 050

Торцекруглошлифовальная.

Шлифовать поверхность 11, выдерживая размер $\varnothing 30,1 \pm 0,0125$;
шлифовать поверхность 14, выдерживая размер $\varnothing 26,1 h7_{(-0,021)}$; шлифовать
поверхность 10, выдерживая размер $100 \pm 0,435$.

Характеристики шлифовального круга:

Материал абразивного зерна – 24А;

Зернистость – 25;

Твердость – СМ2;

Структура – 7;

Связка – К;

Диаметр круга - 250 мм.

Режимы резания определим, пользуясь данными [5].

Определим скорость резания $V=35$ м/с [5].

Радиальная подача $S_p=0,003$ мм/об или 0,4 мм/мин [5].

Скорость вращения заготовки $V_3=35$ м/мин [5].

Частота вращения заготовки

$$n_3 = \frac{1000V_3}{\pi D_3} = \frac{1000 \cdot 35}{3,14 \cdot 30,1} = 370,3, \text{ об/мин.}$$

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 [5].

Тогда определим:

$$T_0 = \frac{160}{500} + \frac{56}{100} + 0,05 = 0,93, \text{ мин.}$$

2.9.10 Расчет режимов резания на операцию 055 Круглошлифовальная черновая.

Шлифовать поверхность 2, выдерживая размер $\varnothing 30,1 \pm 0,0125$.

Характеристики шлифовального круга:

Материал абразивного зерна – 24А;

Зернистость – 25;

Твердость – СМ2;

Структура – 7;

Связка – К;

Диаметр круга - 250 мм.

Режимы резания определим, пользуясь данными [5].

Определим скорость резания $V=35$ м/с [5].

Радиальная подача $S_p=0,003$ мм/об или 0,4 мм/мин [5].

Скорость вращения заготовки $V_3=35$ м/мин [5].

Частота вращения заготовки

$$n_3 = \frac{1000V_3}{\pi D_3} = \frac{1000 \cdot 35}{3,14 \cdot 30,1} = 370,3, \text{ об/мин.}$$

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 [5].

Тогда определим:

$$T_0 = \frac{160}{500} + \frac{15}{100} + 0,05 = 0,52, \text{ мин.}$$

2.9.11 Расчет режимов резания на операцию 060 Зубошлифовальная.

Шлифовать поверхности 20 и 21, выдерживая размеры $\varnothing 57,61_{-0,046}$, $m=3$, $z=18$, $\beta=20^\circ 21' 52'' \pm 10'$, $45,43_{-0,039}$.

Характеристики шлифовального круга:

Материал абразивного зерна – 24А;

Зернистость – 25;

Твердость – СМ2;

Структура – 7;

Связка – К;

Диаметр круга - 100 мм.

Режимы резания определим, пользуясь данными [5].

Определим скорость резания $V=35$ м/с [5].

Радиальная подача $S_p=0,003$ мм/об или 0,4 мм/мин [5].

Скорость вращения заготовки $V_3=35$ м/мин [5].

Частота вращения заготовки

$$n_3 = \frac{1000V_3}{\pi D_3} = \frac{1000 \cdot 35}{3,14 \cdot 61,35} = 181,7, \text{ об/мин.}$$

Основное время определим по формуле

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

где $L_{\text{уск}}$, $S_{\text{уск}}$ – 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 [5].

Тогда определим:

$$T_0 = \frac{8 \cdot 18}{500} + \frac{53 \cdot 18}{100} + 0,05 \cdot 18 = 10,73, \text{ мин.}$$

2.9.12 Расчет режимов резания на операцию 065 Круглошлифовальная чистовая.

Шлифовать поверхность 11, выдерживая размер $\varnothing 30 \text{ m}6 \left(\begin{smallmatrix} +0,021 \\ +0,008 \end{smallmatrix} \right)$; шлифовать поверхность 14, выдерживая размер $\varnothing 26 \text{ h}6 \left(\begin{smallmatrix} -0,013 \end{smallmatrix} \right)$.

Характеристики шлифовального круга:

Материал абразивного зерна – 24А;

Зернистость – 25;

Твердость – СМ2;

Структура – 7;

Связка – К;

Диаметр круга - 250 мм.

Режимы резания определим, пользуясь данными [5].

Определим скорость резания $V=35$ м/с [5].

Радиальная подача $S_p=0,003$ мм/об или 0,4 мм/мин [5].

Скорость вращения заготовки $V_3=35$ м/мин [5].

Частота вращения заготовки

$$n_3 = \frac{1000V_3}{\pi D_3} = \frac{1000 \cdot 35}{3,14 \cdot 30} = 371,5, \text{ об/мин.}$$

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 [5].

Тогда определим:

$$T_0 = \frac{160}{500} + \frac{51}{100} + 0,05 = 0,88, \text{ мин.}$$

2.9.13 Расчет режимов резания на операцию 070 Круглошлифовальная чистовая.

Шлифовать поверхность 2, выдерживая размер $\varnothing 30\text{м}6^{+0,021}_{+0,008}$.

Характеристики шлифовального круга:

Материал абразивного зерна – 24А;

Зернистость – 25;

Твердость – СМ2;

Структура – 7;

Связка – К;

Диаметр круга - 250 мм.

Режимы резания определим, пользуясь данными [5].

Определим скорость резания $V=35$ м/с [5].

Радиальная подача $S_p=0,003$ мм/об или 0,4 мм/мин [5].

Скорость вращения заготовки $V_3=35$ м/мин [5].

Частота вращения заготовки

$$n_3 = \frac{1000V_3}{\pi D_3} = \frac{1000 \cdot 35}{3,14 \cdot 30} = 371,5, \text{ об/мин.}$$

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 [5].

Тогда определим:

$$T_0 = \frac{160}{500} + \frac{15}{100} + 0,05 = 0,52, \text{ МИН.}$$

3 ПРОЕКТИРОВАНИЕ СТАНОЧНОГО ПРИСПОСОБЛЕНИЯ

3.1 Анализ конструкции базового приспособления и сущность усовершенствования.

На токарной чистовой операции 020 для базирования и закрепления заготовки применяются самоцентрирующий трёхкулачковый патрон. Зажим изделия осуществляется наружным захватом трёх кулачков по цилиндрической поверхности $\phi 30,3$. Недостатком данного приспособления является центрирование детали по зажимной шейке, тогда как оно должно осуществляться по центровым отверстиям.

Для устранения данного недостатка предлагаем применить патрон поводковый самозажимной с эксцентриковыми кулачками.

Схема обработки приведена на рисунке 3.1.

