

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 _____ Заичкин Дмитрий Константинович _____ гр. _____ ТМбз-1132 _____

1. Тема _____ Технологический процесс изготовления корпуса трехкулачкового рычажного патрона _____

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

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

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

Титульный лист.

Задание. Аннотация. Содержание.

Введение, цель работы.

1) Описание исходных данных.

2) Технологическая часть работы.

3) Проектирование приспособления и/или режущего инструмента.

4) Описание графической части работы.

5) Безопасность и экологичность работы.

б) Экономическая эффективность работы.

Заключение. Список используемой литературы.

Приложения: технологическая документация.

АННОТАЦИЯ

Выпускная квалификационная работа направлена на разработку технологического процесса изготовления корпуса трехкулачкового рычажного патрона. Осуществлено оснащение техпроцесса современными технологическими средствами. На токарную операцию разработано автоматизированное зажимное устройство. Спроектирован режущий инструмент – зенкер. Техпроцесс сопровождается технологической документацией.

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

СОДЕРЖАНИЕ

	Стр.
АННОТАЦИЯ	5
ВВЕДЕНИЕ, ЦЕЛЬ РАБОТЫ	8
1 ОПИСАНИЕ ИСХОДНЫХ ДАННЫХ	9
1.1 Назначение и условия работы детали	9
1.2 Классификация поверхностей детали	9
1.3 Анализ требований к поверхностям детали	10
1.4 Формулировка задач работы	12
2 ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ РАБОТЫ	13
2.1 Определение типа производства	13
2.2 Выбор стратегии разработки техпроцесса	13
2.3 Выбор метода получения заготовки	14
2.4 Выбор методов обработки поверхностей	16
2.5 Разработка технологического маршрута изготовления детали	19
2.6 Определение припусков	20
2.7 Проектирование заготовки	26
2.8 Выбор средств технологического оснащения	28
2.9 Расчет режимов резания	34
3 ПРОЕКТИРОВАНИЕ СТАНОЧНОГО ПРИСПОСОБЛЕНИЯ	81
3.1 Сбор исходных данных	81
3.2 Расчет сил резания	82
3.3 Расчет усилия зажима	82
3.4 Расчёт зажимного механизма	85
3.5 Расчёт силового привода	86
3.6 Расчёт погрешности установки заготовки в приспособлении	87
3.7 Описание конструкции и работы приспособления	89
4 ПРОЕКТИРОВАНИЕ РЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА	90
5 ОПИСАНИЕ ГРАФИЧЕСКОЙ ЧАСТИ РАБОТЫ	

6 БЕЗОПАСНОСТЬ И ЭКОЛОГИЧНОСТЬ ТЕХНИЧЕСКОГО
ОБЪЕКТА

7 ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ РАБОТЫ

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

ВВЕДЕНИЕ, ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Продуктом конечной стадии машиностроительного производства, в зависимости от его назначения, является изделие или детали и узлы изделия.

Для своего производства машиностроители получают с металлургических заводов материалы – всевозможные стали, сплавы и заготовки.

На машиностроительном заводе отдел главного технолога занимается разработкой технологического процесса изготовления деталей изделия и конструкций специальных приспособлений, режущего и измерительного инструмента. Инструментальный цех готовит всю технологическую оснастку.

После технической подготовки производства приступают к изготовлению деталей, из которых затем собирают изделия.

В производственном процессе объединены все основные компоненты и вспомогательные процессы, связанные с изготовлением деталей машин и их сборкой. К вспомогательным процессам относятся, например, транспортировка заготовок деталей, контроль изделий, изготовление инструментов и приспособлений, упаковка готовой продукции и так далее.

Технологический процесс включает в себя все виды механической обработки, термическую обработку и сборку. Механическая обработка предназначена для изменения размеров и формы заготовки, термическая – для изменения физических свойств материала, а сборка – для последовательного соединения деталей в узлы и готовые изделия.

Целью выпускной квалификационной работы является разработка технологического процесса изготовления корпуса трехкулачкового рычажного патрона заданного качества с наименьшими затратами.

1 ОПИСАНИЕ ИСХОДНЫХ ДАННЫХ

1.1 Назначение и условия работы детали.

Корпус патрона предназначен для сборки и правильной ориентации деталей в узле и функционирования сборочного изделия.

1.2 Классификация поверхностей детали.

