



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 \_\_\_\_\_ Сеницын Дмитрий Олегович \_\_\_\_\_ гр. \_\_\_\_\_ ТМбз-1132 \_\_\_\_\_

1. Тема \_\_\_\_\_ Техпроцесс изготовления детали «фланец» редуктора \_\_\_\_\_

2. Срок сдачи студентом законченной выпускной квалификационной работы «\_\_» \_\_\_\_\_ 2016 г.

3. Исходные данные к выпускной квалификационной работе \_\_\_\_\_ *материалы преддипломной  
практики, чертеж детали программа выпуска  $N_z=10000$  дет./год* \_\_\_\_\_

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

*Титульный лист.*

*Задание. Аннотация. Содержание.*

*Введение, цель работы*

*1) Описание исходных данных*

*2) Технологическая часть работы*

*3) Проектирование станочного приспособления*

*4) Проектирование режущего инструмента*

*5) Безопасность и экологичность технического объекта*

*6) Экономическая эффективность работы*

*Заключение. Список используемой литературы.*

*Приложения: технологическая документация*

## АННОТАЦИЯ

Выпускная квалификационная работа направлена на разработку технологического процесса изготовления фланца редуктора. Осуществлено оснащение техпроцесса современными технологическими средствами. На токарную операцию разработан автоматизированный патрон клинового типа. Для фрезерной операции спроектирован режущий инструмент – фреза дисковая. Техпроцесс сопровождается технологической документацией.

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

# СОДЕРЖАНИЕ

	Стр.
АННОТАЦИЯ	3
ВВЕДЕНИЕ, ЦЕЛЬ РАБОТЫ	6
1 ОПИСАНИЕ ИСХОДНЫХ ДАННЫХ	7
1.1 Назначение и условия работы детали	7
1.2 Классификация поверхностей детали	7
1.3 Анализ требований к поверхностям детали	8
1.4 Анализ технологичности детали	9
1.5 Формулировка задач работы	10
2 ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ РАБОТЫ	12
2.1 Определение типа производства	12
2.2 Выбор стратегии разработки техпроцесса	12
2.3 Выбор метода получения заготовки	13
2.4 Выбор методов обработки поверхностей	15
2.5 Разработка технологического маршрута изготовления детали	17
2.6 Определение припусков	18
2.7 Проектирование заготовки	23
2.8 Выбор средств технологического оснащения	25
2.9 Расчет режимов резания	29
3 ПРОЕКТИРОВАНИЕ СТАНОЧНОГО ПРИСПОСОБЛЕНИЯ	56
3.1 Сбор исходных данных	56
3.2 Расчет сил резания	57
3.3 Расчет усилия зажима	57
3.4 Расчёт зажимного механизма	60
3.5 Расчёт силового привода	61
3.6 Описание конструкции и работы приспособления	62
4 ПРОЕКТИРОВАНИЕ РЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА	64
4.1 Анализ исходных данных	64

4.1 Расчет дисковой фрезы

64

5 БЕЗОПАСНОСТЬ И ЭКОЛОГИЧНОСТЬ ТЕХНИЧЕСКОГО  
ОБЪЕКТА

6 ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ РАБОТЫ

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

ПРИЛОЖЕНИЯ

## ВВЕДЕНИЕ, ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Стремительный рост машиностроительной промышленности неосуществим без постоянного совершенствования технологии, механизации и автоматизации производственных процессов, улучшения конструкции машин и их качества. Необходимо постоянное повышение культуры производства, развитие стандартизации, нормализации и унификации деталей, узлов и машин, а также специализации, кооперирования, концентрации и комбинирования предприятий, совершенствуя организацию производства и труда. Важно рационально использовать материальные и трудовые ресурсы. Чтобы справиться с вышеперечисленными задачами, машиностроители должны регулярно совершенствовать производство, искать и находить скрытые резервы, экономно расходовать материалы, внедрять новые высокоэффективные способы обработки материалов, применяемых при производстве машин и оборудования, а также использовать современные методы поверхностного упрочнения деталей.

Целью работы является разработка технологического процесса изготовления детали - фланца редуктора, заданного качества с наименьшей себестоимостью, используя современные достижения науки и техники.

# 1 ОПИСАНИЕ ИСХОДНЫХ ДАННЫХ

## 1.1 Назначение и условия работы детали.

Фланец является деталью-опорой для вала с одной стороны и закрывает редуктор от попадания загрязняющих веществ извне – с другой.

## 1.2 Классификация поверхностей.

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

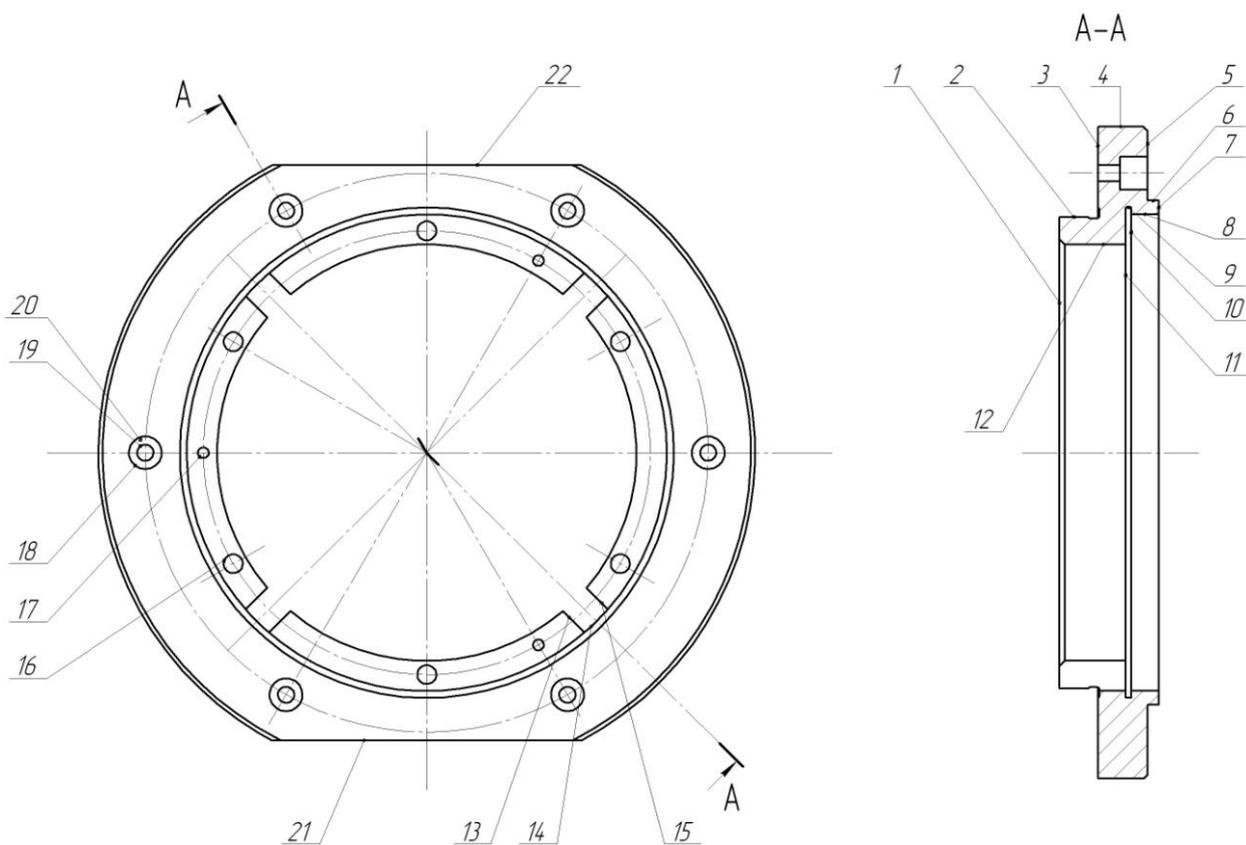


Рисунок 1.1. Систематизация поверхностей детали

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

Результаты систематизации занесем в таблицу 1.1.

Таблица 1.1 - Систематизация поверхностей

Тип поверхности	Номер поверхности
Исполнительные поверхности	8
Основные конструкторские базы	2, 3
Вспомогательные конструкторские базы	6, 12, 13, 14, 15, 19, 20
Свободные поверхности	остальные

Исполнительными называются те поверхности, которые выполняют служебное назначение детали. У нашей детали это центральное отверстие (поверхность 9). [1]

Основными конструкторскими базами называются поверхности, при помощи которых осуществляется ориентирование детали в узле. Здесь этими поверхностями являются наружная цилиндрическая поверхность 2 и торцовая поверхность 3.

Вспомогательными конструкторскими базами называются поверхности, которые осуществляют ориентирование остальных деталей относительно рассматриваемой. У нашей детали таковыми являются поверхности под штифты 19, опора для винтов 20, цилиндрическая поверхность 6, внутренний цилиндр 12 и поверхности пазов 13, 14 и 15.

Все остальные поверхности будут являться свободными.

### 1.3 Анализ требований к поверхностям детали.

Используя источник [2] проведем анализ химического состава и физико-механических свойств материала нашей детали. Данные занесём в таблицы 1.2 и 1.3.

Таблица 1.2 - Химический состав стали 35 ГОСТ 1050-88

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 (серы)	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 ГОСТ 1050-88

$\sigma_T$	$\sigma_B$	$\delta_5$	$\psi$	KCU	НВ
МПа	МПа	%	%	Дж/см <sup>2</sup>	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, предъявляемым 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.

#### 1.4 Анализ технологичности детали.

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

Конструкция детали позволяет свободно обрабатывать её механическим способом и легко контролировать любую поверхность. Это позволяет применять в основном универсальный, а иногда специализированный инструмент.

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

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

### 1.5 Формулировка задач работы.

Выполнив анализ технических требований, сформулируем задачи, которые будут решаться для достижения цели: разработка технологического процесса изготовления детали - фланца редуктора, заданного качества с наименьшей себестоимостью, применяя современные достижения науки и техники. Ставим перед собой следующие задачи: [3]

- 1) определить тип производства и разработать стратегию выполнения технологического процесса;
- 2) выполнить технико-экономический расчёт, 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 расчёт 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 ( $m = 3,5$  кг,  $N_r = 10\ 000$  шт/год) выберем тип производства из таблицы 2.1. [4]

Таблица 2.1 - Определение типа производства

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

Масса детали 3,5 кг при годовой программе выпуска в 10 000 деталей в год, соответствует среднесерийному типу производства.

### 2.2 Выбор стратегии разработки техпроцесса.

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

Руководствуясь [4], принимаем следующую стратегию разработки технологического процесса:

- 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) расчёт припусков – подробный по переходам;
- 6) оборудование – универсальное, специализированное с ЧПУ;
- 7) загрузка оборудования – периодическая смена деталей на станках;
- 8) коэффициент закрепления операций –  $K_{30}=10\dots 20$ ;
- 9) настройка станков – по измерительным инструментам и приборам;
- 10) оснастка – универсальная и специальная;
- 11) подробность разработки – карты операционные и маршрутные;
- 12) расчёт режимов резания – по эмпирическим формулам и отраслевым нормативам;
- 13) нормирование – детальное пооперационное;
- 14) квалификация рабочих – разная;
- 15) использование достижений науки – значительное.

### 2.3 Выбор метода получения заготовки.

Метод получения заготовки определяется типом детали, её 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 необходимую точность заготовки. Задачей раздела является определение себестоимости при производстве заготовки этими методами.

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

Таблица 2.2 - Исходные данные выбора заготовки

Наименование показателей	Способ 1	Способ 2
Вид заготовки	Штамповка	Прокат Ø243x41,5

Продолжение табл. 2.2

Класс точности/сложности	3/2	-
Масса заготовки, кг	6,25	15,05
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	3,5	3,5

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

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

где  $E_n$  – нормальный коэффициент эффективности капитальных вложений;

$$E_n = 0,15 \text{ [6];}$$

$C_c$  – текущие затраты на 1 кг стружки, руб/кг;  $C_c = 0,495$  руб/кг – для машиностроения в целом [6];

$C_k$  – капитальные затраты на 1 кг стружки, руб/кг;  $C_k = 1,085$  руб/кг – для машиностроения в целом [6].

Тогда по формуле (2.1) имеем:

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

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

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

где  $C_{шт}$  – базовая стоимость 1 кг штампованных заготовок, руб;  $C_{шт} = 0,315$  руб [6];

$k_t$  – коэффициент, зависящий от класса точности;  $k_t = 0,9$  – для четвертого класса точности [6];

$k_c$  – коэффициент, зависящий от группы сложности;  $k_c = 0,84$  – для второй группы сложности [6];

$k_b$  – коэффициент, зависящий от массы заготовки;  $k_b = 1,14$  – для заготовки массой от 2,5 до 5,0 кг [6];

$k_M$  - коэффициент, зависящий от марки материала;  $k_M = 1,0$  – для стали 35 [6];

$k_{\Pi}$  - коэффициент, зависящий от объёма производства;  $k_{\Pi} = 1,0$  [6].

Тогда по формуле (2.2) имеем:

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

Далее определяем технологическую себестоимость изготовления детали, полученной штамповкой [6].

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

где  $Q_{шт}$  – масса заготовки, кг;  $Q_{шт} = 6,25$  кг – по расчету;

$q$  – масса детали, кг;  $q = 3,5$  кг – по условию;

$C_{отх}$  – цена 1 кг отходов, руб/кг;  $C_{отх} = 0,0144$  руб/кг – для стальной стружки [6].

Тогда по формуле (2.3) имеем:

$$C_{шт} = 0,2715 \cdot 6,25 + 0,6578 (6,25 - 3,5) - 0,0144 (6,25 - 3,5) = 3,4662 \text{ руб.}$$

Определяем технологическую себестоимость изготовления детали, полученную прокатом [6].

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

где  $Q_{пр}$  – масса заготовки из проката, кг;  $Q_{пр} = 15,05$  кг – по расчету.

Тогда по формуле (2.4) имеем:

$$C_{пр} = 0,1219 \cdot 15,05 + 0,6578 (15,05 - 3,5) - 0,0144 (15,05 - 3,5) = 9,2659 \text{ руб.}$$

Таким образом, по технологической себестоимости наиболее выгодным является вариант изготовления детали из штамповки.