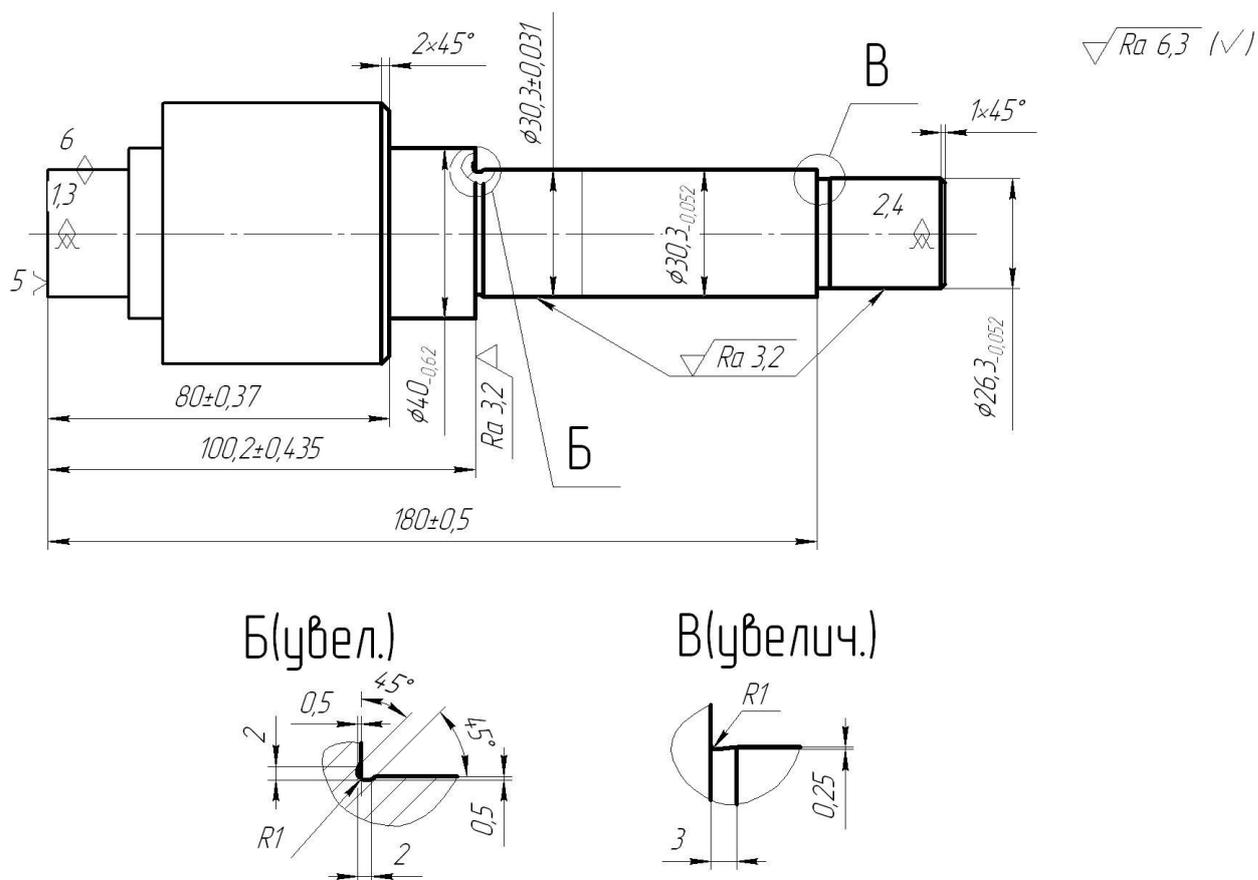


Рис. 3.1. Операционный эскиз

Содержание операции 020.

Выполнить канавку, выдерживая размеры 3, 0,25, R1, 45°; выполнить канавку, выдерживая размеры 2, 0,5, R1, R0,5, 45°; выполнить фаску, выдерживая размер 1x45°; точить поверхность 14, выдерживая размер $\varnothing 26,3_{-0,052}$; точить поверхность 13, выдерживая размер $180 \pm 0,5$; точить поверхность 12, выдерживая размер $\varnothing 30,3_{-0,052}$; точить поверхность 11, выдерживая размер $\varnothing 30,3 \pm 0,031$; точить поверхность 10, выдерживая размер $100,2 \pm 0,435$; поверхность 9, выдерживая размер $\varnothing 40_{-0,62}$; точить поверхность 8, выдерживая размер $80 \pm 0,37$; выполнить фаску (поверхность 7), выдерживая размер 2x45°.

Самозажимные поводковые патроны. Такие патроны изготавливаются с двумя или тремя эксцентриковыми кулачками насечкой, которые в начале обработки под действием сил резания зажимают обрабатываемую деталь, установленную в центрах станка, и передают ей крутящий момент от шпинделя станка. [6]

При увеличении крутящего момента резания автоматически увеличивается и крутящий момент от шпинделя, передаваемый кулачками патрона на деталь. Для удобной установки детали в центрах применяют поводковые патроны с автоматически раскрывающимися кулачками. Равномерный зажим детали всеми кулачками обеспечивается тем, что применяют плавающие кулачки или кулачки с независимым перемещением. Самозажимные поводковые патроны позволяют устанавливать кулачки на различный диаметр обработки деталей.

3.2 Силовой расчет станочного приспособления.

Зажим детали необходим для передачи вращательного движения. Центробежную силу определяют через массу груза и условную скорость вращения его центра тяжести:

$$P_{ц} = m \cdot \omega^2 \cdot R, Н \quad (3.1)$$

или через массу и линейную скорость

$$P_{ц} = \frac{m \cdot v^2}{R}, \quad (3.2)$$

где m -масса груза, кг;

ω -угловая скорость вращаемого груза относительно оси шпинделя, рад/с;

R -расстояние от центра тяжести груза до оси вращения патрона, $R=0,055$ м;

v -линейная скорость вращения центра тяжести груза, м/с;

$$\omega = \frac{\pi \cdot n}{30}, \quad (3.3)$$

где n -частота вращения шпинделя, $n=800$ об/мин;

$$v = \omega \cdot R, \quad (3.4)$$

откуда $\omega = \frac{v}{R}$.

$$\omega = \frac{3,14 \cdot 800}{30} = 83,7, \text{ рад/с}$$

$$P_{ц} = 1,9 \times 83,7^2 \times 0,055 = 732,1, \text{ Н}$$

Определим силу зажима двумя кулачками патрона обрабатываемой детали:

$$W = P_{ц} \cdot Z \cdot \cos 30^\circ \quad (3.5)$$

где 30° - угол между силой зажима W , приложенной к кулачку и направлением действия центробежной силы.

Z -число кулачков патрона;

$$W = 732,1 \times 2 \times \cos 30^\circ = 1268,0, \text{ Н.}$$

Расчёт сил резания выполняем по методике, изложенной в [7].

При точении заготовки составляющие P_z и P_y рассчитывают по формуле:

$$P_{z,y} = 10 C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p, \quad (3.6)$$

где C_p , x , y , n - постоянная и показатели степени для конкретных условий обработки.

При обработки стали резцом, оснащённым пластиной из твёрдого сплава, равны: для $P_z=300$; $x=1,0$; $y=0,75$; $n=-0,15$;

Для $P_y \cdot C_p = 243$; $x = 0,9$; $y = 0,6$; $n = -0,3$

K_p – поправочный коэффициент

$$K_p = K_{mp} \cdot K_{yp} \cdot K_{jp} \cdot K_{np} , \quad (3.7)$$

где K_{mp} – коэффициент учитывающий влияние качества обрабатываемого материала на силовую зависимость.

$$K_{mp} = \left(\frac{\delta_6}{750} \right)^{0,75} , \quad (3.8)$$

$$K_{mp} = \left(\frac{390}{750} \right)^{0,75} = 0,612 ,$$

где K_{yp} ; K_{jp} ; K_{np} – коэффициенты учитывающие влияние геометрии режущей части инструмента на силы резания

При

$$\varphi = 60^0; K_{ypz} = 0,94; K_{ypy} = 0,8; \gamma = -3^0; K_{npz} = 1,05; K_{npy} = 1,5; \lambda = +0,5^0; K_{npz} = 1,03; K_{npy} = 1,15$$

$$K_{pz} = K_{mp} \cdot K_{ypz} \cdot K_{jpz} \cdot K_{npz} = 0,612 \cdot 0,94 \cdot 1,05 \cdot 1,03 = 0,622.$$

$$K_{py} = K_{mp} \cdot K_{ypy} \cdot K_{jpy} \cdot K_{npy} = 0,612 \cdot 0,8 \cdot 1,5 \cdot 1,15 = 0,845.$$

$$P_z = 10 \cdot 300 \cdot 0,3^{1,0} \cdot 0,2^{0,75} \cdot 155,7^{-0,15} \cdot 0,622 = 78,52 , \text{ Н.}$$

$$P_y = 10 \cdot 243 \cdot 0,3^{0,9} \cdot 0,2^{0,6} \cdot 155,7^{-0,3} \cdot 0,845 = 58,18 , \text{ Н.}$$

Выведем формулы для расчёта усилия зажима W . Суммарный крутящий момент от касательной составляющей силы резания стремится повернуть изделие в кулачках и равен для данной схемы установки.

$$M_p = \frac{P_z d_1}{2} = \frac{78,52 \cdot 61,85}{2} = 2428,2 , \text{ Н.} \quad (3.9)$$

Повороту заготовки препятствует момент силы зажима, который определяется по формуле:

$$M_3 = \frac{T d_2}{2} = \frac{W f d_2}{2} , \quad (3.10)$$

где W – суммарное усилие зажима приходящее на три кулачка, Н
 f – коэффициент трения на рабочие поверхности сменного кулачка,