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

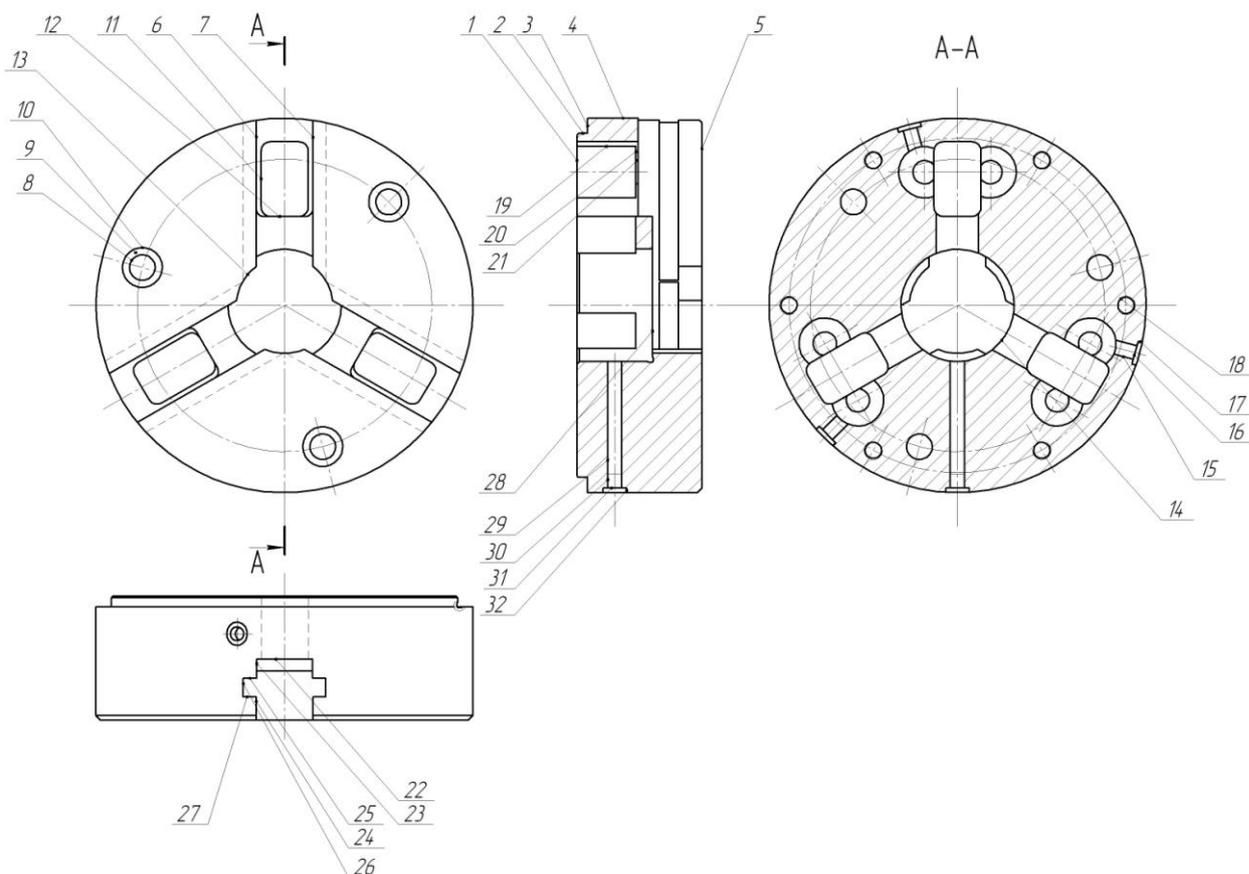


Рис. 1.1. Систематизация поверхностей детали

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

Результаты систематизации занесем в табл. 1.1.

Таблица 1.1 - Систематизация поверхностей

Тип поверхности	Номер поверхности
Исполнительные поверхности	25, 27
Основные конструкторские базы	2, 3
Вспомогательные конструкторские базы	1, 6, 7, 9, 14, 15, 18, 19, 20, 24, 28, 30, 31
Свободные поверхности	остальные

Исполнительными называются те поверхности, которые выполняют служебное назначение детали. В нашем случае это поверхности пазов (25, 27), по которым двигаются кулачки патрона.

Основными конструкторскими базами называются поверхности, при помощи которых осуществляется ориентирование детали в узле. Таковыми являются шейка 2 и торец 3.

Вспомогательными конструкторскими базами называются поверхности, которые осуществляют ориентирование остальных деталей относительно детали. У нашей детали ВКБ являются поверхности 1, 6, 7, 9, 14, 15, 18, 19, 20, 24, 28, 30 и 31.