При этом годовая экономия составит:

$$\Delta_2 = C_{пр} - C_{шт} \cdot N_2 = 9,2659 - 3,4662 \cdot 10000 = 57997 \text{ руб.}$$

#### 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 обработки, т. е. содержание завершающего перехода, берём 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	11	3,2	Точение черновое, Точение чистовое
2	8	0,8	Точение черновое, Точение чистовое, Шлифование черновое, Шлифование чистовое
3	14	1,6	Точение черновое, Точение чистовое, Шлифование черновое
4	14	1,6	Точение черновое, Точение чистовое, Шлифование черновое
5	14	3,2	Точение черновое, Точение чистовое
6	8	3,2	Точение черновое, Точение чистовое
7	11	3,2	Точение черновое, Точение чистовое
8	7	0,8	Точение черновое, Точение чистовое, Шлифование черновое, Шлифование чистовое
9	14	3,2	Точение черновое, Точение чистовое
10	14	3,2	Точение черновое, Точение чистовое
11	14	3,2	Точение черновое, Точение чистовое

Продолжение табл. 2.3

12	8	1,6	Точение черновое, Точение чистовое, Шлифование черновое
13	14	3,2	Долбление
14	14	3,2	Долбление
15	14	3,2	Долбление
16	14	3,2	Сверлильная
17	7	1,6	Сверление, Зенкерование
18	14	3,2	Сверление, Цекование
19	14	3,2	Сверление, Цекование
20	14	3,2	Сверление
21	14	3,2	Фрезерование
22	14	3,2	Фрезерование

2.5 Разработка технологического маршрута изготовления детали.

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

Таблица 2.4 - Маршрут обработки детали

№ оп.	Наименование операции	Номера обрабатываемых поверхностей	IT	Ra
000	Заготовительная	Все	16	40
005	Токарная черновая	5, 12	14	12,5
		6, 8, 12	12	12,5
010	Токарная черновая	1, 2	12	12,5
		3, 4	14	12,5
015	Токарная чистовая	5, 9, 10, 11	14	3,2
		6	8	3,2
		7	11	3,2
		8, 12	9	3,2

Продолжение табл. 2.4

020	Токарная чистовая	1	11	3,2
		2	9	3,2
		3, 4	14	3,2
025	Фрезерная	21, 22	14	3,2
030	Сверлильная	17	7	1,6
		16, 18, 19, 20	14	3,2
035	Долбежная	13, 14, 15	14	3,2
045	Внутришлифовальная черновая	8, 12	8	1,6
050	Торцекруглошлифовальная	2	9	1,6
		3, 4	14	1,6
055	Внутришлифовальная чистовая	8	7	0,8
060	Круглошлифовальная	2	8	0,8
065	Моечная	Все		
070	Контрольная			

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

## 2.6 Определение припусков.

Определяем припуски на обработку самой точной поверхности расчётно-аналитическим методом. Расчёт припусков будем вести по размеру посадочной поверхности  $\varnothing 174H7(^{+0,040})$ . Технологический маршрут обработки данной поверхности состоит из: точения черного, точения чистового, протягивания и шлифования.

Исходные данные:

1.  $D = 174H7(^{+0,040})$  мм;  $L = 10$  мм;  $Ra = 0,8$  мкм.

На данную поверхность назначаем переходы:

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

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

Для каждого перехода определяем суммарную величину [7]

$$a = R_z + h_o,$$

где  $R_z$  – максимальная высота неровностей профиля поверхности, мм;  
 $h_o$  – глубина дефектного слоя, мм.

Значения заносим в графу 5 таблицы 2.5.

По формуле

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

$$\Delta_0 = 0,25 \cdot 3,2 = 0,800, \text{ мм.}$$

$$\Delta_{01} = 0,25 \cdot 0,400 = 0,100, \text{ мм.}$$

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

$$\Delta_{TO} = 0,25 \cdot 0,160 = 0,040, \text{ мм.}$$

$$\Delta_{03} = 0,25 \cdot 0,063 = 0,016, \text{ мм.}$$

$$\Delta_{04} = 0,25 \cdot 0,040 = 0,010, \text{ мм.}$$

Определяем погрешность установки  $\varepsilon$  заготовки в приспособлении на каждом переходе. В нашем случае заготовка устанавливается в трехкулачковом самоцентрирующем патроне.

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

$$Z_{\min} = a_{i-1} + \sqrt{\Delta_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2}. [8]$$

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

(i-1) – относится к предыдущему переходу.

$$Z_{1\min} = a_0 + \sqrt{\sigma_{D_0}^2 + \varepsilon_1^2} = 0,4 + \sqrt{0,800^2 + 0,025^2} = 1,200, \text{ мм.}$$

$$Z_{2\min} = a_1 + \sqrt{\sigma_{D_1}^2 + \varepsilon_2^2} = 0,2 + \sqrt{0,100^2 + 0} = 0,300, \text{ мм.}$$

$$Z_{3\min} = a_2 + \sqrt{\sigma_{D_{TO}}^2 + \varepsilon_3^2} = 0,1 + \sqrt{0,040^2 + 0^2} = 0,140, \text{ мм.}$$

$$Z_{4\min} = a_3 + \sqrt{\sigma_{D_3}^2 + \varepsilon_4^2} = 0,05 + \sqrt{0,016^2 + 0} = 0,066$$

Максимальное значение припуска определяем по формуле

$$Z_{i\max} = Z_{i\min} + 0,5(\sigma_{D_{i-1}} + TD_{i-1}).$$

$$Z_{1\max} = Z_{1\min} + 0,5(\sigma_{D_0} + TD_1) = 1,200 + 0,5(3,2 + 0,400) = 3,000, \text{ мм.}$$

$$Z_{2\max} = Z_{2\min} + 0,5(\sigma_{D_1} + TD_2) = 0,300 + 0,5(0,400 + 0,100) = 0,550, \text{ мм.}$$

$$Z_{3\max} = Z_{3\min} + 0,5(\sigma_{D_{TO}} + TD_3) = 0,140 + 0,5(0,100 + 0,063) = 0,222, \text{ мм.}$$

$$Z_{4\max} = Z_{4\min} + 0,5(\sigma_{D_3} + TD_4) = 0,066 + 0,5(0,063 + 0,040) = 0,118, \text{ мм.}$$

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.

$$D_{4\min} = 174,000 \text{ мм.}$$

$$D_{4\max} = 174,040 \text{ мм.}$$

$$D_{3\max} = D_{4\min} - 2Z_{4\min} = 174,000 - 2 \cdot 0,066 = 173,868, \text{ мм.}$$

$$D_{3\min} = D_{3\max} - TD_3 = 173,868 - 0,063 = 173,805, \text{ мм.}$$

$$D_{TO\max} = D_{3\min} - 2Z_{3\min} = 173,805 - 2 \cdot 0,140 = 173,525, \text{ мм.}$$

$$D_{TO\min} = D_{TO\max} - TD_{TO} = 173,525 - 0,160 = 173,365, \text{ мм.}$$

$$D_{2\max} = D_{TO\min} - 0,999 = 173,365 - 0,999 = 173,192, \text{ мм.}$$

$$D_{2\min} = D_{2\max} - TD_2 = 173,192 - 0,100 = 173,092, \text{ мм.}$$

$$D_{1\max} = D_{2\min} - 2Z_{2\min} = 173,092 - 2 \cdot 0,300 = 172,492, \text{ мм.}$$

$$D_{1\min} = D_{1\max} - TD_1 = 172,492 - 0,400 = 172,092, \text{ мм.}$$

$$D_{0\max} = D_{1\min} - 2Z_{1\min} = 172,092 - 2 \cdot 1,200 = 169,692, \text{ мм.}$$

$$D_{0\min} = D_{0\max} - TD_0 = 169,692 - 3,2 = 166,492, \text{ мм.}$$

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

$$D_{cp_i} = 0,5(D_{i_{\max}} + D_{i_{\min}})$$

$$D_{cp0} = 0,5(D_{0_{\max}} + D_{0_{\min}}) = 0,5(169,692 + 166,492) = 168,092 \text{ , мм.}$$

$$D_{cp1} = 0,5(D_{1_{\max}} + D_{1_{\min}}) = 0,5(172,492 + 172,092) = 172,292 \text{ , мм.}$$

$$D_{cp2} = 0,5(D_{2_{\max}} + D_{2_{\min}}) = 0,5(173,192 + 173,092) = 173,142 \text{ , мм.}$$

$$D_{cpTO} = 0,5(D_{TO_{\max}} + d_{TO_{\min}}) = 0,5(173,525 + 173,365) = 173,445 \text{ , мм.}$$

$$D_{cp3} = 0,5(D_{3_{\max}} + D_{3_{\min}}) = 0,5(173,868 + 173,805) = 173,837 \text{ , мм.}$$

$$D_{cp4} = 0,5(D_{4_{\max}} + D_{4_{\min}}) = 0,5(174,040 + 174,000) = 174,200 \text{ , мм.}$$

Значения заносим в графу 13 таблицы.

Определяем общий припуск на обработку по формулам

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

$$2Z_{\max} = 2Z_{\min} + TD_0 + TD_4$$

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

$$2Z_{\min} = 174,000 - 169,692 = 4,308 \text{ , мм.}$$

$$2Z_{\max} = 4,308 + 3,2 + 0,040 = 7,548 \text{ , мм.}$$

$$2Z_{cp} = 0,5(4,308 + 7,548) = 5,928 \text{ , мм.}$$

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

Схема расположения допусков приведена на рисунке 2.1.

Таблица 2.5 - Припуски и операционные размеры на пов.  $\varnothing 174H7(^{+0,040})$  мм.

№ пов.	Наименов. перехода	Точность		Составляющие припуска			Припуск, мм			Предельные размеры, мм		
		IT	TD, мм	a	$\Delta$	$\varepsilon$	$Z_{\min}$	$Z_{\max}$	$Z_{\text{cp}}$	$D_{\min}$	$D_{\max}$	$D_{\text{cp}}$
0	Отливка	16	3,600	0,4	0,800	-	-	-	-	166,492	169,692	168,092
1	Точение черновое	12	0,400	0,2	0,100	0,025	1,200	3,000	2,100	172,092	172,492	172,292
2	Точение чистовое	9	0,100	0,10	0,025	0	0,300	0,550	0,2425	173,092	173,192	173,142
3	ТО	10	0,160	0,05	0,040	0	-	-	-	173,365	173,525	173,445
4	Шлифование черновое	8	0,063	0,05	0,016	0	0,140	0,222	0,181	173,805	173,868	173,837
5	Шлифование чистовое	7	0,040	0,025	0,010	0	0,066	0,118	0,092	174,000	174,040	174,020
Суммарный припуск $2Z$							$2Z_{\min}=4,308$	$2Z_{\max}=7,548$	$2Z_{\text{cp}}=5,928$			

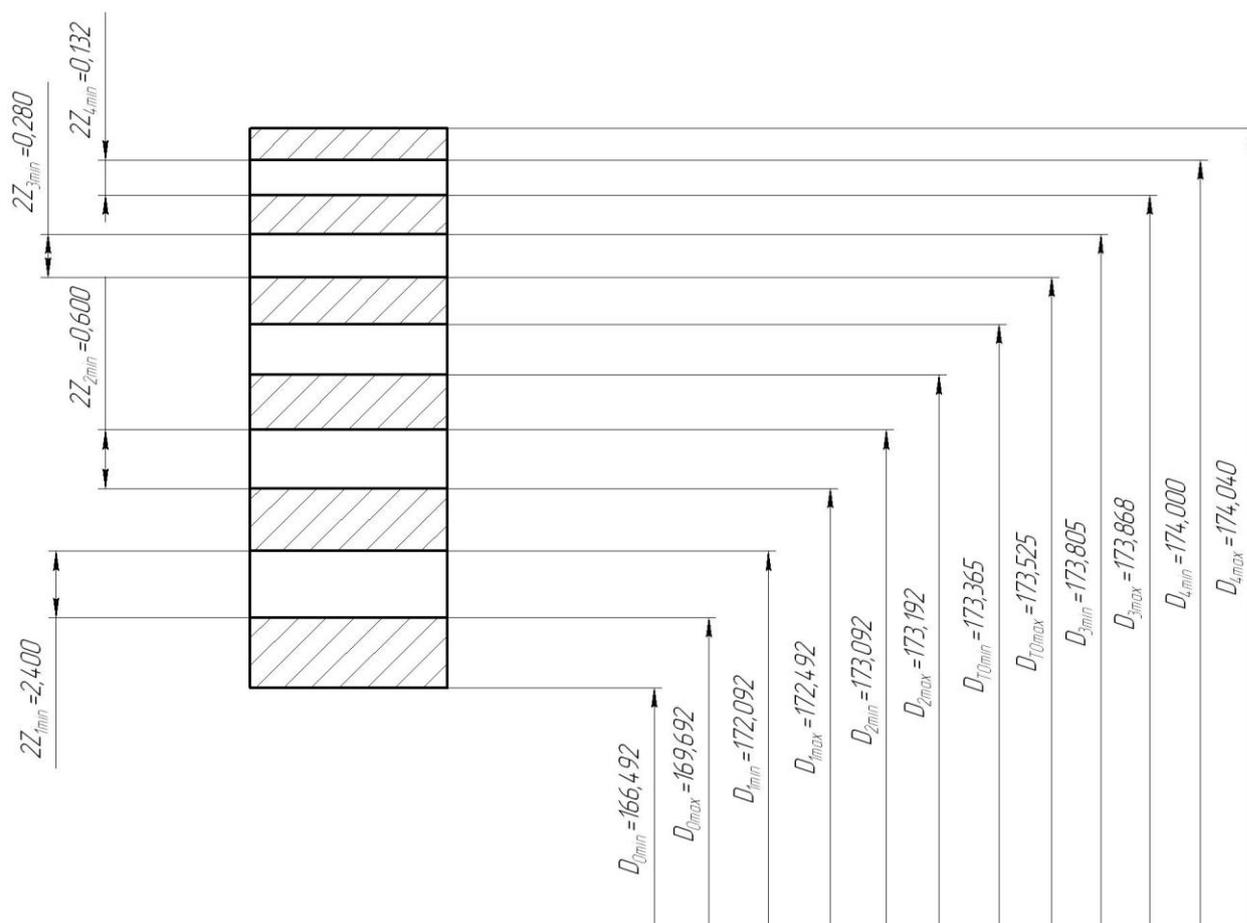


Рис. 2.1. Схема расположения припусков и полей допусков на поверхность  $\varnothing 174\text{H}7(+0,040)$ .

## 2.7 Проектирование заготовки.

При проектировании заготовки нужно учесть следующие параметры:

- 1) припуски, необходимые под обработку;
- 2) наличие черновых баз (в данном случае на операции 005 «Токарная черновая» в качестве черновой базы берутся поверхности 2 и 3);
- 3) так же при проектировании заготовки необходимо учитывать технические требования, предъявляемые к точности штамповки, и штамповочные уклоны. [9]

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 [10].