Из равенства моментов M_p и M_3 . определим необходимое усилие зажима, препятствующее повороту изделия в кулачках:

$$W^1 = \frac{KM_p}{fd_2} = \frac{Kp_z \cdot d_1}{fd_2}, \quad (3.11)$$

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

$$K = K_0 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4, \quad (3.12)$$

$$K_{p_z} = 1,5 \cdot 1,2 \cdot 1,0 = 1,8 \quad K_{py} = 2,52.$$

$f=0,3$ отсюда

$$W_z^1 = \frac{K \cdot P_z \cdot d_1}{f \cdot d_2} = \frac{1,8 \cdot 78,52 \cdot 61,85}{0,3 \cdot 30,7} = 949,1, \text{ Н.}$$

Сила P_y стремится вывернуть изделие из кулачков относительно OO_1 создавая момент от силы зажима

$$M_p^{11} = P_y \ell. \quad (3.13)$$

Этому моменту препятствует момент от силы, зажима

$$M_3^{11} = T \frac{2}{3} d_2 = \frac{2}{3} W^1 f d_2. \quad (3.14)$$

Необходимая сила зажима равна

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

$$W_1 = \frac{W}{1 - \left(\frac{3\ell_k}{M_k} \cdot f_1 \right)} = \frac{949,1}{1 - \left(\frac{3 \cdot 13}{25} \cdot 0,1 \right)} = 1124,5, \text{ Н.} \quad (3.15)$$

Определим осевую силу зажима кулачками патрона обрабатываемой детали:

$$Q = \frac{M}{n \cdot r_{\max} \cdot \sin \left(\theta + \frac{4r_0 \cdot \mu}{\pi \cdot r_{\min}} \right)} \quad (3.16)$$

где r_{\max} -максимальный радиус зажатой кулачками детали;

θ -угол подъема профиля кулачка, $\theta=18^0$;

μ - коэффициент трения на тыльной упорной поверхности кулачка, $\mu=0,15$;

r_0 -радиус тыльной упорной поверхности кулачка, $r_0=0,025\text{м}$;

$$Q = \frac{2428,2}{800 \cdot 0,031 \cdot \sin\left(18 + \frac{4 \cdot 0,025 \cdot 0,15}{3,14 \cdot 0,04}\right)} = 314,8, \text{ Н.}$$

Определим угол поворота кулачка при зажиме обрабатываемой детали:

$$\alpha_0 = 2,31 \times g(r_{max}/r_{min}) \quad (3.17)$$

α_0 – угол поворота кулачка при зажиме обратной поверхности детали;

$$\alpha_0 = 2,31 \times 9,81(0,031/0,04) = 17,6^\circ.$$

3.3 Описание конструкции приспособления.

Приспособление устанавливается на шпинделе станка. Фиксация приспособления по отверстию шпинделя станка осуществляется опорой позиция 47 (рис. 3.2). Крепление приспособления осуществляется 4 болтами.

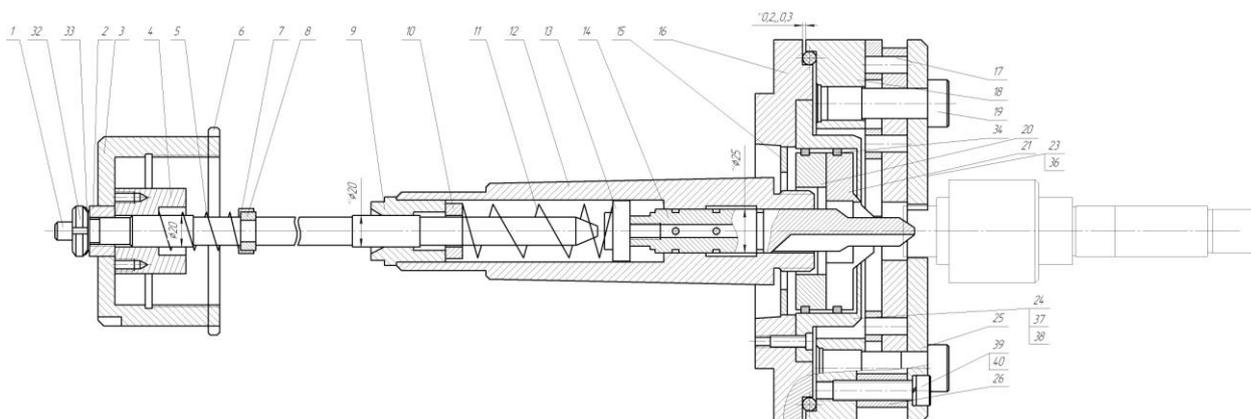


Рис. 3.1. Патрон поводковый самозажимной с эксцентриковыми кулачками

Приспособление работает следующим образом: деталь устанавливается в центра. Когда включается привод станка, шток позиция 1 перемещается вниз, происходит зажим детали, (усилие обеспечивается за счет центробежной силы возникающей при вращении шпинделя и достаточное усилие возникает при $n > 200$ об/мин).

Чтобы разжать деталь достаточно остановить шпиндель (разжим происходит при $n = 160$ об/мин). При обработке силы резания воспринимает корпус приспособления позиция 12.

4 ПРОЕКТИРОВАНИЕ РЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА

На операции 030 Шпоночно-фрезерная проводят обработку шпоночного паза детали концевой фрезой. Спроектируем концевую фрезу для этой операции.

4.1 Исходные данные.

Материал заготовки – сталь 45 ГОСТ 1050-88.

Глубина фрезерования – 4 мм. Эскиз обработки представлен на рис.

4.1.

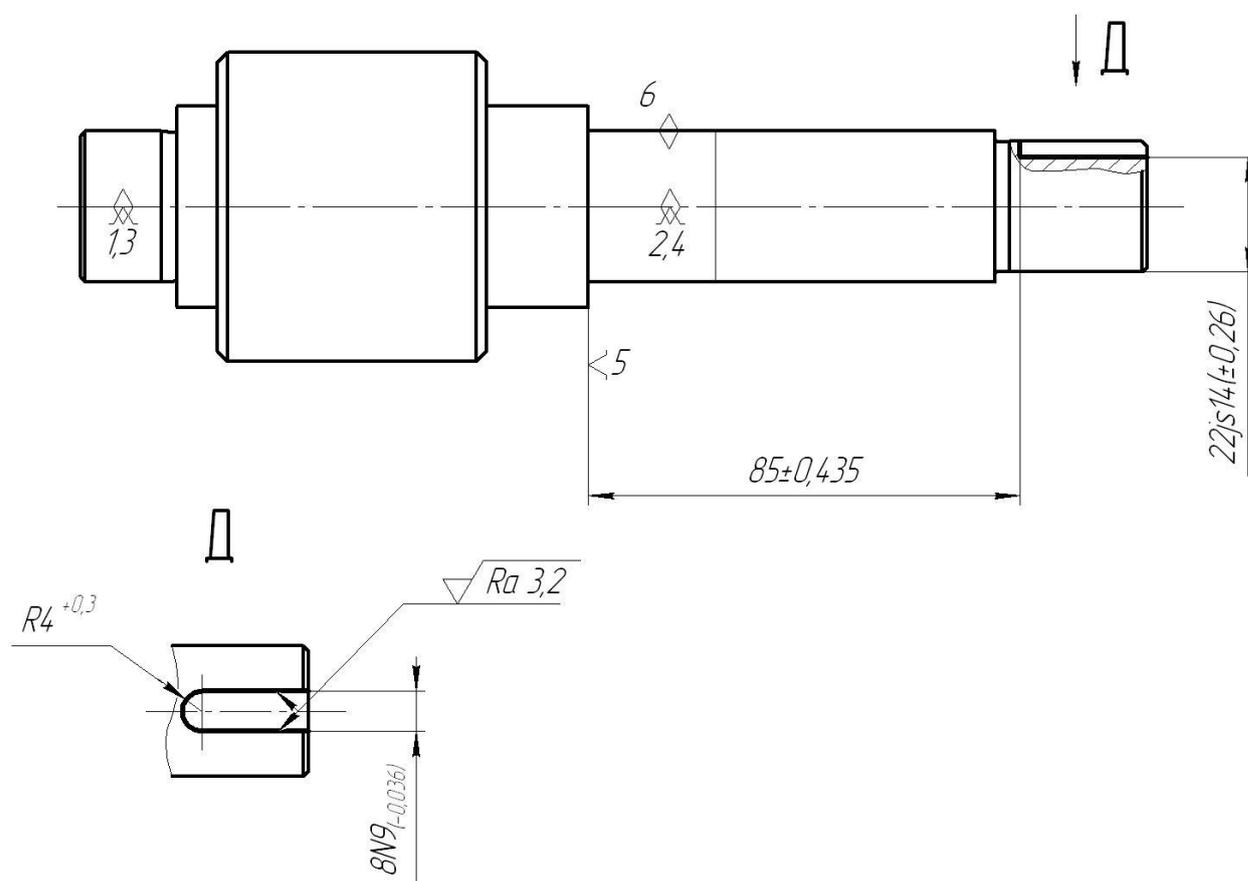


Рис. 4.1. Эскиз операции

4.2 Выбор материала инструмента.