Остальные поверхности будут свободными.

1.3. Анализ требований к поверхностям детали.

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

Таблица 1.2 - Химический состав стали 19ХГН

Хим. Элемент	Содержание, %
С (углерод)	0,16...0,21
Si (кремний)	0,17...0,37
Mn (марганец)	0,7...1,0
Ni (никель)	0,8...1,1
S (сера)	до 0,035
P (фосфор)	до 0,035
Cr (хром)	0,8...1,1
Mo (молибден)	до 0,1
Fe (железо)	остальное

Таблица 1.3 - Физико-механические свойства стали 19ХГН

σ_T	σ_B	δ_5	KCU	НВ
МПа	МПа	%	Дж/см ²	Не более
930	1180	7	690	217

Согласно данным таблиц 1.2 и 1.3 свойства стали 19ХГН ГОСТ 4543-71 по характеристикам соответствуют необходимым требованиям нашей детали.

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

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

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

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

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

1.4 Формулировка задач работы.

Выполнив анализ технических требований, сформулируем задачи, которые будут решаться для достижения цели работы: разработка технологического процесса изготовления корпуса трехкулачкового рычажного патрона заданного качества с наименьшими затратами.

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

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

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

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

5) рассчитать или выбрать припуски по операциям ТП;

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

7) на одну из операций техпроцесса спроектировать режущий инструмент;

8) для одной из операций спроектировать станочное приспособление.

Решению поставленных задач посвящены последующие разделы работы.

2 ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ РАБОТЫ

2.1 Определение типа производства.

Для формирования стратегии разработки техпроцесса выберем тип производства, который зависит на первом этапе от массы детали и годовой программы выпуска. Для нашего случая ($m = 5,6$ кг, $N_{г} = 5000$ шт/год) выберем тип производства из табл. 2.1.

Таблица 2.1. Определение типа производства

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

Масса детали 5,6 кг и годовая программа выпуска в 5000 деталей в год соответствует среднесерийному типу производства. [2]

2.2 Выбор стратегии разработки техпроцесса.

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

Руководствуясь [3], принимаем следующую стратегию разработки техпроцесса:

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

- 3) заготовка – штамповка на ГКМ или прокат.
- 4) припуск на обработку – незначительный.
- 5) расчет припусков – подробный по переходам.
- 6) оборудование – универсальное, специализированное с ЧПУ.
- 7) загрузка оборудования – периодическая смена деталей на станках.
- 8) коэффициент закрепления операций – $K_{30}=1 \dots 40$.
- 9) настройка станков – по измерительным инструментам и приборам.
- 10) оснастка – универсальная и специальная.
- 11) подробность разработки – операционные и маршрутные карты.
- 12) расчет режимов резания – по отраслевым нормативам и эмпирическим формулам.
- 13) нормирование – детальное пооперационное.
- 14) квалификация рабочих – различная.
- 15) использование достижений науки – значительное.

2.3 Выбор метода получения заготовки.

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

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

Таблица 2.2

Исходные данные		
Наименование показателей	Способ 1	Способ 2
Вид заготовки	Штамповка	Прокат Ø164x58,5
Класс точности/сложности	4/2	-

Продолжение табл. 2.2

Масса заготовки, кг	9,24	9,87
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	5,6	5,6

Определим стоимость срезания 1 кг стружки при механической обработке [4].

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

где E_n – нормальный коэффициент эффективности капитальных вложений;

$$E_n = 0,15 [4];$$

C_c – текущие затраты на 1 кг стружки, руб/кг; $C_c = 0,495$ руб/кг – для машиностроения в целом [4];

C_k – капитальные затраты на 1 кг стружки, руб/кг; $C_k = 1,085$ руб/кг – для машиностроения в целом [4].

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 [4].

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

где $C_{шт}$ – базовая стоимость 1 кг штампованных заготовок, руб; $C_{шт} = 0,315$ руб [4];

k_T – коэффициент, зависящий от класса точности; $k_T = 0,9$ – для четвертого класса точности [4];

k_c – коэффициент, зависящий от группы сложности; $k_c = 0,84$ – для второй группы сложности [4];

k_B – коэффициент, зависящий от массы заготовки; $k_B = 1,14$ – для заготовки массой от 5,0 до 10 кг [4];

k_m - коэффициент, зависящий от марки материала; $k_m = 1,0$ – для стали 19ХГН [4];

k_p - коэффициент, зависящий от объема производства; $k_p = 1,0$ [4].