2) Штамповка на ГКШП относится к классу точности ТЗ.

3) Определим степень сложности поковки.

Степень сложности определяют путём вычисления отношения массы (объема)  $G_{\Pi}$  поковки к массе (объему)  $G_{\Phi}$  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 трёхмерного проектирования.

$$G_{\Pi} = 6,25 \text{ кг.}$$

$$G_{\Phi} = 15,05 \text{ кг.}$$

$$\frac{G_{\Pi}}{G_{\Phi}} = \frac{6,25}{15,05} = 0,42.$$

Степень сложности поковки выберем по таблице 2.6 [10].

Таблица 2.6. Выбор степени сложности поковки.

Степень сложности поковки	Показатель $\frac{G_{\Pi}}{G_{\Phi}}$
С1	свыше 0,63
С2	от 0,32 до 0,63 включительно
С3	от 0,16 до 0,32 включительно
С4	до 0,16

По этому показателю оцениваем степень сложности штамповки С2.

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

По ГОСТ 7505-89 [10] определяем исходный индекс заготовки – 12.

Чертеж заготовки представлен в графической части работы.

## 2.8 Выбор средств технологического оснащения.

### 2.8.1 Выбор оборудования.

Данные по выбору оборудования заносим в таблицу 2.7.

Таблица 2.7 - Выбор технологического оборудования.

Номер и наименование операции	Оборудование
005 Токарная черновая с ЧПУ	Токарный станок с ЧПУ SAMAT-400XC
010 Токарная черновая с ЧПУ	Токарный станок с ЧПУ SAMAT-400XC
015 Токарная чистовая с ЧПУ	Токарный станок с ЧПУ SAMAT-400XC
020 Токарная чистовая с ЧПУ	Токарный станок с ЧПУ SAMAT-400XC
025 Фрезерная	Горизонтально-фрезерный станок с ЧПУ XK6032
030 Сверлильная	Вертикально-сверлильный станок с ЧПУ 2P135Ф2-1
035 Долбежная	Долбежный станок 7Д450
045 Внутришлифовальная черновая	Внутришлифовальный станок с ЧПУ 3M225ВФ2
050 Торцекруглошлифовальная	Торцекруглошлифовальный станок с ЧПУ ХЩ4-104Ф20
055 Внутришлифовальная чистовая	Внутришлифовальный станок с ЧПУ 3M225ВФ2
060 Круглошлифовальная	Круглошлифовальный станок с ЧПУ 3M151Ф2
065 Моечная	Моечная машина

Продолжение табл. 2.7

## 2.8.2 Выбор приспособлений.

Данные по выбору приспособлений занесем в таблицу 2.8.

Таблица 2.8 - Выбор приспособлений.

Номер и наименование операции	Приспособления
005 Токарная черновая с ЧПУ	Патрон самоцентрирующий трёхкулачковый ГОСТ 2675-80
010 Токарная черновая с ЧПУ	Патрон самоцентрирующий трёхкулачковый ГОСТ 2675-80
015 Токарная чистовая с ЧПУ	Патрон самоцентрирующий трёхкулачковый ГОСТ 2675-80
020 Токарная чистовая с ЧПУ	Патрон самоцентрирующий трёхкулачковый ГОСТ 2675-80
025 Фрезерная	Приспособление специальное
030 Сверлильная	Приспособление специальное
035 Долбёжная	Приспособление специальное
045 Внутришлифовальная черновая	Мембранный патрон (кулачковый) ГОСТ 3889-80
050 Торцекруглошлифовальная	Мембранный патрон (кулачковый) ГОСТ 3889-80
055 Внутришлифовальная чистовая	Мембранный патрон (кулачковый) ГОСТ 3889-80
060 Круглошлифовальная	Мембранный патрон (кулачковый) ГОСТ 3889-80

## 2.8.3 Выбор режущего инструмента.

Данные по выбору режущего инструмента сведём в таблицу 2.9.

Таблица 2.9 - Выбор режущего инструмента

Номер и наименование операции	Режущий инструмент
005 Токарная черновая с ЧПУ	1) Резец сборный проходной правый Т15К6 ГОСТ 18878-82; 2) Резец сборный расточной Т15К6 ГОСТ 20874-75
010 Токарная черновая с ЧПУ	Резец сборный проходной правый Т15К6 ГОСТ 18878-82.
015 Токарная чистовая с ЧПУ	1) Резец сборный проходной правый Т15К6 ГОСТ 18878-82; 2) Резец сборный расточной Т15К6 ГОСТ 20874-75; 3) Резец канавочный Р6М5 ГОСТ 18885-73.
020 Токарная чистовая с ЧПУ	1) Резец сборный проходной правый Т15К6 ГОСТ 18878-82; 2) Резец сборный расточной Т15К6 ГОСТ 20874-75; 3) Резец канавочный Т15К6 ГОСТ 18885-73.
025 Фрезерная	Фреза дисковая Р6М5 ГОСТ 3964-69
030 Сверлильная	1) Сверло спиральное с цилиндрическим хвостовиком Р6М5 ГОСТ 10902-77 – 4 шт.; 2) Зенкер торцовый Р6М5 ГОСТ 21582-76; 3) Зенкер спиральный ГОСТ 12489-71.

Продолжение табл. 2.9

035 Долбёжная	Долбяк Р6М5
045 Внутришлифовальная черновая	Шлифовальный круг ГОСТ Р 52781-2007.
050 Торцекруглошлифовальная	Шлифовальный круг ГОСТ Р 52781-2007.
055 Внутришлифовальная чистовая	Шлифовальный круг ГОСТ Р 52781-2007.
060 Круглошлифовальная	Шлифовальный круг ГОСТ Р 52781-2007.

#### 2.8.4 Выбор средств контроля.

Выберем средства контроля и сведем данный выбор в таблицу 2.10.

Таблица 2.10 - Выбор средств контроля

Номер и наименование операции	Мерительный инструмент
005 Токарная черновая с ЧПУ	1) Штангенциркуль ШЦЦ-I-150-0,05 ГОСТ 166-89; 2) Калибр-пробка для контроля отверстий ГОСТ 3882-77.
010 Токарная черновая с ЧПУ	Штангенциркуль ШЦЦ-III-250-0,05 ГОСТ 166-89.
015 Токарная чистовая с ЧПУ	1) Штангенциркуль ШЦЦ-I-150-0,05 ГОСТ 166-89; 2) Калибр-пробка для контроля отверстий ГОСТ 3882-77; 3) Микrometer ГОСТ 6507-90.
020 Токарная чистовая с ЧПУ	1) Штангенциркуль ШЦЦ-III-250-0,05 ГОСТ 166-89;

Продолжение табл. 2.10

		2) Микрометр ГОСТ 6507-90.
025 Фрезерная		1) Штангенциркуль ШЦЦ-III-250-0,05 ГОСТ 166-89.
030 Сверлильная		1) Штангенциркуль ШЦЦ-II-150-0,05 ГОСТ 166-89;
		2) Калибр-пробка для контроля отверстий ГОСТ 3882-77 – 2 шт.;
		3) Калибр для контроля метрической резьбы ГОСТ 24997-2004;
		4) Угломер ГОСТ 5378-88.
035 Долбежная		1) Калибр-пробка для контроля отверстий ГОСТ 3882-77;
		2) Угломер ГОСТ 5378-88.
045	Внутришлифовальная черновая	Прибор активного контроля БВ-6060-УНВ-40 ГОСТ 8517-80.
050	Торцекруглошлифовальная	Прибор активного контроля БВ-6060-УНВ-40 ГОСТ 8517-80.
055	Внутришлифовальная чистовая	Прибор активного контроля БВ-6060-УНВ-40 ГОСТ 8517-80.
060	Круглошлифовальная	Прибор активного контроля БВ-6060-УНВ-40 ГОСТ 8517-80.

## 2.9 Расчет режимов резания.

### 2.9.1 Расчет режимов резания на операцию 005 Токарная черновая.

Точить поверхность 5, выдерживая размер  $18,3 \pm 0,215$ ; точить поверхность 6, выдерживая размер  $\varnothing 184,6_{-0,46}$ ; точить поверхность 7, выдерживая размер  $22,6_{-0,21}$ ; точить поверхность 8, выдерживая размер

$\varnothing 172,6^{+0,400}$ ; точить поверхность 11, выдерживая размер  $24 \pm 0,26$ ; точить поверхность 12, выдерживая размер  $\varnothing 151H12^{(+0,400)}$ .

Переход 1. Точить поверхность 5, выдерживая размер  $18,3 \pm 0,215$ ; точить поверхность 6, выдерживая размер  $\varnothing 184,6_{-0,46}$ ; точить поверхность 7, выдерживая размер  $22,6_{-0,21}$ .

Глубина резания  $t = 2,5$  мм.

По [11] определим подачу  $S_0 = 0,3$  мм/об.

По [11] 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 [11];

$K_2 = 1,0$  – для твердого сплава Т15К6 [11];

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

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

Частота вращения

$$n = \frac{1000V}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 180}{3,14 \cdot 243} = 235,9 \text{ мин}^{-1}.$$

По паспорту станка принимаем  $n_{\phi} = 200 \text{ мин}^{-1}$ .

Фактическая скорость резания

$$V_{\phi} = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 243 \cdot 200}{1000} = 152,6 \text{ м/мин.}$$

Минутная подача

$$S = S_0 \cdot n = 0,3 \cdot 200 = 60 \text{ мм/мин.}$$

Основное время

$$T_0 = \frac{L_{px}}{S} = \frac{41}{60} = 0,68 \text{ мин.}$$

Переход 2. Точить поверхность 8, выдерживая размер  $\varnothing 172,6^{+0,400}$ ; точить поверхность 11, выдерживая размер  $24 \pm 0,26$ ; точить поверхность 12, выдерживая размер  $\varnothing 151 \text{H}12(^{+0,400})$ .

Глубина резания  $t = 2,5$  мм.

По [11] определим подачу  $S_0 = 0,3$  мм/об.

По [11] 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 [11];

$K_2 = 1,0$  – для твердого сплава Т15К6 [11];

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

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

Частота вращения

$$n = \frac{1000V}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 180}{3,14 \cdot 172,6} = 332,1 \text{ мин}^{-1}.$$

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

Фактическая скорость резания

$$V_\phi = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 172,6 \cdot 315}{1000} = 170,7 \text{ м/мин.}$$

Минутная подача

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

Основное время

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

Основное время всей операции

$$T_0 = \sum T_{0i} = 0,68 + 0,55 = 1,23 \text{ , мин.}$$

### 2.9.2 Расчет режимов резания на операцию 010 Токарная черновая.

Точить поверхность 1, выдерживая размер  $22,6_{-0,21}$ ; точить поверхность 2, выдерживая размер  $\varnothing 173,2_{-0,40}$ ; точить поверхность 3, выдерживая размер  $18,5 \pm 0,215$ ; точить поверхность 4, выдерживая размер  $\varnothing 239_{-1,15}$ .

Глубина резания  $t = 2,5$  мм.

По [11] определим подачу  $S_0 = 0,3$  мм/об.

По [11] 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 [11];

$K_2 = 1,0$  – для твердого сплава Т15К6 [11];

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

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

Частота вращения

$$n = \frac{1000V}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 180}{3,14 \cdot 239} = 239,9 \text{ мин}^{-1}.$$

По паспорту станка принимаем  $n_{\phi} = 200 \text{ мин}^{-1}$ .

Фактическая скорость резания

$$V_{\phi} = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 239 \cdot 200}{1000} = 150,1 \text{ м/мин.}$$

Минутная подача

$$S = S_0 \cdot n = 0,3 \cdot 200 = 60 \text{ мм/мин.}$$

Основное время

$$T_0 = \frac{L_{px}}{S} = \frac{78}{60} = 1,30 \text{ мин.}$$

### 2.9.3 Расчет режимов резания на операцию 015 Токарная чистовая.

Выполнить фаску  $1,5 \times 45^\circ$ ; точить поверхность 5, выдерживая размер  $18 \pm 0,215$ ; точить поверхность 6, выдерживая размер  $\phi 184_{-0,072}$ ; точить поверхность 7, выдерживая размер  $22,3_{-0,16}$ ; точить канавку (поверхности 9, 10 и 11), выдерживая размеры  $\phi 179^{+1,0}$ , 1; точить поверхность 8, выдерживая размер  $\phi 173,2 \text{H}9^{(+0,100)}$ ; точить поверхность 12, выдерживая размер  $\phi 151,6 \text{H}9^{(+0,100)}$ .

Переход 1. Выполнить фаску  $1,5 \times 45^\circ$ ; точить поверхность 5, выдерживая размер  $18 \pm 0,215$ ; точить поверхность 6, выдерживая размер  $\phi 184_{-0,072}$ ; точить поверхность 7, выдерживая размер  $22,3_{-0,16}$ .

Глубина резания  $t = 0,3$  мм.

По [11] определим подачу  $S_0 = 0,2$  мм/об.

По [11] 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 [11];

$K_2=1,0$  – для твердого сплава Т15К6 [11];

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

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

Частота вращения

$$n = \frac{1000V}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 180}{3,14 \cdot 239} = 239,9 \text{ мин}^{-1}.$$

По паспорту станка принимаем  $n_\phi=200$  мин<sup>-1</sup>.

Фактическая скорость резания

$$V_\phi = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 239 \cdot 200}{1000} = 150,1 \text{ м/мин.}$$

Минутная подача

$$S = S_0 \cdot n = 0,2 \cdot 200 = 40 \text{ мм/мин.}$$

Основное время

$$T_0 = \frac{L_{px}}{S} = \frac{40}{40} = 1,00 \text{ мин.}$$

Переход 2. Точить канавку (поверхности 9, 10 и 11), выдерживая размеры  $\phi 179^{+1,0}$ , 1.

Глубина резания  $t = 2,5$  мм.

По [11] определим подачу  $S_0=0,3$  мм/об.

По [11] 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 [11];

$K_2=0,5$  – для быстрорежущей стали Р6М5 [11];

$K_3=0,5$  – при стойкости инструмента  $T=30$  мин;

Тогда  $V = 180 \cdot 1,0 \cdot 0,5 \cdot 0,5 = 45$  м/мин.

Частота вращения

$$n = \frac{1000V}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 45}{3,14 \cdot 179} = 80,1 \text{ мин}^{-1}.$$

По паспорту станка принимаем  $n_\phi=80$  мин<sup>-1</sup>.