Для проектируемой концевой фрезы при обработке заготовки из стали 35 с $\sigma_B=180$ МПа выбираем твердый сплав Т15К6.

4.3 Расчёт конструктивных элементов рабочей части фрезы.

Диаметр концевой фрезы d назначается конструктивно исходя из формы и размеров обрабатываемой заготовки. От диаметра зависит отвод тепла, толщина стружки, число зубьев, форма зубьев и диаметр отверстия.

[8]

Принимаем $d=8$ мм.

Определяем длину фрезы по формуле:

$$L=l_1+l+l_2, \quad (4.1)$$

где l_1 – длина режущей части;

l – длина шейки;

l_2 – длина хвостовика.

Для фрез диаметром от 10 до 30 мм длина режущей части $l_1=4d$,

поэтому:

$$l_1=4 \cdot 8=32 \text{ мм.}$$

Длина шейки определяется по формуле:

$$l=4\left(\sqrt[4]{d} + \frac{12}{d}\right), \quad (4.2)$$

$$l=4 \times \left(\sqrt[4]{8} + \frac{12}{10}\right) = 12,7 \text{ мм.}$$

Принимаем $l=12$ мм.

Диаметр шейки примем равным диаметру режущей части фрезы.

Принимаем его равным $d_{ш}=8$ мм.

Рассчитываем общую длину фрезы по формуле (4.1):

$$L=32+12+60=112 \text{ мм.}$$

Концевые фрезы из твердого сплава диаметром до 10 мм включительно выпускаются с цилиндрическим хвостовиком того же диаметра.

Количество зубьев концевых фрез зависит от диаметра фрезы и определяется из соотношения [14]:

$$z=(0,1 \dots 1,3)d \geq 2 \dots 12, \quad (4.3)$$

$$z=(0,1\dots 1,3)\times 8=2..12.$$

Принимаем $z=4$.

Для выполнения условия равномерности фрезерования зубья на цилиндрической части выполняют стружечную канавку с углом наклона $\omega=30\dots 45^\circ$. Принимаем $\omega=30^\circ$. [8]

4.4 Форма и размеры зубьев и впадин.

Форма зубьев и впадин у фрез с острозаточенными зубьями определяется условиями обработки и имеет три вида профиля: одноуголовая, двухуголовая и криволинейная (параболическая).

Стружечная канавка должна обеспечивать достаточный объем для размещения срезанной стружки (при достаточной прочности зуба), большое количество переточек, технологичность изготовления и т.д.

Для фрез с крупным зубом рекомендуется двухголовая форма. Такая форма зуба получается путем двойного фрезерования. Сначала впадина фрезеруется угловой фрезой, а затем зуб срезается по спинке.

В результате этого зуб по вершине оформляется под двумя углами: α – задний угол, α_1 – угол среза спинки. Угол среза спинки α_1 для концевых фрез выполняется в пределах $20^\circ - 30^\circ$, принимаем $\alpha_1 = 20^\circ$.

Спинка зуба очерчивается радиусом

$$R=(0,3\dots 0,45)d. \tag{4.4}$$

Таким образом:

$$R=(0,3\dots 0,45)8=2,4\dots 3,6 \text{ мм.}$$

Принимаем $R=3$ мм.

Угол стружечной канавки $\theta=50\dots 65^\circ$. Принимаем $\theta=50^\circ$.

Шаг зубьев примем $\varphi = 90^\circ$.

Для числа зубьев $z = 4$ назначаем:

$$\varphi_1 = 68^\circ; \varphi_2 = 72^\circ; \varphi_3 = 76^\circ; \varphi_4 = 68^\circ; \varphi_5 = 76^\circ; \varphi_6 = \varphi_7 = \varphi_8 = 0^\circ$$

Для всех профилей на задней поверхности зубьев назначается ленточка f , наклон которой определяет величину заднего угла, $f = 0,2...2$ мм для зубьев с двухголовым профилем. Принимаем $f = 1,5$ мм.

4.5 Геометрические параметры зубьев фрезы.

Геометрические параметры фрезы назначаются в соответствии с условиями обработки: физико-механическими свойствами обрабатываемого материала, размерами сечения среза, требуемой шероховатостью поверхности и т.д.

Главный угол в плане φ определяется конструкцией фрезы. Для концевых фрез $\varphi = 90^\circ$. Вспомогательный угол в плане $\varphi_1 = 0...10^\circ$. Принимаем $\varphi_1 = 6^\circ$.

Главный задний угол α рассматривается в торцевом сечении. Он назначается в целях уменьшения трения задней поверхности зуба фрезы о поверхность резания детали. При его увеличении уменьшается площадь контакта между этими поверхностями и соответственно снижаются силы трения. Однако увеличение этого угла сверх определенных значений приводит к уменьшению угла заострения β , ослаблению режущего клина и, следовательно, к снижению его прочности. Уменьшение массивности режущего клина также ухудшает теплоотвод от лезвия, в результате возрастает температура резания и снижается стойкость фрезы. Таким образом, величина главного заднего угла должна одновременно удовлетворять двум противоречивым условиям.

Для фрез с крупным зубом задний угол $\alpha = 12^\circ$. Принимаем $\alpha = 14^\circ$.

Главный передний угол γ предназначен для уменьшения нагрузки на режущую кромку в процессе резания и рассматривается в нормальном сечении, т.е. в направлении схода стружки. Он назначается исходя из условий, обеспечивающих срезание стружки в зависимости от физико-механических свойств обрабатываемого материала и характеристики материала инструмента. Увеличение переднего угла способствует

снижению пластических деформаций срезаемого слоя и сил резания, облегчает перемещение стружки по передней поверхности. С этой точки зрения величины передних углов желательно назначать предельно большими, близкими к 45° . Однако такое увеличение угла γ вызывает уменьшение угла заострения β , ослабление режущего клина и приводит к снижению его прочности.

При обработке сталей передний угол γ назначается в пределах $15-30^\circ$. Принимаем $\gamma=15^\circ$. [14]

Угол наклона режущих кромок λ у концевых фрез $10-15^\circ$. Принимаем $\lambda=10^\circ$.

Подточку зуба производим под углом 60° .

Во избежание налипания обрабатываемого материала производим подточку передней поверхности возле ленточки на угол $\gamma'=20^\circ$.

Эскиз фрезы представлен на рис. 4.2.