Тогда по формуле (2.2) имеем:

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

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

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

где $Q_{шт}$ – масса заготовки, кг; $Q_{шт} = 9,24$ кг – по расчету;

q – масса детали, кг; $q = 5,6$ кг – по условию;

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

Тогда по формуле (2.3) имеем:

$$C_{ми} = 0,2715 \cdot 9,24 + 0,6578 (9,24 - 5,6) - 0,0144 (9,24 - 5,6) = 4,8506 \text{ руб.}$$

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

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

где $Q_{пр}$ – масса заготовки из проката, кг; $Q_{пр} = 9,67$ кг – по расчету.

Тогда по формуле (2.4) имеем:

$$C_{ми} = 0,2219 \cdot 9,87 + 0,6578 (9,87 - 5,6) - 0,0144 (9,87 - 5,6) = 4,9374 \text{ руб.}$$

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

При этом мы наблюдаем годовую экономию:

$$\Delta_2 = C_{пр} - C_{шт} N_2 = 4,9374 - 4,8506 \cdot 3000 = 434 \text{ руб.}$$

2.4 Выбор методов обработки поверхностей.

Качество обрабатываемой поверхности, а именно точность, определяемая качеством ИТ, и шероховатость Ra , зависят от метода ее обработки. Метод завершающей (финишной) обработки, т. е. содержание

завершающего перехода, берем из показателей, назначенных рабочим чертежом. В зависимости от содержания первого и последнего переходов, установим промежуточные. При определении маршрутов обработки пытаемся снизить разнообразие применяемого оборудования, приспособлений, и инструментов.

Методы обработки поверхностей сведены в таблицу 2.3.

Таблица 2.3 - Методы обработки поверхностей

№ поверхности	Квалитет точности	Шероховатость Ra	Последовательность обработки
1	14	0,8	Токарная черновая, Токарная чистовая, Шлифовальная черновая, Шлифовальная чистовая
2	6	0,4	Токарная черновая, Токарная чистовая, Шлифовальная черновая, Шлифовальная чистовая, Полировальная
3	12	0,4	Токарная черновая, Токарная чистовая, Шлифовальная черновая, Шлифовальная чистовая, Полировальная
4	11	3,2	Токарная черновая, Токарная чистовая
5	14	3,2	Токарная черновая, Токарная чистовая
6	7	0,8	Токарная черновая, Токарная чистовая, Шлифовальная черновая, Шлифовальная чистовая

Продолжение табл. 2.3

7	7	0,8	Токарная черновая, Токарная чистовая, Шлифовальная черновая, Шлифовальная чистовая
8	14	6,3	Сверлильная
9	14	6,3	Сверлильная
10	14	6,3	Сверлильная
11	12	6,3	Фрезерная
12	12	6,3	Фрезерная
13	14	6,3	Токарная черновая, Токарная чистовая
14	7	0,8	Токарная черновая, Токарная чистовая, Шлифовальная черновая, Шлифовальная чистовая
15	9	1,6	Сверлильная
16	14	6,3	Сверлильная
17	14	6,3	Сверлильная
18	10	3,2	Сверлильная
19	7	1,6	Сверлильная
20	9	6,3	Сверлильная
21	14	6,3	Сверлильная
22	14	6,3	Фрезерная
23	11	6,3	Фрезерная
24	7	0,8	Фрезерная, Шлифовальная
25	7	0,4	Фрезерная, Шлифовальная черновая, Шлифовальная чистовая, Полировальная
26	14	6,3	Фрезерная

Продолжение табл. 2.3

27	7	0,4	Фрезерная, Шлифовальная черновая, Шлифовальная чистовая, Полировальная
28	8	1,6	Токарная черновая, Токарная чистовая, Шлифовальная
29	14	12,5	Сверлильная
30	9	1,6	Сверлильная
31	14	6,3	Сверлильная
32	14	6,3	Сверлильная

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	2, 14 1, 3, 13, 28	12 14	12,5
010	Токарная черновая	4, 5	14	12,5
015	Токарная чистовая	2, 14 1, 3 28	9 14 14	3,2 3,2 6,3
020	Токарная чистовая	4, 5	14	6,3
025	Фрезерная	6, 7, 24, 25, 27 8, 9, 10, 22, 23, 26	9 14	3,2 6,3

Продолжение табл. 2.4

030	Сверлильная	19	7	1,6
		18	9	6,3
		20, 21	14	6,3
035	Сверлильная	15, 30	9	1,6
		16, 17, 31, 32	14	6,3
		29	14	12,5
045	Торцекруглошлифовальная черновая	2	8	1,6
		1, 3	14	
050	Внутришлифовальная черновая	14	8	1,6
		28	14	
055	Плоскошлифовальная черновая	6, 7	8	1,6
		25, 27	9	
060	Торцекруглошлифовальная чистовая	2	6	0,8
		1, 3	14	
065	Внутришлифовальная чистовая	14	7	0,8
070	Плоскошлифовальная чистовая	6, 7	7	0,8
		25, 27	9	
075	Полировальная	2	6	0,4
		3	14	
080	Полировальная	25, 27	9	0,4

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

2.6 Определение припусков.