Фактическая скорость резания

$$V_\phi = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 179 \cdot 80}{1000} = 45,0 \text{ м/мин.}$$

Минутная подача

$$S = S_0 \cdot n = 0,3 \cdot 80 = 24 \text{ мм/мин.}$$

Основное время

$$T_0 = \frac{L_{px}}{S} = \frac{4}{24} = 0,17 \text{ мин.}$$

Переход 3. Точить поверхность 8, выдерживая размер  $\phi 173,2H9^{(+0,100)}$ ;  
точить поверхность 12, выдерживая размер  $\phi 151,6H9^{(+0,100)}$ .

Глубина резания  $t = 0,3$  мм.

По [11] определим подачу  $S_0=0,2$  мм/об.

По [11] 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 [11];

$K_2=1,0$  – для твердого сплава Т15К6 [11];

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

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

Частота вращения

$$n = \frac{1000V}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 180}{3,14 \cdot 173,2} = 331,0 \text{ мин}^{-1}.$$

По паспорту станка принимаем  $n_{\phi}=315$  мин<sup>-1</sup>.

Фактическая скорость резания

$$V_{\phi} = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 173,2 \cdot 315}{1000} = 171,3 \text{ м/мин.}$$

Минутная подача

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

Основное время

$$T_0 = \frac{L_{px}}{S} = \frac{36}{94,5} = 0,38 \text{ мин.}$$

Основное время всей операции

$$T_0 = \sum T_{0i} = 1,00 + 0,17 + 0,38 = 1,55, \text{ мин.}$$

#### 2.9.4 Расчет режимов резания на операцию 020 Токарная чистовая.

Выполнить канавку, выдерживая размеры 3, R1, R0,5, 45°; точить поверхность 1, выдерживая размер 22<sub>-0,16</sub>; точить поверхность 2, выдерживая размер  $\phi 172,6_{-0,16}$ ; точить поверхность 3, выдерживая размер 18,2±0,215; точить поверхность 4, выдерживая размер  $\phi 238,4_{-1,15}$ ; выполнить фаску 2x45°.

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

Глубина резания  $t = 0,5$  мм.

По [11] определим подачу  $S_0=0,3$  мм/об.

По [11] 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 [11];

$K_2=1,0$  – для твердого сплава Т15К6 [11];

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

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

Частота вращения

$$n = \frac{1000V}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 180}{3,14 \cdot 172,6} = 332,1 \text{ мин}^{-1}.$$

По паспорту станка принимаем  $n_\phi=315$  мин<sup>-1</sup>.

Фактическая скорость резания

$$V_\phi = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 172,6 \cdot 315}{1000} = 170,7 \text{ м/мин.}$$

Минутная подача

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

Основное время

$$T_0 = \frac{L_{px}}{S} = \frac{2}{94,5} = 0,02 \text{ мин.}$$

Переход 2. Точить поверхность 1, выдерживая размер  $22_{-0,16}$ ; точить поверхность 2, выдерживая размер  $\phi 172,6_{-0,16}$ ; точить поверхность 3, выдерживая размер  $18,2 \pm 0,215$ ; точить поверхность 4, выдерживая размер  $\phi 238,4_{-1,15}$ .

Глубина резания  $t = 0,5$  мм.

По [11] определим подачу  $S_0=0,3$  мм/об.

По [11] 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 [11];

$K_2=1,0$  – для твердого сплава Т15К6 [11];

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

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

Частота вращения

$$n = \frac{1000V}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 180}{3,14 \cdot 238,4} = 240,5 \text{ мин}^{-1}.$$

По паспорту станка принимаем  $n_\phi=200$  мин<sup>-1</sup>.

Фактическая скорость резания

$$V_\phi = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 238,4 \cdot 200}{1000} = 149,7 \text{ м/мин.}$$

Минутная подача

$$S = S_0 \cdot n = 0,2 \cdot 200 = 40 \text{ мм/мин.}$$

Основное время

$$T_0 = \frac{L_{px}}{S} = \frac{66}{40} = 1,65 \text{ мин.}$$

Переход 3. Выполнить фаску  $2 \times 45^\circ$ .

Глубина резания  $t = 1,5$  мм.

По [11] определим подачу  $S_0=0,3$  мм/об.

По [11] 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 [11];

$K_2=1,0$  – для твердого сплава Т15К6 [11];

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

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

Частота вращения

$$n = \frac{1000V}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 180}{3,14 \cdot 156} = 367,5 \text{ мин}^{-1}.$$

По паспорту станка принимаем  $n_{\phi}=315$  мин<sup>-1</sup>.

Фактическая скорость резания

$$V_{\phi} = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 156 \cdot 315}{1000} = 154,3 \text{ м/мин.}$$

Минутная подача

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

Основное время

$$T_0 = \frac{L_{px}}{S} = \frac{3}{94,5} = 0,03 \text{ мин.}$$

Основное время всей операции

$$T_0 = \sum T_{0i} = 0,02 + 1,65 + 0,03 = 1,70 \text{ , мин.}$$

### 2.9.5 Расчет режимов резания на операцию 025 Фрезерная.

Фрезеровать поверхности 21 и 22, выдерживая размер  $105 \pm 0,435$ .

Глубина резания  $t = 18$  мм. Количество проходов 1.

По [11] определим подачу  $S_Z=0,025$  мм/зуб. [11]

Определим подачу на оборот шпинделя по формуле

$$S_0 = S_Z \cdot z,$$

где  $z = 14$  – количество зубьев фрезы.

$$S_0 = 0,025 \cdot 14 = 0,35, \text{ мм/об.}$$

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

$$K_{MV} = 1,0 \text{ – для стали 35 [11];}$$

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

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

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

Скорость резания определим по формуле, приняв для этого:

$$D=81 \text{ мм; } t = 18 \text{ мм; } S_0=0,35 \text{ мм/об; } C_V=7,0; K_V=0,5; q=0,4; x=0; y=0,7; \\ m=0,2; T=30 \text{ мин.}$$

Окончательно по формуле имеем:

$$V = \frac{7,0 \cdot 81^{0,4}}{30^{0,2} \cdot 18^0 \cdot 0,35^{0,7}} \cdot 1,0 = 42,9, \text{ м/мин.}$$

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

$$n = \frac{1000 \cdot 42,9}{3,14 \cdot 81} = 168,7, \text{ мин}^{-1}.$$

Принимаем  $n=160 \text{ мин}^{-1}$ .

Тогда  $V_{\phi} = \frac{\pi D n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 81 \cdot 160}{1000} = 40,7$ , м/мин.

Минутная подача

$$S = S_0 \cdot n = 0,35 \cdot 160 = 56, \text{ мм/мин.}$$

Основное время определим по формуле

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

Основное время определим по формуле, приняв для этого:

Фрезерование ведется одновременно двух лысок  $L_{\text{рх}}=25$  мм, количество проходов 1.

Окончательно имеем:

$$T_0 = \frac{45}{56} = 0,80 \text{ мин.}$$

#### 2.9.6 Расчет режимов резания на операцию 030 Сверлильная.

Сверлить шесть отверстий (пов. 18), выдерживая размеры  $\phi 12^{+0,43}$ ,  $60^{\circ} \pm 30'$ ,  $\phi 204 \pm 0,575$ ; сверлить шесть отверстий (пов. 19), выдерживая размеры  $\phi 7^{+0,36}$ ,  $60^{\circ} \pm 30'$ ,  $\phi 204 \pm 0,575$ ; цековать шесть отверстий (пов. 20), выдерживая размеры  $8 \pm 0,18$ ,  $60^{\circ} \pm 30'$ ,  $\phi 204 \pm 0,575$ ; сверлить шесть отверстий (пов. 16), выдерживая размеры  $\phi 7^{+0,36}$ ,  $60^{\circ} \pm 30'$ ,  $\phi 162 \pm 0,5$ ; сверлить три отверстия (пов. 17), выдерживая размеры  $\phi 3,5^{+0,3}$ ,  $120^{\circ} \pm 30'$ ,  $\phi 162 \pm 0,5$ ; зенкеровать три отверстия (пов. 17), выдерживая размеры  $\phi 4^{+0,012}$ ,  $120^{\circ} \pm 30'$ ,  $\phi 162 \pm 0,5$ .

Переход 1. Сверлить шесть отверстий (пов. 18), выдерживая размеры  $\phi 12^{+0,43}$ ,  $60^{\circ} \pm 30'$ ,  $\phi 204 \pm 0,575$ .

$$L = L_p + L_{\Pi} + L_d, \quad [11]$$

где  $L_p$  – длина резания;

$L_{\Pi}$  – величина подвода, врезания и перебега инструмента;

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

$$L_{II} = 1 \text{ мм.}$$

$$L_{д} = 3 \text{ мм.}$$

$$L = 8,3 + 3 + 1 = 12,3 \text{ , мм.}$$

Определим стойкость инструментов.

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

где  $T_M$  – стойкость в минутах основного времени работы станка;

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

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

$$T_M = 60 \text{ мин.}$$

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

$$S_0 = 0,2 \text{ мм/об.}$$

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

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

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

$K_1$  – коэффициент, зависящий от обрабатываемого материала;

$K_2$  – коэффициент, зависящий от отношения принятой подачи к подаче, указанной на карте [11];

$K_3$  – коэффициент, зависящий от стойкости инструмента.

$$v_{ТАБ} = 15 \text{ м/мин.}$$

$$K_1 = 0,75.$$

$$K_2 = 1,0.$$

$$K_3 = 1,0.$$

$$v = 15 \cdot 0,75 \cdot 1 \cdot 1 = 11,3 \text{ , м/мин.}$$

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

$$n = \frac{1000 \cdot 11,3}{3,14 \cdot 12} = 299,9 \text{ , мин}^{-1}.$$

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

Уточним значение скорости резания.

$$v = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 12 \cdot 250}{1000} = 9,4 \text{ , м/мин.}$$

$$S_M = S_0 \cdot n = 0,2 \cdot 250 = 50 \text{ , мм/мин.}$$

Рассчитаем основное время на обработку  $T_0$ .

$$T_0 = \frac{L_{P.X}}{S_M} = \frac{12,3 \cdot 6}{50} = 1,48 \text{ , мин.}$$

Переход 2. Сверлить шесть отверстий (пов. 19), выдерживая размеры  $\varnothing 7^{+0,36}$ ,  $60^\circ \pm 30'$ ,  $\varnothing 204 \pm 0,575$ .

$$L = L_P + L_{II} + L_D, \quad [11]$$

где  $L_P$  – длина резания;

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

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

$$L_{II} = 1 \text{ мм.}$$

$$L_D = 2 \text{ мм.}$$

$$L = 8 + 2 + 1 = 11 \text{ , мм.}$$

Определим стойкость инструментов.

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

где  $T_M$  – стойкость в минутах основного времени работы станка;

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

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

$$T_M = 60 \text{ мин.}$$

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

$$S_0 = 0,2 \text{ мм/об.}$$

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

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

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

$K_1$  – коэффициент, зависящий от обрабатываемого материала;

$K_2$  – коэффициент, зависящий от отношения принятой подачи к подаче, указанной на карте [11];

$K_3$  – коэффициент, зависящий от стойкости инструмента.

$$v_{ТАБ} = 15 \text{ м/мин.}$$

$$K_1 = 0,75.$$

$$K_2 = 1,0.$$

$$K_3 = 1,0.$$

$$v = 15 \cdot 0,75 \cdot 1 \cdot 1 = 11,3, \text{ м/мин.}$$

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

$$n = \frac{1000 \cdot 11,3}{3,14 \cdot 7} = 514,1, \text{ мин}^{-1}.$$

Принимаем по паспорту станка  $n = 500 \text{ мин}^{-1}$ .

Уточним значение скорости резания.

$$v = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 7 \cdot 500}{1000} = 11,0, \text{ м/мин.}$$

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

Рассчитаем основное время на обработку  $T_0$ .

$$T_0 = \frac{L_{P.X}}{S_M} = \frac{11 \cdot 6}{100} = 0,66, \text{ мин.}$$

Переход 3. Цековать шесть отверстий (пов. 20), выдерживая размеры  $8 \pm 0,18$ ,  $60^\circ \pm 30'$ ,  $\varnothing 204 \pm 0,575$ .

$$L = L_P + L_{II} + L_D, \quad [11]$$

где  $L_P$  – длина резания;

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

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

$$L_{II} = 1 \text{ мм.}$$

$$L_D = 0 \text{ мм.}$$

$$L = 1,8 + 0 + 1 = 2,8 \text{ , мм.}$$

Определим стойкость инструментов.

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

где  $T_M$  – стойкость в минутах основного времени работы станка;

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

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

$$T_M = 60 \text{ мин.}$$

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

$$S_0 = 0,2 \text{ мм/об.}$$

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

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

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

$K_1$  – коэффициент, зависящий от обрабатываемого материала;

$K_2$  – коэффициент, зависящий от отношения принятой подачи к подаче, указанной на карте [11];

$K_3$  – коэффициент, зависящий от стойкости инструмента.

$$v_{ТАБ} = 15 \text{ м/мин.}$$

$$K_1 = 0,75 .$$

$$K_2 = 1,0 .$$

$$K_3 = 1,0 .$$

$$v = 15 \cdot 0,75 \cdot 1 \cdot 1 = 11,3 \text{ , м/мин.}$$

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

$$n = \frac{1000 \cdot 11,3}{3,14 \cdot 12} = 299,9 \text{ , мин}^{-1}.$$

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

Уточним значение скорости резания.

$$v = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 12 \cdot 250}{1000} = 9,4 \text{ , м/мин.}$$

$$S_M = S_0 \cdot n = 0,2 \cdot 250 = 50 \text{ , мм/мин.}$$

Рассчитаем основное время на обработку  $T_0$ .

$$T_0 = \frac{L_{P.X}}{S_M} = \frac{2,8 \cdot 6}{50} = 0,34 \text{ , мин.}$$

Переход 4. Сверлить шесть отверстий (пов. 16), выдерживая размеры  $\varnothing 7^{+0,36}$ ,  $60^\circ \pm 30'$ ,  $\varnothing 162 \pm 0,5$ .

$$L = L_P + L_{II} + L_D, \quad [11]$$

где  $L_P$  – длина резания;

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

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

$$L_{II} = 1 \text{ мм.}$$

$$L_D = 2 \text{ мм.}$$

$$L = 24 + 2 + 1 = 27 \text{ , мм.}$$

Определим стойкость инструментов.

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

где  $T_M$  – стойкость в минутах основного времени работы станка;

$\lambda$  – 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 [11];

$K_3$  – коэффициент, зависящий от стойкости инструмента.