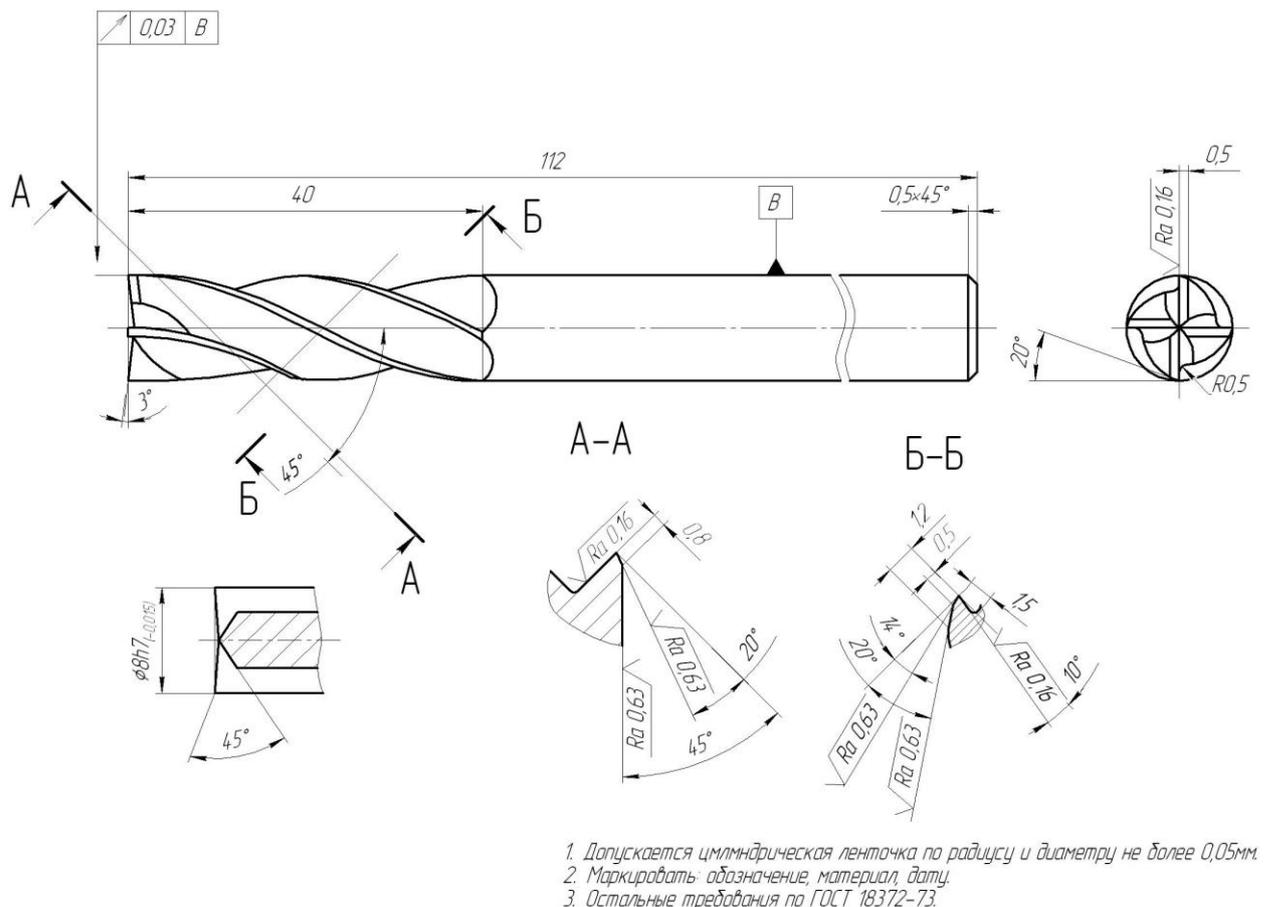


Рис. 4.2. Эскиз фрезы

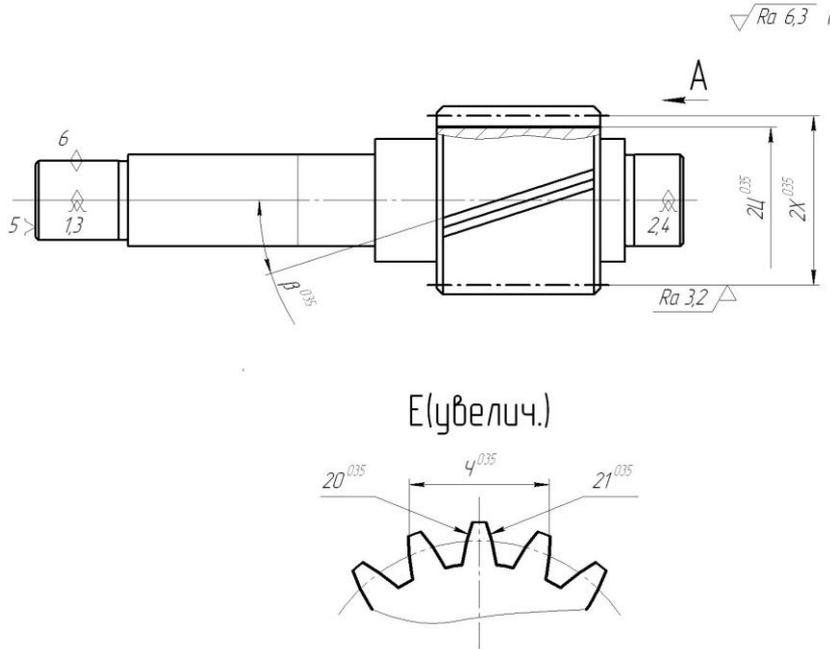
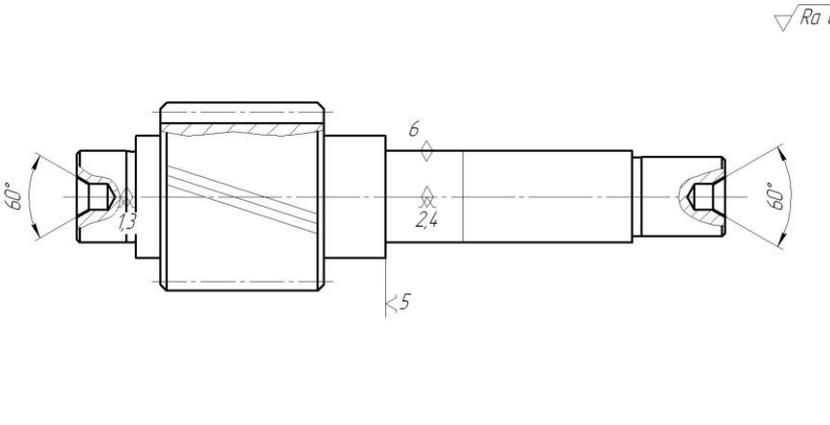
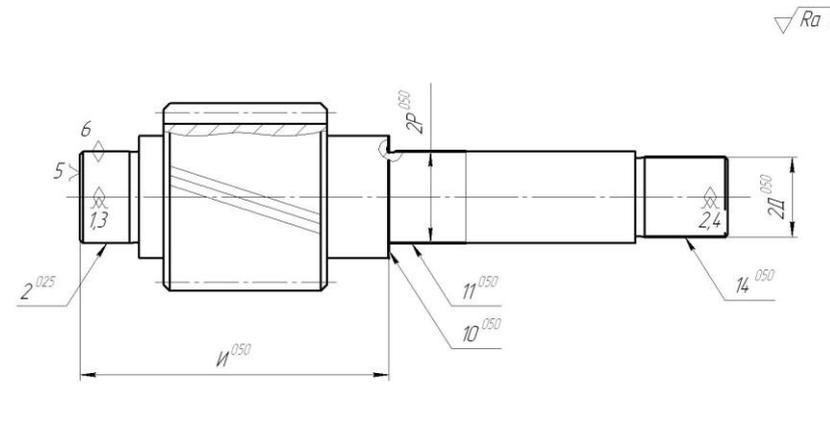
№ оп.	Наимен. оборудования	Операционный эскиз	Технические требования
035	Зубофрезерная Зубофрезерный станок с ЧПУ 5320Ф4		$T2Ц^{0.35} = 0,8$ $T2X^{0.35} = 0,9$ $T4^{0.35} = 0,9$ $T\beta^{0.35} = 20'$ $\sqrt{20}^{0.35} \curvearrowright 2^{0.25} = 0,02$ $\sqrt{21}^{0.35} \curvearrowright 2^{0.25} = 0,02$ $\sqrt{20}^{0.35} \curvearrowright 11^{0.25} = 0,02$ $\sqrt{21}^{0.35} \curvearrowright 11^{0.25} = 0,02$
040		Термическая (закалка и отпуск до 48...52 HRC)	
045	Центрошлифовальная Центрошлифовальный станок ЗК255В		
050	Торцеуглошлифовальная Торцеуглошлифовальный станок с ЧПУ ХШ4-104Ф20		$T\Pi^{0.50} = 0,870$ $T2P^{0.50} = 0,025$ $T2D^{0.50} = 0,021$ $\sqrt{11}^{0.50} = 0,010$ $\sqrt{14}^{0.50} = 0,020$ $\textcircled{11}^{0.50} \curvearrowright 2^{0.25} = 0,020$ $\perp 10^{0.50} \curvearrowright 11^{0.50} = 0,012$