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

$$K_1 = 0,75.$$

$$K_2 = 1,0.$$

$$K_3 = 1,0.$$

$$v = 15 \cdot 0,75 \cdot 1 \cdot 1 = 11,3 \text{ , м/мин.}$$

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

$$n = \frac{1000 \cdot 11,3}{3,14 \cdot 7} = 514,1 \text{ , мин}^{-1}.$$

Принимаем по паспорту станка  $n = 500 \text{ мин}^{-1}$ .

Уточним значение скорости резания.

$$v = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 7 \cdot 500}{1000} = 11,0 \text{ , м/мин.}$$

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

Рассчитаем основное время на обработку  $T_0$ .

$$T_0 = \frac{L_{P.X}}{S_M} = \frac{27 \cdot 6}{100} = 1,62 \text{ , мин.}$$

Переход 5. Сверлить три отверстия (пов. 17), выдерживая размеры  $\varnothing 3,5^{+0,3}$ ,  $120^\circ \pm 30'$ ,  $\varnothing 162 \pm 0,5$ .

$$L = L_P + L_{\Pi} + L_D, \quad [11]$$

где  $L_P$  – длина резания;

$L_{\Pi}$  – величина подвода, врезания и перебега инструмента;

$L_{Д}$  – дополнительная длина хода, вызываемая в ряде случаев особенностями наладки и конфигурации детали.

$$L_{\Pi} = 1 \text{ мм.}$$

$$L_{Д} = 1 \text{ мм.}$$

$$L = 24 + 1 + 1 = 26 \text{ , мм.}$$

Определим стойкость инструментов.

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

где  $T_M$  – стойкость в минутах основного времени работы станка;

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

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

$$T_M = 60 \text{ мин.}$$

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

$$S_0 = 0,2 \text{ мм/об.}$$

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

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

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

$K_1$  – коэффициент, зависящий от обрабатываемого материала;

$K_2$  – коэффициент, зависящий от отношения принятой подачи к подаче, указанной на карте [11];

$K_3$  – коэффициент, зависящий от стойкости инструмента.

$$v_{ТАБ} = 15 \text{ м/мин.}$$

$$K_1 = 0,75.$$

$$K_2 = 1,0.$$

$$K_3 = 1,0.$$

$$v = 15 \cdot 0,75 \cdot 1 \cdot 1 = 11,3 \text{ , м/мин.}$$

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

$$n = \frac{1000 \cdot 11,3}{3,14 \cdot 3,5} = 1028,2 \text{ , мин}^{-1}.$$

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

Уточним значение скорости резания.

$$v = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 3,5 \cdot 1000}{1000} = 11,0 \text{ , м/мин.}$$

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

Рассчитаем основное время на обработку  $T_0$ .

$$T_0 = \frac{L_{P.X}}{S_M} = \frac{26 \cdot 3}{200} = 0,39 \text{ , мин.}$$

Переход 6. Зенкеровать три отверстия (пов. 17), выдерживая размеры  $\varnothing 4^{+0,012}$ ,  $120^0 \pm 30'$ ,  $\varnothing 162 \pm 0,5$ ..

$$L = L_P + L_{\Pi} + L_D, \quad [11]$$

где  $L_P$  – длина резания;

$L_{\Pi}$  – величина подвода, врезания и перебега инструмента;

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

$$L_{\Pi} = 1 \text{ мм.}$$

$$L_D = 1 \text{ мм.}$$

$$L = 24 + 1 + 1 = 26 \text{ , мм.}$$

Определим стойкость инструментов.

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

где  $T_M$  – стойкость в минутах основного времени работы станка;

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

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

$$T_M = 60 \text{ мин.}$$

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

$$S_0 = 0,2 \text{ мм/об.}$$

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

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

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

$K_1$  – коэффициент, зависящий от обрабатываемого материала;

$K_2$  – коэффициент, зависящий от отношения принятой подачи к подаче, указанной на карте [11];

$K_3$  – коэффициент, зависящий от стойкости инструмента.

$$v_{ТАБ} = 15 \text{ м/мин.}$$

$$K_1 = 0,75.$$

$$K_2 = 1,0.$$

$$K_3 = 1,0.$$

$$v = 15 \cdot 0,75 \cdot 1 \cdot 1 = 11,3, \text{ м/мин.}$$

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

$$n = \frac{1000 \cdot 11,3}{3,14 \cdot 4} = 899,7, \text{ мин}^{-1}.$$

Принимаем по паспорту станка  $n = 800 \text{ мин}^{-1}$ .

Уточним значение скорости резания.

$$v = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 4 \cdot 800}{1000} = 10,1, \text{ м/мин.}$$

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

Рассчитаем основное время на обработку  $T_0$ .

$$T_0 = \frac{L_{P.X}}{S_M} = \frac{26 \cdot 3}{160} = 0,49, \text{ мин.}$$

Основное время всей операции

$$T_0 = \sum T_{0i} = 1,48 + 0,66 + 0,34 + 1,62 + 0,39 + 0,49 = 4,98, \text{ мин.}$$

### 2.9.7 Расчет режимов резания на операцию 035 Долбежная.

Долбить поверхности 13, 15, выдерживая размеры  $12^{+0,43}$ ,  $90^{\circ\pm 30}$ ;  
долбить поверхность 14, выдерживая размеры  $\varnothing 174^{+1,0}$ ,  $90^{\circ\pm 30}$ .

Определим скорость резания

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

где  $v_{\text{табл}} = 30$  м/мин – скорость резания по таблице; [11]

$K_3$  - коэффициент, определяемый обрабатываемым материалом;

$K_4$  – коэффициент, определяемый материалом режущей части инструмента.

Для обработки стали 35  $K_3 = 1,0$ . [11]

Для материала инструмента – стали Р6М5  $K_4 = 1,0$ . [11]

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

Определим радиальную подачу

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

Рассчитаем частоту возвратно-поступательного хода долбяка

$$n = \frac{1000 \cdot v}{2 \cdot L_{\text{р.х.}}},$$

где  $L_{\text{р.х.}} = 24$  мм – длина рабочего хода долбяка.

$$n = \frac{1000 \cdot 30}{2 \cdot 24} = 625, \text{ дв.х./мин.}$$

Определим основное время операции

$$T_0 = \frac{2,25}{0,06 \cdot 625} + \frac{3,14 \cdot 1 \cdot 4}{0,3 \cdot 625} = 0,06 + 0,07 = 0,13, \text{ мин.}$$

2.9.8 Расчет режимов резания на операцию 045 Внутришлифовальная черновая.

Шлифовать поверхность 8, выдерживая размер  $\varnothing 173,8\text{H}8^{(+0,063)}$ ;  
шлифовать поверхность 12, выдерживая размер  $\varnothing 152\text{H}8^{(+0,063)}$ .

Характеристики шлифовального круга:

Материал абразивного зерна – 24А;

Зернистость – 25;

Твердость – СМ2;

Структура – 7;

Связка – К;

Диаметр круга - 100 мм.

Режимы резания определим, пользуясь данными [11].

Определим скорость резания  $V=35$  м/с [11].

Радиальная подача  $S_p=0,003$  мм/об или 0,4 мм/мин [11].

Скорость вращения заготовки  $V_3=35$  м/мин [11].

Частота вращения заготовки

$$n_3 = \frac{1000V_3}{\pi D_3} = \frac{1000 \cdot 35}{3,14 \cdot 173,8} = 64,1, \text{ об/мин.}$$

Основное время определим по формуле

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

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

$L_p$ ,  $S_p$  – соответственно длина и подача при рабочих перемещениях

$T_{ВЫХ} = 0,05$  – время выхаживания [11].

Тогда определим:

$$T_0 = \frac{100}{500} + \frac{34}{100} + 0,05 = 0,59, \text{ мин.}$$

2.9.9 Расчет режимов резания на операцию 050  
Торцекруглошлифовальная.

Шлифовать поверхность 4, выдерживая размер  $\varnothing 238_{(-1,15)}$ ; шлифовать поверхность 3, выдерживая размер  $18 \pm 0,215$ ; шлифовать поверхность 2, выдерживая размер  $\varnothing 172,2e9_{(-0,185)}^{(-0,085)}$ .

Характеристики шлифовального круга:

Материал абразивного зерна – 24А;

Зернистость – 25;

Твердость – СМ2;

Структура – 7;

Связка – К;

Диаметр круга - 250 мм.

Режимы резания определим, пользуясь данными [11].

Определим скорость резания  $V=35$  м/с [11].

Радиальная подача  $S_p=0,003$  мм/об или 0,4 мм/мин [11].

Скорость вращения заготовки  $V_3=35$  м/мин [11].

Частота вращения заготовки

$$n_3 = \frac{1000V_3}{\pi D_3} = \frac{1000 \cdot 35}{3,14 \cdot 238} = 46,8, \text{ об/мин.}$$

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 [11].

Тогда определим:

$$T_0 = \frac{100}{500} + \frac{65}{100} + 0,05 = 0,90, \text{ мин.}$$

2.9.10 Расчет режимов резания на операцию 055 Внутришлифовальная чистовая.

Шлифовать поверхность 8, выдерживая размер  $\varnothing 174\text{H}7(^{+0,040})$ .

Характеристики шлифовального круга:

Материал абразивного зерна – 24А;

Зернистость – 25;

Твердость – СМ2;

Структура – 7;

Связка – К;

Диаметр круга - 100 мм.

Режимы резания определим, пользуясь данными [11].

Определим скорость резания  $V=35$  м/с [11].

Радиальная подача  $S_p=0,003$  мм/об или 0,4 мм/мин [11].

Скорость вращения заготовки  $V_3=35$  м/мин [11].

Частота вращения заготовки

$$n_3 = \frac{1000V_3}{\pi D_3} = \frac{1000 \cdot 35}{3,14 \cdot 174} = 64,1, \text{ об/мин.}$$

Основное время определим по формуле

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

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

$L_p$ ,  $S_p$  – соответственно длина и подача при рабочих перемещениях

$T_{ВЫХ} = 0,05$  – время выхаживания [11].

Тогда определим:

$$T_0 = \frac{100}{500} + \frac{34}{100} + 0,05 = 0,59, \text{ мин.}$$

2.9.11 Расчет режимов резания на операцию 060 Круглошлифовальная.

Шлифовать поверхность 2, выдерживая размер  $\varnothing 172e8 \begin{pmatrix} -0,085 \\ -0,148 \end{pmatrix}$ .

Характеристики шлифовального круга:

Материал абразивного зерна – 24А;

Зернистость – 25;

Твердость – СМ2;

Структура – 7;

Связка – К;

Диаметр круга - 250 мм.

Режимы резания определим, пользуясь данными [11].

Определим скорость резания  $V=35$  м/с [11].

Радиальная подача  $S_p=0,003$  мм/об или 0,4 мм/мин [11].

Скорость вращения заготовки  $V_3=35$  м/мин [11].

Частота вращения заготовки

$$n_3 = \frac{1000V_3}{\pi D_3} = \frac{1000 \cdot 35}{3,14 \cdot 172} = 64,8, \text{ об/мин.}$$

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 [11].

Тогда определим:

$$T_0 = \frac{50}{500} + \frac{12}{100} + 0,05 = 0,27, \text{ мин.}$$

### 3 ПРОЕКТИРОВАНИЕ СТАНОЧНОГО ПРИСПОСОБЛЕНИЯ

Задача этого раздела разработать приспособление для крепления заготовки на операции 015 Токарная чистовая.

#### 3.1 Сбор исходных данных.

Эскиз операции представлен на рис. 3.1.

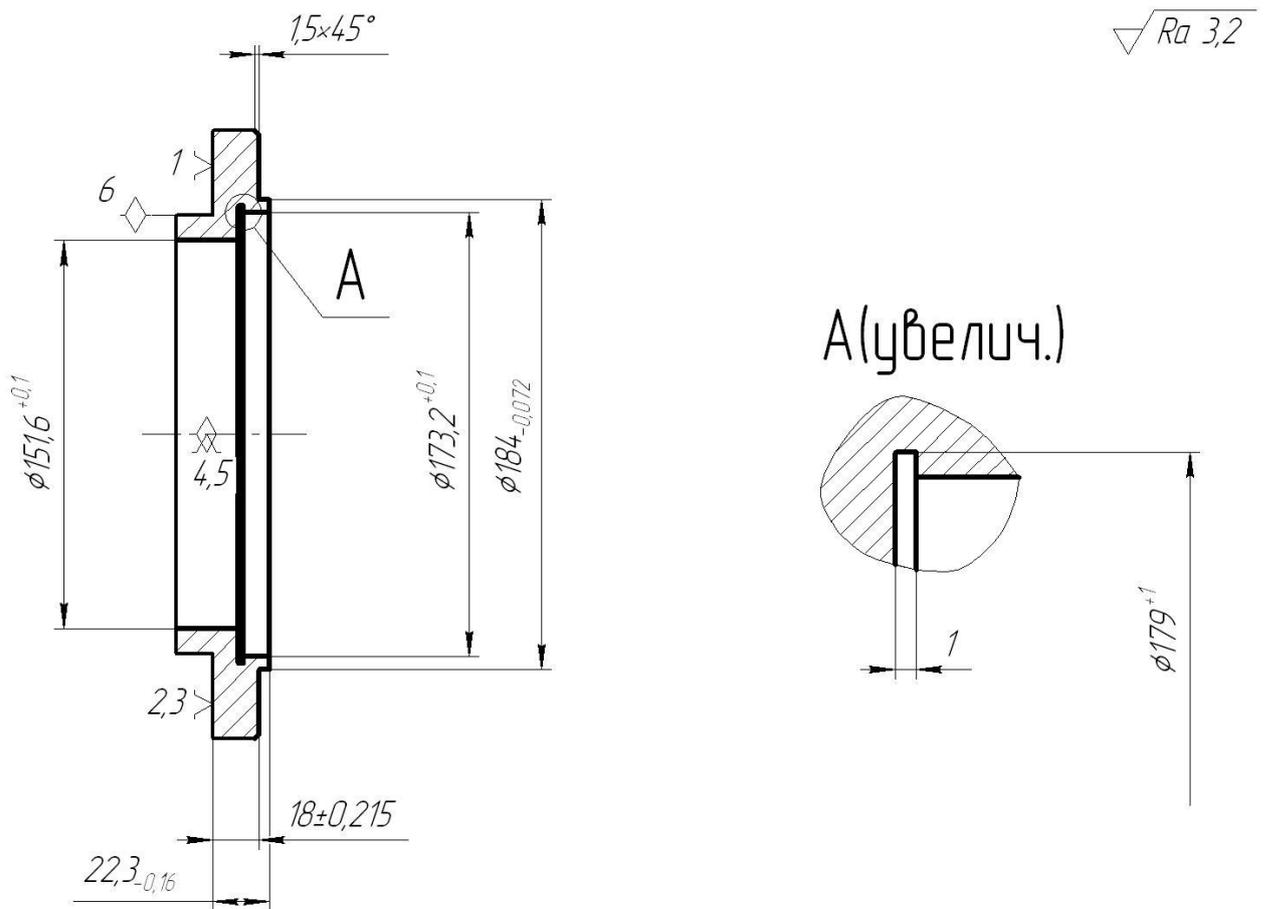


Рис. 9.1 Операционный эскиз

Содержание операции: точить фаску 1,5x45°; точить поверхность 5, выдерживая размер 18±0,215; точить поверхность 6, выдерживая размер  $\phi 184_{-0,072}$ ; точить поверхность 7, выдерживая размер 22,3\_{-0,16}; точить канавку (поверхности 9, 10 и 11), выдерживая размеры  $\phi 179^{+1,0}$ , 1; точить поверхность

8, выдерживая размер  $\varnothing 173,2\text{H}9^{(+0,100)}$ ; точить поверхность 12, выдерживая размер  $\varnothing 151,6\text{H}9^{(+0,100)}$ .