Рис. 5.3

№ оп.	Наимен. оборудования	Операционный эскиз	Технические требования
065	Круглошлифовальная черновая Круглошлифовальный станок с ЧПУ КИ-4002		$T_{2A}^{065} = 0,025$ $\phi/2^{065} = 0,010$ $\textcircled{2}^{065} \curvearrow 11^{065} = 0,020$
060	Зубошлифовальная Зубошлифовальный станок		$T_{2X}^{060} = 0,046$ $T_4^{060} = 0,039$ $T_p^{060} = 20'$ $\curvearrow 20^{060} \curvearrow 2^{065} = 0,005$ $\curvearrow 21^{060} \curvearrow 2^{065} = 0,005$ $\curvearrow 20^{060} \curvearrow 11^{060} = 0,005$ $\curvearrow 21^{060} \curvearrow 11^{060} = 0,005$
065	Круглошлифовальная чистовая Круглошлифовальный станок с ЧПУ КИ-4002		$T_{2P}^{065} = 0,013$ $T_{2D}^{065} = 0,021$ $\phi/11^{065} = 0,005$ $\phi/14^{065} = 0,010$ $\textcircled{11}^{065} \curvearrow 2^{065} = 0,010$
070	Круглошлифовальная чистовая Круглошлифовальный станок с ЧПУ КИ-4002		$T_{2A}^{070} = 0,013$ $\phi/2^{070} = 0,005$ $\textcircled{2}^{070} \curvearrow 11^{065} = 0,01$
075		Моющая (промыть все поверхности)	
080		Контрольная	

Рис. 5.4

6 БЕЗОПАСНОСТЬ И ЭКОЛОГИЧНОСТЬ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБЪЕКТА

Тема выпускной квалификационной работы: «Техпроцесс изготовления вала-шестерни редуктора Р-121».

6.1 Конструктивно-технологическая характеристика объекта.

Таблица 6.1 - 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	Точение чистовое	Операция 020 Токарная чистовая	Оператор станка с ЧПУ	Станок СА500СФЗК; токарный поводковый патрон	Сталь 35; т/с Т15К6; б/рсталь Р6М5; СОЖ-Литол
2	Фрезерование шпоночного паза	Операция 030 Шпоночно-фрезерная	Фрезеровщик	Шпоночно-фрезерный станок 692Д; приспособление специальное с пневмоприводом	Сталь 35; б/р сталь Р6М5; СОЖ-Литол

6.2 Идентификация производственно-технологических и эксплуатационных профессиональных рисков.

Таблица 2 – Идентификация профессиональных рисков.

№ п/п	Производственно-технологическая и/или эксплуатационно-технологическая операция, вид выполняемых работ	Опасный и /или вредный производственный фактор	Источник опасного и /или вредного производственного фактора
1	Операция 020 Токарная чистовая	1) Повышенный уровень шума на рабочем месте. 2) Повышенный уровень вибрации. 3) В связи с использование СОЖ повышенная загазованность на рабочем месте.	Токарный станок с ЧПУ СА500СФЗК
2	Операция 030 Шпоночно-фрезерная	1) Повышенный уровень шума на рабочем месте. 2) Повышенный уровень вибрации. 3) В связи с использование СОЖ повышенная загазованность на рабочем месте.	Шпоночно-фрезерный станок 692Д

6.3 Методы и технические средства снижения профессиональных рисков.

Таблица 6.3 – Методы и средства снижения воздействия опасных и вредных производственных факторов (уже реализованных и дополнительно или альтернативно предлагаемых для реализации в рамках выпускной работы).

№ п/п	Опасный и / или вредный производственный фактор ¹	Организационные методы и технические средства защиты, снижения, устранения опасного и / или вредного производственного фактора ²	Средства индивидуальной защиты работника ³
1	Повышенный уровень шума на рабочем месте на токарной операции	Оператор станка находится на удалении от него и производит только загрузку-выгрузку деталей и заготовок.	Костюм хлопчатобумажный или вискозно-лавсановый
2	Повышенный уровень вибрации на токарной операции	Оператор станка находится на удалении от него и производит только загрузку-выгрузку деталей и заготовок.	Костюм и брюки хлопчатобумажные или вискозно-лавсановый; ботинки кожаные; рукавицы хлопчатобумажные.
3	В связи с использованием СОЖ повышенная загазованность на рабочем месте.	Оператор станка должен быть одет в респиратор.	Респиратор.

Продолжение табл. 6.3

4	Повышенный уровень шума на рабочем месте на фрезерной операции	Фрезеровщик должен быть одет в наушники защитные	Наушники защитные.
5	Повышенный уровень вибрации на фрезерной операции	Фрезеровщик должен быть одет в спецодежду	Костюм и брюки хлопчато-бумажные или вискозно-лавсановый; ботинки кожаные; рукавицы хлопчатобумажные.

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

6.4.1 Идентификация опасных факторов пожара.

Таблица 6.4 – 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 СА500СФ3К; шпоночно-фрезерный станок 692Д	Е	1) пламя и искры; 2) тепловой поток; 3) пониженная концентрация кислорода; 4) снижение видимости в дыму	1) вынос (замыкание) высокого электрического напряжения на токопроводящие части технологических

Продолжение табл. 6.4

				(задымленных пространственных зонах).	установок, оборудования, агрегатов, изделий и иного имущества; 2) образующиеся в процессе пожара осколки, части разрушившихся производственного и инженерно-технического оборудования.
--	--	--	--	---------------------------------------	---

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

Таблица 6.5 - Технические средства обеспечения пожарной безопасности.

Первичные средства пожаротушения	Мобильные средства пожаротушения	Стационарные установки системы пожаротушения	Средства пожарной автоматики	Пожарное оборудование	Средства индивидуальной защиты и спасения людей при пожаре	Пожарный инструмент (механизированный и немеханизированный)	Пожарные сигнализация, связь и оповещение.
Огнетушители	Пожарные	Пожарные	Автоматизирован	Напорные	Респираторы,	Лопаты, ломы,	Автоматичес

Продолжение табл. 6.5

с песком	автомобили, пожарные лестницы	гидранты	огнетушители, пожарные щиты, пожарные рукава, гидранты	пожарные рукава, гидранты	противогазы	ведра	датчики и извещатели
----------	-------------------------------	----------	--	---------------------------	-------------	-------	----------------------

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

Таблица 6.6 – 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 СА500СФ3К	Проведение инструктажа по пожарной безопасности. Применение автоматических приборов оповещения. Контроль правильной эксплуатации оборудования.	Запрет на курение и на применение открытого огня в цехе. Применение средств автоматического оповещения и пожаротушения в цехе.
Шпоночно-фрезерный станок 692Д	Проведение инструктажа по пожарной	Запрет на курение и на применение открытого огня в цехе. Применение

Продолжение табл. 6.6

	<p>безопасности.</p> <p>Применение автоматических приборов оповещения.</p> <p>Контроль правильной эксплуатации оборудования.</p>	<p>средств автоматического оповещения и пожаротушения в цехе.</p>
--	--	---

6.5 Обеспечение экологической безопасности рассматриваемого технического объекта.

Таблица 6.7 – 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.)
Точение чистовое	Токарный станок с ЧПУ	Газ от испарения	Использованная СОЖ	Возможно попадание

Продолжение табл. 6.7

	CA500СФЗК	СОЖ		использованной СОЖ а почву. Возможно попадание стружки в почву.
Фрезерование	Шпоночно-фрезерный станок 692Д	Газ от испарения СОЖ	Использованная СОЖ	Возможно попадание использованной СОЖ а почву. Возможно попадание стружки в почву.

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

Таблица 6.8 – Разработанные организационно-технические мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия технического объекта на окружающую среду.

Наименование технического объекта	Точение чистовое, Фрезерование
Мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия на атмосферу	Применение герметичной камеры на токарном станке с ЧПУ
Мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия на гидросферу	Применение централизованного сбора и утилизации стружки.

Продолжение табл. 6.8

Мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия на литосферу	Соблюдение на предприятии хранения и регулярности утилизации отходов. Возможность использования стружки для производства сырья.
---	---

6.6 Заключение.