Заготовка – штамповка из Ст 35  $\sigma_B=390$  МПа.

Режущий инструмент – токарный резец Т15К6.

Режимы резания на операции: глубина резания  $t=0,30$ мм, подача  $S=0,2$ мм/об,  $V=150,1$  м/мин,  $n=200$  мин<sup>-1</sup>.

Обработка ведется на токарном станке с ЧПУ SAMAT-400XC.

Расчет произведем по методике [13].

### 3.2 Расчет сил резания.

Для последующих расчетов надо рассчитать две составляющие силы резания  $P_Z$  и  $P_Y$ , которые рассчитываются по формуле [12]:

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

Подставляя постоянные коэффициенты, выбранные из [12] получим

$$P_y = 10 \cdot 243 \cdot 0,3^{0,9} \cdot 0,2^{0,6} \cdot 150,1^{-0,3} \cdot 0,9 = 62,7, H$$

$$P_z = 10 \cdot 300 \cdot 0,3^{1,0} \cdot 0,2^{0,75} \cdot 150,1^{-0,15} \cdot 0,9 = 114,2, H$$

### 3.3 Расчет усилия зажима.

При обработке заготовки на нее действует система сил. Во-первых действуют составляющие силы резания, которые стремятся вырвать заготовку из кулачков, во-вторых - сила зажима препятствующая этому. Из условия равновесия моментов данных сил и с учётом коэффициента запаса определяются необходимые исходное и зажимное усилия.

На рис. 3.2 представлена схема закрепления заготовки.

Момент от касательной составляющей силы резания стремится повернуть заготовку в кулачках. Он равен:

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

Провороту заготовки противостоит момент силы зажима, рассчитываемый следующим образом: [13]

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

где  $W$  - усилие зажима от всех трёх кулачков, Н.

$f$  - коэффициент трения на поверхности сменного кулачка.

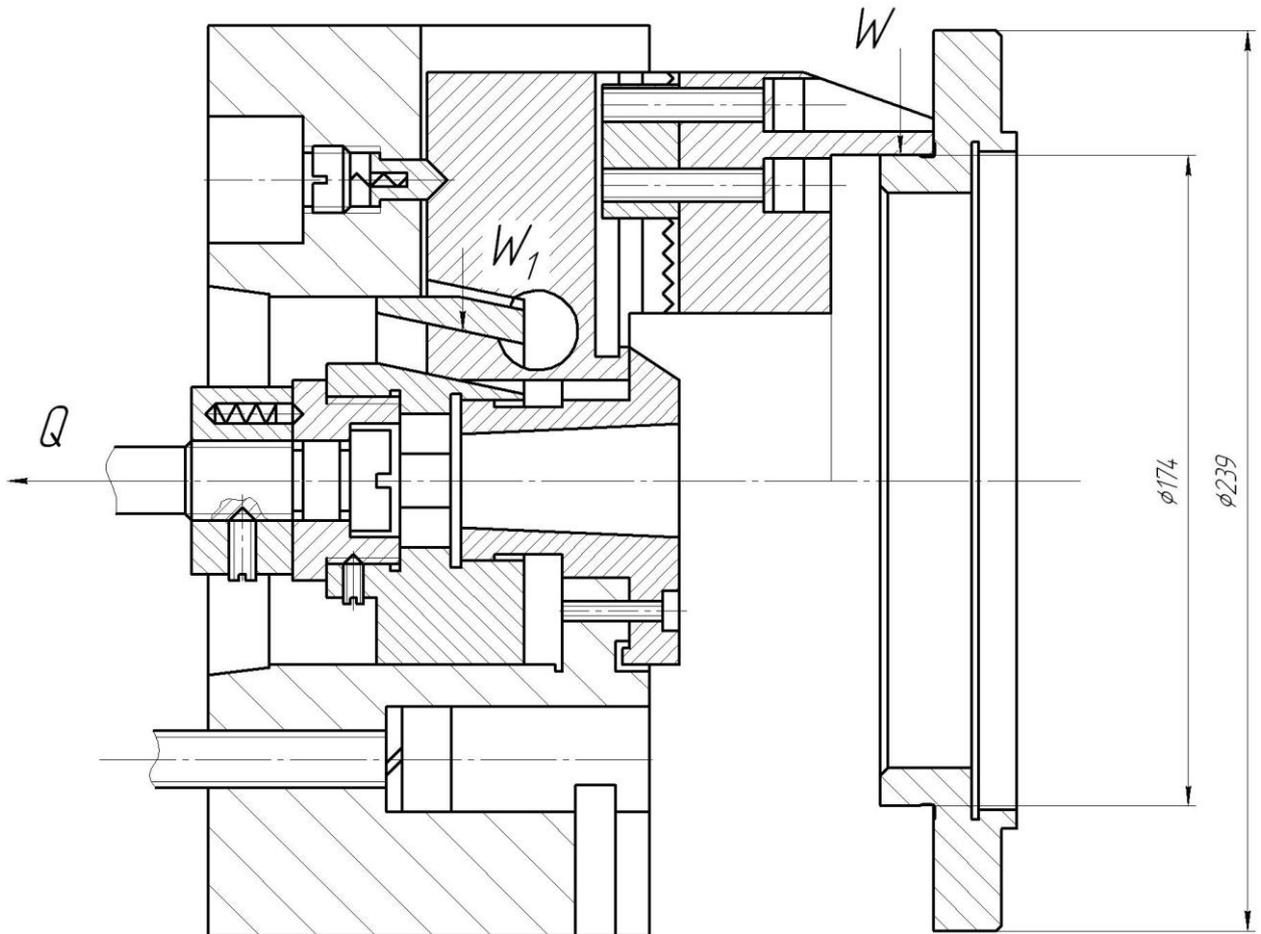


Рис. 3.2 Схема закрепления заготовки

Из равенства моментов  $M_p$  и  $M_3$  определим необходимое зажимное усилие, противостоящее провороту заготовки в кулачках.

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

Коэффициент запаса  $K$  определяют по формуле [13]

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

Пользуясь [13] выбираем  $K_0=1,5$ ;  $K_1=1,0$ ;  $K_2=1,0$ ;  
 $K_3=1,0$ ;  $K_4=1,0$ ;  $K_5=1,0$ ;  $K_6=1,0$ .

В итоге коэффициент  $K$  равен:

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

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

Коэффициент трения  $f$  между заготовкой и кулачком зависит от состояния рабочей поверхности сменного кулачка. Примем форму рабочей поверхности кулачка с кольцевыми канавками и  $f=0,3$ . Итак по формуле 3.4 получим:

$$W = \frac{2 \cdot K \cdot P_z \cdot d_1}{f \cdot d_2} = \frac{2 \cdot 1,8 \cdot 114,2 \cdot 239}{0,3 \cdot 174} = 1882,3, \text{ Н.}$$

Сила  $P_y$  стремится вывернуть заготовку из кулачков относительно оси, создавая момент:

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

Данному моменту препятствует момент от силы зажима:

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

Необходимая сила зажима равна:

$$W = \frac{1,5 \cdot K \cdot P_y \cdot l}{f \cdot d_2} = \frac{1,5 \cdot 2,52 \cdot 62,7 \cdot 13}{0,3 \cdot 174} = 59,0, \text{ Н.}$$

Для дальнейших расчётов принимаем максимальное усилие;  $W=1882,3$  Н.

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

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

где  $l_k$  - вылет кулачка;

$H_k$  - длина направляющей постоянного кулачка, мм;

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

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

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

Подставив исходные данные в формулу (3.8) получим:

$$W = \frac{1882,3}{1 - \frac{62}{80} \cdot 0,1} = 2040,4, \text{ Н.}$$

### 3.4 Расчёт зажимного механизма.

Выполняя расчёт зажимного механизма, необходимо определится с его конструкцией. В самоцентрирующих приспособлениях установочные элементы (в данном случае кулачки) должны быть подвижными в направлении зажима и закон относительного движения необходимо выдержать с высокой точностью. Поэтому на движения кулачков накладываются условия: одновременность, разнонаправленность, равная скорость движения. Это условие можно выдержать, обеспечивая движение трёх кулачков от единого источника движения.

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

$$Q = \frac{W_1}{i_c}, \tag{3.9}$$

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

Данное отношение для клинового механизма равно:

$$i = \frac{1}{\text{tg}(\psi + \varphi) + \text{tg} \varphi_1} \tag{3.10}$$

где  $\alpha$  - угол скоса клина;

$\varphi$  - угол трения на наклонной поверхности клина;

$\varphi_1$  - угол трения на плоской поверхности клина

Получим:

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

Тогда

$$Q = \frac{2040,4}{2,1} = 971,6, \text{ Н.}$$

### 3.5 Расчёт силового привода.

Для создания исходного усилия  $Q$  используется силовой привод, устанавливаемый на задний конец шпинделя. В его конструкции можно выделить силовую часть, вращающуюся совместно со шпинделем и муфту для подвода рабочей среды. В качестве приводов наибольшее применение получили пневматический и гидравлический вращающиеся цилиндры.

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

Диаметр поршня для рабочей штоковой полости определяется по формуле:

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

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

$d$  – диаметр штока.

Для пневмоцилиндра получим:

$$D = \sqrt{\frac{1,27 \cdot 971,6}{0,4} + 60^2} = 81,8, \text{ мм.}$$

Для увеличения возможностей приспособления принимаем диаметр поршня 90 мм.

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

### 3.6 Описание конструкции и работы приспособления.

Приспособление предназначено для установки и закрепления заготовки при черновом точении.

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

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

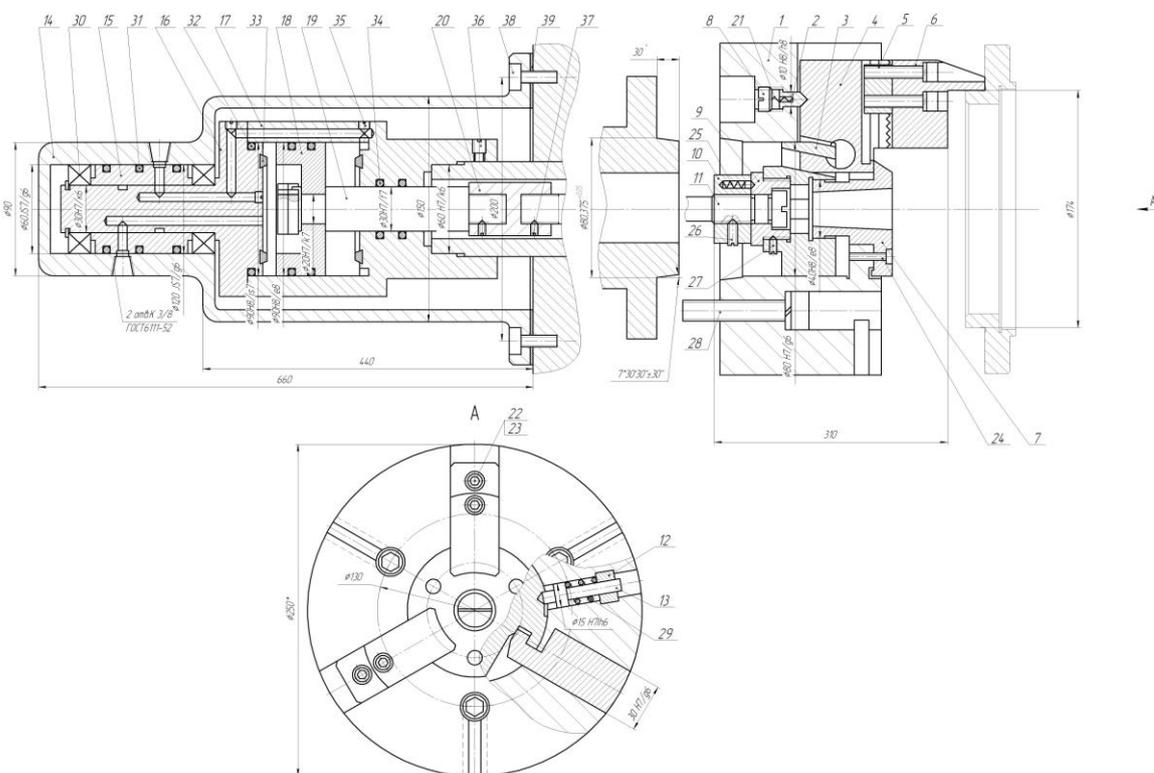


Рис. 3.3. Патрон трехкулачковый с пневмозажимом

Приспособление, представленное на рис. 3.3, работает следующим образом: при подаче воздуха в правую левую полость поршень со штоком и тягой перемещается слева направо, в результате чего через клиновой зажимной механизм происходит закрепление заготовки. При подаче воздуха в правую полость система возвращается в исходное положение и происходит раскрепление заготовки.

## 4 ПРОЕКТИРОВАНИЕ РЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА

Задача раздела спроектировать дисковую фрезу для операции 025 Фрезерная для обработки лысок.

### 4.1 Анализ исходных данных.

Эскиз операции представлен на рисунке 4.1.