В результате анализа на безопасность и экологичность технического объекта были разработаны меры по предупреждению возникновения травм от опасных и вредных производственных факторов на участке механической обработки. Выполнено оснащение модернизированных операций средствами пожаротушения и пожароповещения. Для предупреждения загрязнения экологичности разработаны мероприятия по снижению антропогенного воздействия технических объектов участка на окружающую среду.

7 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.

На операции 020 производится чистовая токарная обработка поверхностей на токарном станке с ЧПУ, модель СА500СФЗК. В качестве оснастки используется поводковый патрон. Обработка осуществляется тремя резцами из твердого сплава Т15К6.

На операции 030 выполняется фрезерование шпоночного паза на шпоночно-фрезерном станке, модель 692Д. Зажим обеспечивает гидрозажимные тиски с призмами. Получение нужных поверхностей обеспечивается концевой фрезой из быстрорежущей стали Р6М5.

Проектный вариант.

Отличительной особенностью выполнения операции 020 является то, что для обеспечения надежной фиксации заготовки для ее выполнения используется самозажимной патрон с эксцентриковыми кулачками.

Особенностью выполнения операции 30 является применяемый инструмент – концевая фреза из твердого сплава Т15К6, позволяющий увеличить стойкость инструмента в 2 раза.

Рассмотренные совершенствования позволяют сократить вспомогательное время выполнения операции 020 с 0,51 мин. до 0,39 мин. Благодаря этим изменениям достигли снижения общей трудоемкости выполнения этой операции с 1,47 мин до 1,35 мин.

Описанные изменения операции 030 влияние на трудоемкость не оказали, но за счет повышенной стойкости предложенного инструмента, можно будет достичь сокращения расходов на инструмент.

После краткого описания предлагаемых изменений, необходимо подтвердить их экономическую целесообразность. с учетом указанных изменений, согласно методике определения капитальных вложений [12] мы рассчитали данную величину, которая составляет $K_{ВВ.ПП} = 17592,11$ руб.

Учитывая то, что метод получения заготовки и ее материал по вариантам не изменились, поэтому расчет технологической себестоимости будем осуществлять без затрат на материал, т.к. эти значения существенного влияния на конечный результат не оказывают. Сравнительная структура технологической себестоимости изготовления детали «Вал-шестерня» по сравниваемым вариантам представлена на рисунке 7.1.

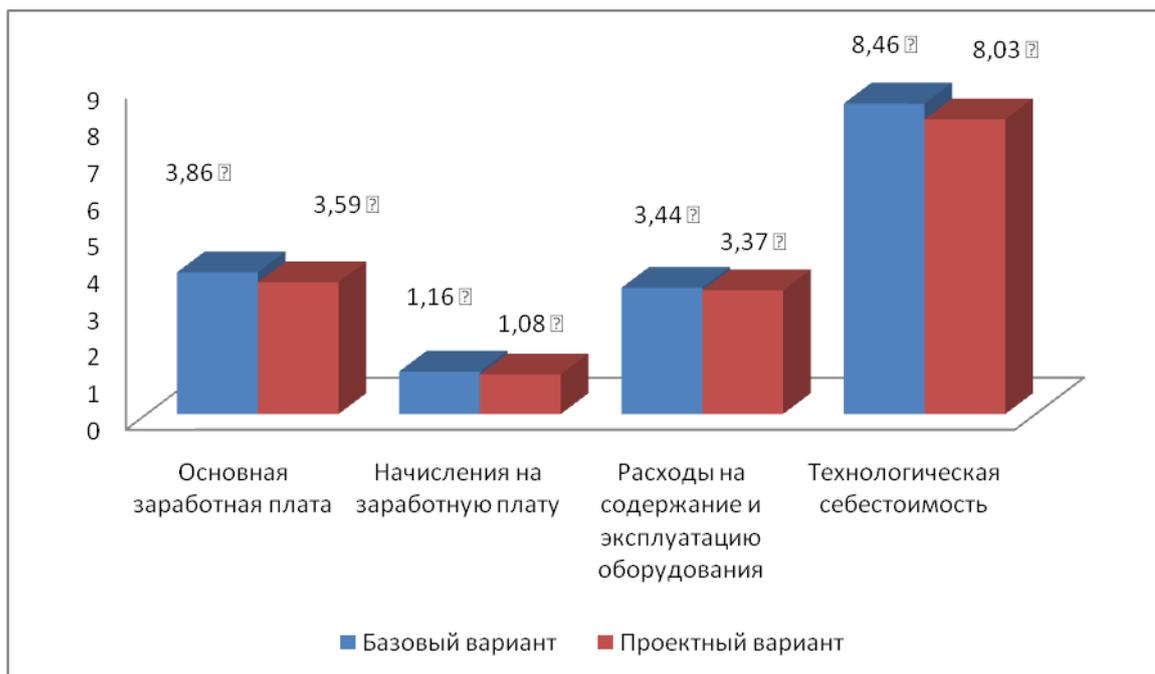


Рис. 7.1. Структура технологической себестоимости изготовления вала шестерня по сравниваемым вариантам

Используя методику составления калькуляции полной себестоимости [12] мы рассчитали ее значения, по базовому варианту – 22,56 руб.; а по проектному варианту – 21,15 руб.

Опираясь на полученные данные, проведем экономическое обоснование предложенных изменений. Для этого будем использовать методику расчета показателей экономической эффективности [12], согласно которой мы получаем следующие данные.

$$P_{P.OЖ} = \Delta_{УГ} = (C_{ПОЛ.БАЗ} - C_{ПОЛ.ПР}) \cdot P_{Г} \text{ руб.} \quad (7.1)$$

$$P_{P.OЖ} = \Delta_{УГ} = (2,56 - 21,15) \cdot 5000 = 7050 \text{ руб.}$$

$$H_{ПРИБ} = P_{P.OЖ} \cdot K_{НАЛ} \text{ руб.} \quad (7.2)$$

$$H_{ПРИБ} = 7050 \cdot 0,2 = 1410 \text{ руб.}$$

$$P_{P.ЧИСТ} = P_{P.OЖ} - H_{ПРИБ} \text{ руб.} \quad (7.3)$$

$$P_{P.ЧИСТ} = 7050 - 1410 = 5640 \text{ руб.}$$

$$T_{ОК.РАСЧ} = \frac{K_{ВВ.ПР}}{P_{P.ЧИСТ}} + 1, \text{ года} \quad (7.4)$$

$$T_{ОК.РАСЧ} = \frac{17592,11}{5640} + 1 = 4,12 = 5 \text{ лет}$$

$$D_{ДИСК.ОБЩ} = P_{P.ЧИСТ.ДИСК}(T) = \sum_1^T P_{P.ЧИСТ} \cdot \frac{1}{(1+E)^t}, \text{ руб.} \quad (7.5)$$

$$D_{ОБЩ.ДИСК} = P_{P.ЧИСТ.ДИСК}(T) = 5640 \cdot \left(\frac{1}{(1+0,1)^1} + \frac{1}{(1+0,1)^2} + \frac{1}{(1+0,1)^3} + \frac{1}{(1+0,1)^4} + \frac{1}{(1+0,1)^5} \right) = 21375,6 \text{ руб}$$

$$\Delta_{ИНТ} = ЧДД = D_{ОБЩ.ДИСК} - K_{ВВ.ПР} \text{ руб.} \quad (7.6)$$

$$\Delta_{ИНТ} = ЧДД = 21375,6 - 17592,11 = 3783,49 \text{ руб.}$$

$$ИД = \frac{D_{ОБЩ.ДИСК}}{K_{ВВ.ПР}} \text{ руб./руб.} \quad (7.7)$$

$$ИД = \frac{21375,6}{17592,11} = 1,22 \text{ руб./руб.}$$

Рассматриваемые изменения технологического процесса, можно считать экономически обоснованными. Так как, во-первых, они привели к снижению себестоимости на 6,25%, а во вторых, интегральный экономический эффект от изменений составит 3783,49 руб., что также свидетельствует о эффективности работы.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате проделанной работы нами спроектирован технологический процесс изготовления вала-шестерни редуктора Р-121. Выполнено оснащение техпроцесса современным оборудованием и технологическими средствами. На две операции техпроцесса разработаны технологические наладки.