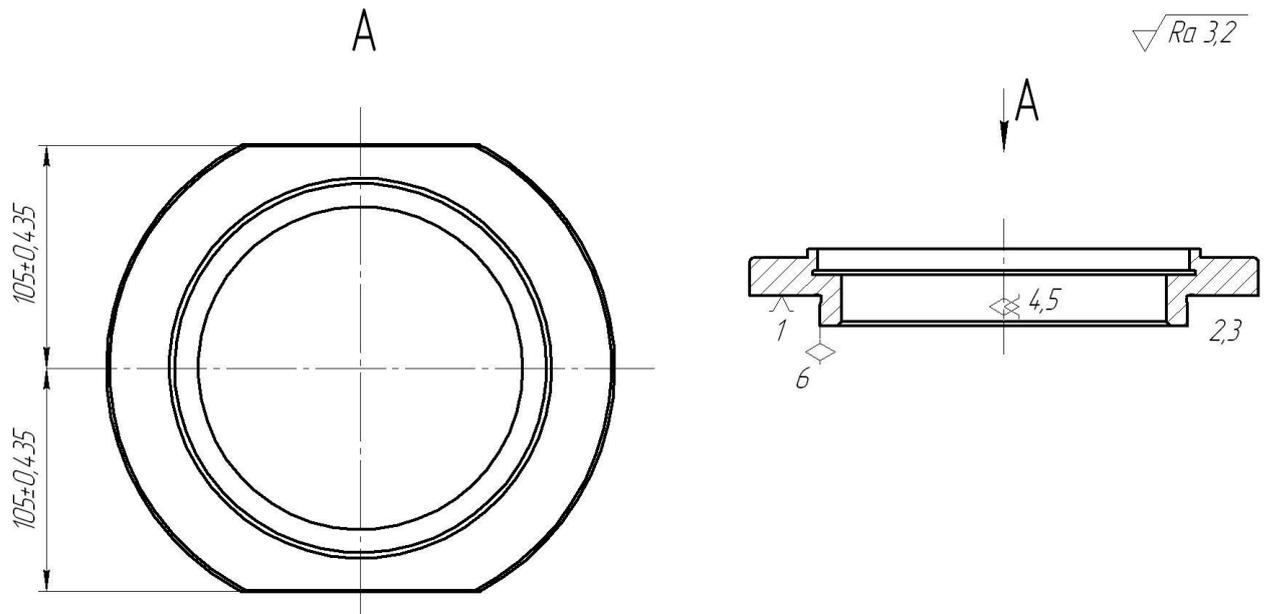


Рис. 4.1. Эскиз операции 025 Фрезерная

### 4.1 Расчет дисковой фрезы.

Расчет конструктивных параметров производим по [14]. Диаметр посадочного отверстия определяется из условия обеспечения достаточной прочности и жесткости оправки фрезы по формуле

$$d_0 = 5,28 \cdot h^{0,48} \cdot b^{0,15},$$

где  $h = 18$  мм – глубина профиля обрабатываемой детали;

$b = 3$  мм – ширина профиля обрабатываемой детали.

$$d_0 = 5,28 \cdot 18^{0,48} \cdot 3^{0,15} = 24,9, \text{ мм.}$$

Принимаем из стандартного ряда  $d_0 = 27$  мм.

Приближенное значение наружного диаметра

$$d_a \approx 2,5 \cdot d_0 = 2,5 \cdot 27 = 67,5, \text{ мм.}$$

Высота профиля зуба фрезы

$$h_1 = h + (1...3) = h + 2,5 = 18 + 2 = 20, \text{ мм.}$$

Число зубьев фрезы рассчитываем по формуле [14]

$$z = \frac{\pi \cdot d_a}{A \cdot h_1},$$

где  $A$  – коэффициент, равный 1,8...2,5 для черновых фрез, 1,3...1,8 для чистовых.

Принимаем  $A = 1,8$  мм.

$$z = \frac{3,14 \cdot 67,5}{1,8 \cdot 20} = 12,89.$$

Принимаем  $z = 14$ , т.к. число зубьев целесообразно выбирать четным.

Значение переднего угла  $\gamma$  выбирают положительным в зависимости от обрабатываемого материала, что способствует улучшению процесса резания. При этом для чистового фрезерования необходим коррекционный расчет размеров профиля фрезы. Обычные фасонные фрезы делают с  $\gamma=0$ . Значение заднего угла  $\alpha$  выбирают в пределах  $8...15^\circ$ , в точке при вершине профиля фрезы задний угол  $\alpha_b$  обычно берут  $10...12^\circ$ . [15]

Принимаем  $\alpha_b = 10^\circ$ .

Задние углы  $\alpha_N$  в сечениях, нормальных к боковым сторонам профиля фрезы, определяют для любой точки  $i_p$  профиля фрезы по формуле

$$\operatorname{tg} \alpha_N = \frac{R}{R_i} \operatorname{tg} \alpha_s \cdot \sin \tau,$$

где  $\tau$  – угол между касательной к профилю фрезы в рассматриваемой точке  $i_p$  и плоскостью, перпендикулярной к ее оси;

$R_i$  – радиус рассматриваемой точки;

$R$  – наружный радиус фрезы. [14]

Величина затылования  $k = \frac{\pi \cdot d_a}{z} \operatorname{tg} \alpha_s$ .

$$k = \frac{3,14 \cdot 67,5}{14} \operatorname{tg} 10^\circ = 2,7, \text{ мм, принимаем } k = 3 \text{ мм.}$$

Центровальный угол канавки, необходимый для выхода затыловочного инструмента  $\psi = \frac{360^\circ}{6 \cdot z}$ , если  $h_1 < 15$  мм;  $\psi = \frac{360^\circ}{4 \cdot z}$ , если  $h_1 > 15$  мм.

В нашем случае  $\psi = \frac{360^\circ}{4 \cdot 14} = 6,43^\circ = 6^\circ 26'$ .

Радиус закругления впадины между зубьями фрезы

$$r = \left( \frac{d_a}{2} - h_1 - k \right) \sin(\psi_1 / 2).$$

$$r = \left( \frac{67,5}{2} - 20 - 3 \right) \sin 5^\circ = 0,96 \approx 1, \text{ мм.}$$

Высота зуба фрезы

$$H = h_1 + k + r.$$

$$H = 16 + 3 + 1 = 20, \text{ мм.}$$

Уточним наружный диаметр фрезы

$$d_a = d_0 + 2m + 2H,$$

где  $m = 3$  мм – толщина фрезы.

$$d_a = 27 + 2 \cdot 3 + 2 \cdot 24 = 81, \text{ мм.}$$

По рассчитанным конструктивным данным оформляем рабочий чертеж фрезы, а также прочерчиваем профили зубьев в осевом сечении и по передней поверхности с указанием их размеров и допусков на них.

## 5 БЕЗОПАСНОСТЬ И ЭКОЛОГИЧНОСТЬ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБЪЕКТА

Тема выпускной квалификационной работы: «Техпроцесс изготовления фланца редуктора».

### 5.1 Конструктивно-технологическая характеристика объекта.

Таблица 5.1 - Технологический паспорт объекта

№ п/п	Технологическое устройство	Технологическая операция, вид выполняемых работ <sup>2</sup>	Наименование должности работника, выполняющего технологический процесс, операцию <sup>3</sup>	Оборудование, устройство, приспособление <sup>4</sup>	Материалы, вещества <sup>5</sup>
1	Точение чистовое	Операция 015 Токарная чистовая	Оператор станка с ЧПУ	Станок SAMAT-400XC; токарный трехкулачковый автотизированный патрон	Сталь 35; т/с Т15К6; СОЖ ЭТ-2
2	Фрезерование лысок	Операция 035 Фрезерная	Оператор станка с ЧПУ	Горизонтально-фрезерный станок с ЧПУ ХК6032; приспособление специальное с пневмоприводом	Сталь 35; б/р сталь Р6М5; СОЖ ЭТ-2

5.2 Идентификация производственно-технологических и эксплуатационных профессиональных рисков.

Таблица 5.2 – Идентификация профессиональных рисков.

№ п/п	Производственно-технологическая и/или эксплуатационно-технологическая операция, вид выполняемых работ	Опасный и /или вредный производственный фактор	Источник опасного и /или вредного производственного фактора
1	Операция 020 Токарная чистовая с ЧПУ	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 SAMAT-400XC
2	Операция 035 Фрезерная с ЧПУ	1) Повышенный уровень шума на рабочем месте. 2) Повышенный уровень вибрации. 3) В связи с использование СОЖ повышенная загазованность на рабочем месте.	Горизонтально-фрезерный станок с ЧПУ ХК6032

5.3 Методы и технические средства снижения профессиональных рисков.

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

№ п/п	Опасный и / или вредный производственный фактор	Организационные методы и технические средства защиты, снижения, устранения опасного и / или вредного производственного фактора	Средства индивидуальной защиты работника
1	Повышенный уровень шума на рабочем месте на токарной и фрезерной 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 и фрезерной 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 фильтрующий

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

#### 5.4.1 Идентификация опасных факторов пожара.

Таблица 5.4 – Идентификация классов и опасных факторов пожара.

№ п/п	Участок, подразделение	Оборудование	Класс пожара	Опасные факторы пожара	Сопутствующие проявления факторов пожара
1	Цех механической обработки	Токарный станок с ЧПУ SAMAT-400XC; горизонтальный-фрезерный станок с ЧПУ ХК6032	Е	1) пламя и искры; 2) тепловой поток; 3) пониженная концентрация кислорода; 4) снижение видимости в дыму (задымленных пространственных зонах).	1) вынос (замыкание) высокого электрического напряжения на токопроводящие части технологических установок, оборудования, агрегатов, изделий и иного имущества; 2) образующиеся в процессе пожара осколки, части разрушившихся производственного и инженерно-технического оборудования.

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

Таблица 5.5 - 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 (механический и немеханический)	Пожарные сигнализация, связь и оповещение.
Огнетушители, ящики с песком	Пожарные автомобили, пожарные лестницы	Пожарные гидранты	Автоматизированные средства пожароповещения	Напорные пожарные рукава, гидранты	Респираторы, противогазы	Лопаты, ломы, ведра	Автоматические датчики и извещатели

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

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

Наименование технологического процесса, оборудования технического объекта	Наименование видов реализуемых организационных (организационно-технических) мероприятий	Предъявляемые требования по обеспечению пожарной безопасности, реализуемые эффекты
Токарный станок с ЧПУ	Проведение инструктажа по пожарной безопасности.	Запрет на курение и на применение открытого огня в цехе. Применение средств автоматического

Продолжение табл. 5.6

SAMAT-400XC	<p>Применение автоматических приборов оповещения.</p> <p>Контроль правильной эксплуатации оборудования.</p>	<p>оповещения и пожаротушения в цехе.</p>
<p>Горизонтально-фрезерный станок с ЧПУ XK6032</p>	<p>Проведение инструктажа по пожарной безопасности.</p> <p>Применение автоматических приборов оповещения.</p> <p>Контроль правильной эксплуатации оборудования.</p>	<p>Запрет на курение и на применение открытого огня в цехе. Применение средств автоматического оповещения и пожаротушения в цехе.</p>

5.5 Обеспечение экологической безопасности рассматриваемого технического объекта.

Таблица 5.7 – Идентификация экологических факторов технического объекта.

Наименование технического объекта, технологического процесса	Структурные составляющие технического объекта, технологического процесса (производственного здания или сооружения по функциональному назначению, технологические операции, оборудование), энергетическая установка транспортное средство и т.п.	Воздействие технического объекта на атмосферу (вредные и опасные выбросы в окружающую среду)	Воздействие технического объекта на гидросферу (образующие сточные воды, забор воды из источников водоснабжения)	Воздействие технического объекта на литосферу (почву, растительный покров, недра) (образование отходов, выемка плодородного слоя почвы, отчуждение земель, нарушение и загрязнение растительного покрова и т.д.)
Точение чистовое	Токарный станок с ЧПУ SAMAT-400XC	Газ от испарения СОЖ	Использованная СОЖ	Возможно попадание использованной СОЖ в почву. Возможно попадание стружки в почву.
Фрезерование	Горизонтально-фрезерный станок с ЧПУ ХК6032	Газ от испарения СОЖ	Использованная СОЖ	Возможно попадание использованной СОЖ в почву. Возможно попадание стружки в почву.

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

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

Наименование объекта	технического	Точение чистовое, Фрезерование
Мероприятия по снижению негативного воздействия на атмосферу	по снижению антропогенного	Применение герметичной камеры на токарном и фрезерном станке с ЧПУ
Мероприятия по снижению негативного воздействия на гидросферу	по снижению антропогенного	Применение централизованного сбора и утилизации стружки.
Мероприятия по снижению негативного воздействия на литосферу	по снижению антропогенного	Соблюдение на предприятии хранения и регулярности утилизации отходов. Возможность использования стружки для производства сырья.

## 5.6 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.

## 6 ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ РАБОТЫ

Цель раздела – рассчитать технико-экономические показатели проектируемого технологического процесса и произвести сравнительный анализ с показателями базового варианта, определить экономический эффект от предложенных в работе технических решений.

Рассмотрим предлагаемые совершенствования на предмет экономической обоснованности внедрения изменений в ТП изготовления детали. Подробная информация, касающаяся технологического процесса, рассмотрена в предыдущих разделах, поэтому считаем необходимым указать только отличия между вариантами процесса изготовления детали.

### Базовый вариант.

Операция 020 – Токарная чистовая, предполагает чистовое точение поверхностей детали «Шкив» на токарном станке, модель САМАТ-400ХС. Закрепление заготовки обеспечивается приспособлением – самоцентрирующий трехкулачковый патрон. Получение обрабатываемых поверхностей обеспечивают двумя резцами из твердого сплава Т15К6 одним резцом из быстрорежущей стали Р6М5.

Операция 025 – Фрезерная, производится фрезерование двух пазов одной фрезой на горизонтально-фрезерном станке ХК6032. Фиксация заготовки обеспечивается специальным приспособлением. Выполнение пазов гарантирует инструмент – фреза из быстрорежущей стали Р6М5.

### Проектный вариант.

Операция 020 – Токарная чистовая. Отличительной особенностью выполнения представленной операции в проектном варианте является применяемое приспособление. В данном случае закрепление заготовки осуществляется автоматизированным трехкулачковым патроном. Данное изменения позволяют сократить вспомогательное время выполнения операции с 1,32 мин. до 0,86 мин. Благодаря этим же изменениям достигли

снижения и общей трудоемкости выполнения всей операции с 2,87 мин до 2,41 мин.

Операция 025 – Фрезерная. Отличием этой операции является способ получения двух пазов, которые одновременно обрабатываются двумя фрезами. Это позволяет сократить основное время выполнения операции с 1,6 мин до 0,8 мин, т.е. в два раза. Соответственно это отразится и на общую трудоемкость выполнения операции, а именно с 2,08 мин до 1,28 мин.

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

Используя методику расчета капитальных вложений [20] определяем данную величину, которая составляет  $K_{ВВ.ПР} = 122264,08$  руб. Эти денежные средства потребуются нам на приобретение нового приспособления, объемов незавершенного производства и затрат, связанных с проектированием технологического процесса.

Учитывая то, что метод получения заготовки и ее материал по вариантам не изменились, поэтому расчет технологической себестоимости будем осуществлять без затрат на материал, т.к. эти значения существенного влияния на конечный результат не оказывают. Сравнительная структура технологической себестоимости изготовления детали «Фланец» по сравниваемым вариантам представлена на рисунке 6.1.

На базе полученных данных и с применением методики составления калькуляции полной себестоимости [20] мы рассчитываем ее значения для выполнения рассматриваемых операций. Согласно расчетам по базовому варианту полная себестоимость без учета затрат на материал, как обосновывалось ранее, составила 60,61 руб.; а по проектному варианту – 45,11 руб.

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

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

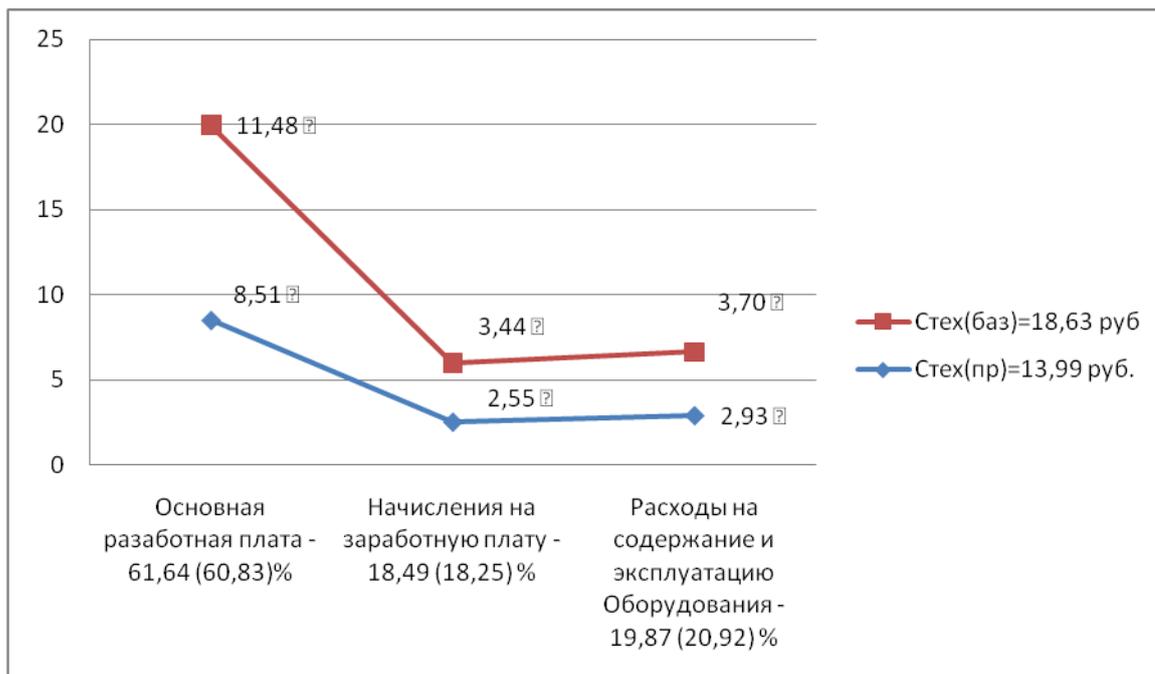


Рис. 6.1. Структура технологической себестоимости выполнения рассматриваемых операций, по базовому и проектному вариантам

$$P_{P.OЖ} = \mathcal{E}_{УГ} = (60,61 - 45,11) \cdot 10000 = 155000 \text{ руб.}$$

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

$$H_{ПРИБ} = 155000 \cdot 0,2 = 31000 \text{ руб.}$$

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

$$P_{P.ЧИСТ} = 155000 - 31000 = 124000 \text{ руб.}$$

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

$$T_{ОК.РАСЧ} = \frac{122264,08}{124000} + 1 = 1,99 = 2 \text{ года}$$

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

$$D_{ОБЩ.ДИСК} = P_{P.ЧИСТ.ДИСК}(T) = 124000 \cdot \left( \frac{1}{(1+0,2)^1} + \frac{1}{(1+0,2)^2} \right) = 151776 \text{ руб}$$

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

$$\mathcal{E}_{ИНТ} = ЧДД = 151776 - 12264,08 = 29511,92 \text{ руб.}$$

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

$$ИД = \frac{151776}{122264,08} = 1,24 \text{ руб./руб.}$$

Предлагаемые изменения по двум операциям 020 – Токарная чистовая и 025 – Фрезерная технологического процесса изготовления детали «Фланец», можно считать экономически обоснованными. Данное заключение можно сделать основываясь, во-первых, на том, что достигнуто снижение себестоимости выполнения данной операции на 25,57%. А во вторых, интегральный экономический эффект от изменений, согласно расчетам, составил 29511,92 руб., что также свидетельствует о эффективности работы. Кроме того окупаемость вложенных средств будет достигнута в течение двух лет, что тоже подтверждает наше заключение.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате проделанной работы нами разработан технологический процесс изготовления детали «фланец» редуктора заданного качества и количества деталей в год. Техпроцесс оснащен современным оборудованием и технологическими средствами.

Разработан план изготовления фланца.

На операции 015 Токарная чистовая и 025 Фрезерная разработаны технологические наладки.

Для закрепления заготовки на операции 015 разработана конструкция автоматизированного трехкулачкового патрона клинового типа.

Для обработки лысок на 025 фрезерной операции разработана конструкция дисковой фрезы.

В работе выполнен анализ на безопасность и экологичность технического объекта.

Экономический анализ показал эффективность работы.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Лебедев, В. А. Технология машиностроения : Проектирование технологий изготовления изделий : учеб. пособие для вузов / В. А. Лебедев, М. А. Тамаркин, Д. П. Гепта. - Гриф УМО. - Ростов-на-Дону : Феникс, 2008. - 361 с.
2. Марочник сталей и сплавов / сост. А. С. Зубченко [и др.] ; под ред. А. С. Зубченко. - 2-е изд., перераб. и доп. - Москва : Машиностроение, 2003. - 782 с.
3. Горбацевич, А.Ф. Курсовое проектирование по технологии машиностроения: учебное пособие для вузов/ А.Ф. Горбацевич, В.А. Шкред. М: – ООО ИД «Альянс.», 2007 – 256 с.
4. Суслов, А. Г. Технология машиностроения : учеб. для вузов / А. Г. Суслов. - 2-е изд., перераб. и доп. ; Гриф МО. - Москва : Машиностроение, 2007. - 429 с.
5. Козлов, А.А. Кузьмич, И.В. Разработка технологических процессов изготовления деталей машин: учеб.-метод. пособие по выполнению курсовых проектов по дисциплине «Основы технологии машиностроения» для студентов спец. 151001 «Технология машиностроения» / сост. А.А. Козлов, И.В. Кузьмич. – Тольятти: ТГУ, 2008. – 152 с.
6. Боровков, В.М. Заготовки в машиностроении : учеб. пособие для вузов по спец. 1201 "Технология машиностроения" / В. М. Боровков [и др.] ; ТГУ. - Гриф УМО; ТГУ. - Тольятти : ТГУ, 2007. - 67 с.
7. Справочник технолога-машиностроителя. В 2 т. Т. 1 / А. М. Дальский [и др.] ; под ред. А. М. Дальского [и др.]. - 5-е изд., испр. - Москва : Машиностроение-1, 2003. - 910 с.
8. Справочник технолога-машиностроителя. В 2 т. Т. 2 / А. М. Дальский [и др.] ; под ред. А. М. Дальского [и др.]. - 5-е изд., испр. - Москва : Машиностроение-1, 2003. - 941 с.

9. Афонькин, М.Г. Производство заготовок в машиностроении. / М.Г. Афонькин, В.Б. Звягин – 2-е изд., доп. и пер.ера. СПб: Политехника, 2007 – 380с.
10. ГОСТ 7505 – 89. Поковки стальные штампованные. Допуски, припуски и кузнечные напуски. – 36 с.
11. Режимы резания металлов : справочник / Ю. В. Барановский [и др.] ; под ред. А. Д. Корчемкина. - 4-е изд., перераб. и доп. - Москва : НИИТавтопром, 1995. - 456 с.
12. Станочные приспособления : справочник. В 2 т. Т. 1 / редсовет: Б. Н. Вардашкин (пред.) [и др.] ; ред. тома Б. Н. Вардашкин [и др.]. - Москва : Машиностроение, 1984. - 592 с.
13. Станочные приспособления : справочник. В 2 т. Т. 2 / редсовет: Б. Н. Вардашкин (пред.) [и др.] ; ред. тома Б. Н. Вардашкин [и др.]. - Москва : Машиностроение, 1984. - 655 с.
14. Кожевников, Д.В. Режущий инструмент [Электронный ресурс] : учебник / Д.В. Кожевников, В.А. Гречишников, С.В. Кирсанов [и др.]. - Электрон. дан. - М. : Машиностроение, 2014. — 520 с.
15. Справочник конструктора-инструментальщика / В. И. Баранчиков [и др.] ; под общ. ред. В. А. Гречишникова, С. В. Кирсанова. - 2-е изд., перераб. и доп. - Москва : Машиностроение, 2006. - 541 с.
16. Козлов, А. А. Проектирование механических цехов [Электронный ресурс] : электрон. учеб.-метод. пособие / А. А. Козлов ; ТГУ ; Ин-т машиностроения ; каф. "Оборудование и технологии машиностроит. пр-ва". - Тольятти : ТГУ, 2015. - 47 с.
17. Вороненко, В.П. Проектирование машиностроительного производства : учеб. для вузов / В. П. Вороненко, Ю. М. Соломенцев, А. Г. Схиртладзе. - 3-е изд., стер. ; Гриф МО. - Москва : Дрофа, 2007. - 380 с.
18. Бычков, В.Я. Безопасность жизнедеятельности. Учебное пособие. [Электронный ресурс] : учебное пособие / В.Я. Бычков, А.А. Павлов, Т.И. Чибисова. - Электрон. дан. - М. : МИСИС, 2009. - 146 с.

19. Горина, Л. Н. Раздел выпускной квалификационной работы «Безопасность и экологичность технического объекта». Уч.-методическое пособие. / Л. Н. Горина - Тольятти: изд-во ТГУ, 2016. – 33 с.
20. Зубкова, Н.В. Методические указания по экономическому обоснованию курсовых и дипломных работ по совершенствованию технологических процессов механической обработки деталей / Н.В. Зубкова – Тольятти : ТГУ, 2005. – 39 с.

# ПРИЛОЖЕНИЯ



<i>A11</i>	<i>XX. XX. XX 010 4233 Токарная черновая программная ИОТ № 63</i>
<i>B12</i>	<i>38 1021 5 Токарный станок с ЧПУ SAMAT-400XC 1 16045 322 1 1 1 1 142 1</i>
<i>O13</i>	<i>Точить поверхность 1, выдерживая размер 22.6<sub>-0.21</sub>; точить поверхность 2, выдерживая размер <math>\varnothing 173.2_{-0.40}</math>;</i>
<i>O14</i>	<i>точить поверхность 3, выдерживая размер <math>18.5 \pm 0.215</math>; точить поверхность 4, выдерживая размер <math>\varnothing 239_{-1.15}</math>.</i>
<i>МК</i>	



<b>Т13</b>	<i>392190 Резец сборный проходной правый Т15К6 ГОСТ 18878-82;</i>
<b>Т14</b>	<i>392190 Резец сборный расточной Т15К6 ГОСТ 9795 – 84; 392190 Резец канавочный Р6М5 ГОСТ 18885-73.</i>
<b>Т15</b>	<i>393410 Микрометр ГОСТ 6507-90; 393311 Штангенциркуль ШЦЦ – III – 250 – 0.05 ГОСТ 166-89;.</i>
<b>Т16</b>	<i>393120 Калибр – пробка для контроля отверстий ГОСТ 24851-81.</i>
<b>МК</b>	



O12	Фрезеровать поверхности 21 и 22, выдерживая оба размера $105 \pm 0.435$ .
T13	XXXXXX Приспособление специальное; 391820 Фреза дисковая Ø120 P6M5 ГОСТ 3964 – 69.
T14	393311 Штангенциркуль ШЦЦ – I – 250 – 0.05 ГОСТ 166-89.
A15	XX.XX.XX 030 4232 Сверлильная программная ИОТ № 75
Б16	38 1022 0 Вертикально-сверлильный с ЧПУ 2P135Ф2-1 1 16045 322 1 1 1 1 142 1
МК	



<b>T13</b>	<i>XXXXXX Угломер ГОСТ 5778 – 88.</i>										
<b>A14</b>	<i>XX.XX.XX 035 4175 Долбёжная ИОТ № 75</i>										
<b>Б15</b>	<i>38 1718 4</i>	<i>Долбёжный станок мод 7Д450</i>	<i>1</i>	<i>11883</i>	<i>322</i>	<i>1</i>	<i>1</i>	<i>1</i>	<i>1</i>	<i>142</i>	<i>1</i>
<b>O16</b>	<i>Долбить поверхности 13, 14 и 15, выдерживая размеры: <math>12^{+0.43}</math>, <math>90^0 \pm 30'</math>, <math>\varnothing 174^{+1.0}</math>.</i>										
<b>МК</b>											



О12	Шлифовать поверхность 4, выдерживая размер $\varnothing 238_{-1.15}$ ; шлифовать поверхность 3, выдерживая размер $18 \pm 0.215$ :
Б13	шлифовать поверхность 2, выдерживая размер $\varnothing 172.2_{-0.185}^{-0.085}$ .
О14	396110 Патрон мембранный ГОСТ 3889 – 80; 397130 Шлифовальный круг 1 200' 20' 76.2' 24А F40 К6 V 40м/с 2кл ГОСТ Р 52781-2007
Т15	394630 Прибор активного контроля БВ-6060-УНВ-40 ГОСТ 8517-80.
МК	



A11	<i>XX.XX.XX. 065 0130 Промывка ИОТ № 59</i>
Б12	<b>X74306 Промывочный агрегат мод. М2-400</b>
A13	<i>XX.XX.XX. 070 0220 Контрольная ИОТ № 91</i>
Б14	<b>X92122 Плита 1 – 1 – 630x400 ГОСТ 10905 - 86</b>
О15	<b>Контролировать 50% размеров детали</b>
МК	