На токарную операцию 020 разработано усовершенствованное зажимное устройство – самозажимной поводковый патрон.

Для операции 030 шпоночно-фрезерной разработана цельная твердосплавная концевая фреза.

Техпроцесс сопровождается технологической документацией.

В работе выполнен анализ безопасности и экологичности технического объекта.

Экономический расчет показал эффективность проделанной работы.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Марочник сталей и сплавов / сост. А. С. Зубченко [и др.] ; под ред. А. С. Зубченко. - 2-е изд., перераб. и доп. - Москва : Машиностроение, 2003. - 782 с.
2. Маталин, А. А. Технология машиностроения : учеб. для студ. вузов, обуч. по спец. 151001 напр. "Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроит. производств" / А. А. Маталин. - Изд. 3-е, стер. ; Гриф УМО. - Санкт-Петербург [и др.] : Лань, 2010. - 512 с.
3. Афонькин, М.Г. Производство заготовок в машиностроении. / М.Г. Афонькин, В.Б. Звягин – 2-е изд., доп. и перера. СПб: Политехника, 2007 – 380с.
4. ГОСТ 7505 – 89. Поковки стальные штампованные. Допуски, припуски и кузнечные напуски. – 36 с.
5. Режимы резания металлов: Справочник/ Ю.В.Барановский, Л.А.Брахман, А.И.Гадалевич и др. – М.: НИИТавтопром, 1995. – 456 с.
6. Станочные приспособления: Справочник. В 2-х т. Т1/под ред. совет Б.Н. Вардашкин (пред.) и др. – М.: Машиностроение, 1984. – 592 с.
7. Зубарев, Ю.М. Расчет и проектирование приспособлений в машиностроении [Электронный ресурс] : учебник. - Электрон. дан. - СПб. : Лань, 2015. - 309 с.
8. Гоцеридзе, Р.М. Процессы формообразования и инструменты: учебник для студ. учреждений сред. проф. образования / Р.М.Гоцеридзе. – М.: Издательский центр «Академия», 2006. – 384 с.
9. Суслов, А. Г. Технология машиностроения : учеб. для вузов / А. Г. Суслов. - 2-е изд., перераб. и доп. ; Гриф МО. - Москва : Машиностроение, 2007. - 429 с.
10. 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.

11. 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.

12. 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.

13. Анурьев, В.И. Справочник конструктора-машиностроителя: В 3-х т. Т. 3. – 5-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1978. – 557 с.

14. Анурьев, В.И. Справочник конструктора-машиностроителя: В 3-х т. Т. 1. – 5-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1978. – 728 с.

15. Расторгуев, Д. А. Проектирование технологических операций [Электронный ресурс] : электрон. учеб.-метод. пособие / Д. А. Расторгуев ; ТГУ ; Ин-т машиностроения ; каф. «Оборудование и технологии машиностроит. пр-ва». - Тольятти : ТГУ, 2015. - 140 с.

16. Справочник технолога-машиностроителя. В 2 т. Т. 1 / А. М. Дальский [и др.] ; под ред. А. М. Дальского [и др.]. - 5-е изд., испр. - Москва : Машиностроение-1, 2003. - 910 с.

17. Справочник технолога-машиностроителя. В 2 т. Т. 2 / А. М. Дальский [и др.] ; под ред. А. М. Дальского [и др.]. - 5-е изд., испр. - Москва : Машиностроение-1, 2003. - 941 с.

18. Расчет припусков и межпереходных размеров в машиностроении: Учеб. пособ. Для машиностроит. спец. вузов/ Я.М. Радкевич, В.А. Тимирязев, А.Г. Схиртладзе, М.С. Островский; Под ред. В.А. Тимирязева. – 2-е изд. Высш. шк. 2007 г.

19. Металлорежущие станки [Электронный ресурс] : учебник. В 2 т. Т. 1 / Т. М. Аврамова [и др.] ; под ред. В. В. Бушуева. - Москва : Машиностроение, 2011. - 608 с.

20. Тарабарин, О. И. Проектирование технологической оснастки в машиностроении : учеб. пособие для вузов / О. И. Тарабарин, А. П. Абызов, В. Б. Ступко. - Изд. 2-е, испр. и доп. ; гриф УМО. - Санкт-Петербург : Лань, 2013. - 303 с.

ПРИЛОЖЕНИЯ

O10	<i>точить поверхность 12, выдерживая размер $\varnothing 30.5_{-0.21}$; точить поверхность 11, выдерживая размер $\varnothing 30,7 \pm 0,125$; точить пов.10,</i>
O11	<i>Выдер. размер 100.7 ± 0.435; точить поверхность 9, выдерживая размер $\varnothing 40.5_{-0.62}$; точить поверхность 8, выдерживая размер</i>
O12	<i>$180,5 \pm 0.37$.</i>
T13	<i>396110 Патрон токарный поводковый ГОСТ 2571 – 71; 392190 Резец проходной правый T15K6 ГОСТ 18878 – 73;</i>
МК	

О12	выдерживая размер $\varnothing 30.3_{-0,952}$; точить поверхность 11, выдерживая размер $\varnothing 30.3 \pm 0.031$; точить поверхность 10, выдерживая
О13	размеры 100 ± 0.435 ; точить пов.9, выдерж. разм $\varnothing 40_{-0,062}$; точить пов. 8, выдерж. разм 80 ± 0.37 ; точить фаску 1×45^0 и 2×45^0 .
Т14	396110 Патрон токарный поводковый ГОСТ 2571 – 71; 392190 Резец сборный проходной правый Т15К6 ГОСТ 18878 – 73;
Т15	392190 Резцы канавочные Р6М5 ГОСТ 18885 - 73; 393311 Штангенциркуль ШЦ-III-250-0,05 ГОСТ 166-89;
Т16	393410 Микrometer ГОСТ 5607 – 90.
МК	

Т13	393311 Штангенциркуль ШЦ-III-250-0,05 ГОСТ 166-89; 393410 Калибр-пробка ГОСТ 3882-77.
А14	XX XX XX 035 4153 Зубофрезерная ИОТ № 73
Б15	38 1572 1 Зубофрезерный станок с ЧПУ мод 5320Ф4 1 19630 322 1 1 1 1 142
О16	Фрезеровать поверхности 19, 20, 21, выдерживая размеры $\varnothing 57.61_{-0.074}$, $\varnothing 50_{-0.074}$, $\beta = 20^{\circ}21'52''$, $m = 3$, при $z = 18$.
МК	

A10	<i>XX XX XX 050 4130 Торцекруглошлифовальная ЧПУ ИОТ № 76</i>
Б11	<i>38 1300 1 Торцекруглошлифовальн. ЧПУ ХШЧ-104Ф20 1 19630 322 1 1 1 1 142 1</i>
О12	<i>Шлифовать поверхность 11, выдерживая размер $\varnothing 30.1_{-0.0125}$; шлифовать поверхность 14, выдерживая размер $\varnothing 26.1_{-0.021}$;</i>
Т13	<i>шлифовать поверхность 10, выдерживая размер 100 ± 0.435.</i>
Т14	<i>396110 Патрон поводковый; 397130 Шлифовальный круг 1 250' 40' 76 24А F40 K6 V 40м/с 2кл ГОСТ Р 52781-2007;</i>
Т15	<i>394630 Прибор активного контроля БВ-6060-УНВ- 40 ГОСТ 8517 – 80.</i>
МК	

<i>A11</i>	<i>XX XX XX 065 4130 Круглошлифовальная чистовая программная ИОТ № 76</i>
<i>Б12</i>	<i>38 1300 1 Круглошлифовальный ст-к с ЧПУ КШ-400.2 1 19630 322 1 1 1 1 142 1</i>
<i>О13</i>	<i>Шлифовать поверхность 2, выдерживая размер $\varnothing 30^{+0.021}_{+0.002}$</i>
<i>Т14</i>	<i>396110 Патрон поводковый; 397130 Шлифовальный круг 1 250' 30' 76 24А F16 K6 V 40м/с 2кл ГОСТ Р 52781-2007;</i>
<i>Т15</i>	<i>394630 Прибор активного контроля БВ-6060-УНВ- 40 ГОСТ 8517 – 80.</i>
<i>МК</i>	

<i>MK</i>	