Определяем припуски на обработку самой точной поверхности расчетно-аналитическим методом. Расчет припусков будем вести по размеры поверхности $\varnothing 147_{js6}(\pm 0.0125)$ мм. Технологический маршрут обработки

данной поверхности состоит из: точения черного, точения чистового, термообработки, шлифования черного и шлифования чистового и полирования.

Исходные данные:

1. $d = \varnothing 147_{js6}(\pm 0.0125)$ мм; $L = 4$ мм; $Ra = 0,4$ мкм.

На данную поверхность назначаем переходы:

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

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

Для каждого перехода определяем суммарную величину

$$a = R_z + h_o,$$

где R_z – максимальная высота неровностей профиля поверхности, мм;

h_o – глубина дефектного слоя, мм.

Значения заносим в графу 5 таблицы 2.5.

По формуле

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

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

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

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

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

$$\Delta_{03} = 0,25 \cdot 0,063 = 0,013, \text{ мм.}$$

$$\Delta_{04} = 0,25 \cdot 0,025 = 0,008, \text{ мм.}$$

$$\Delta_{05} = 0,25 \cdot 0,025 = 0,008, \text{ мм.}$$

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

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

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

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

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

$$Z_{1\min} = a_0 + \sqrt{\sigma_0^2 + \varepsilon_1^2} = 0,4 + \sqrt{0,625^2 + 0,025^2} = 1,025, \text{ мм.}$$

$$Z_{2\min} = a_1 + \sqrt{\sigma_1^2 + \varepsilon_2^2} = 0,2 + \sqrt{0,100^2 + 0} = 0,300, \text{ мм.}$$

$$Z_{3\min} = a_2 + \sqrt{\sigma_{T0}^2 + \varepsilon_3^2} = 0,1 + \sqrt{0,040^2 + 0^2} = 0,140, \text{ мм.}$$

$$Z_{4\min} = a_3 + \sqrt{\sigma_3^2 + \varepsilon_4^2} = 0,05 + \sqrt{0,013^2 + 0} = 0,063, \text{ мм.}$$

$$Z_{5\min} = a_4 + \sqrt{\sigma_4^2 + \varepsilon_5^2} = 0,03 + \sqrt{0,008^2 + 0} = 0,038, \text{ мм.}$$

Максимальное значение припуска определяем по формуле

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

$$Z_{1\max} = Z_{1\min} + 0,5(\sigma_{d_0} + Td_1) = 1,025 + 0,5(2,5 + 0,400) = 2,475, \text{ мм.}$$

$$Z_{2\max} = Z_{2\min} + 0,5(\sigma_{d_1} + Td_2) = 0,300 + 0,5(0,400 + 0,100) = 0,550, \text{ мм.}$$

$$Z_{3\max} = Z_{3\min} + 0,5(\sigma_{d_2} + Td_3) = 0,140 + 0,5(0,100 + 0,063) = 0,222, \text{ мм.}$$

$$Z_{4\max} = Z_{4\min} + 0,5(\sigma_{d_3} + Td_4) = 0,063 + 0,5(0,063 + 0,025) = 0,107, \text{ мм.}$$

$$Z_{5\max} = Z_{5\min} + 0,5(\sigma_{d_4} + Td_5) = 0,038 + 0,5(0,025 + 0,025) = 0,063, \text{ мм.}$$

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.

$$d_{5\min} = 146,9875 \text{ мм.}$$

$$d_{5\max}=147,0125 \text{ мм.}$$

$$d_{4\min}=d_{5\max}+2Z_{5\min}=147,0125+2 \cdot 0,038=147,089, \text{ мм.}$$

$$d_{4\max}=d_{4\min}+Td_5=147,089+0,025=147,114, \text{ мм.}$$

$$d_{3\min}=d_{4\max}+2Z_{4\min}=147,114+2 \cdot 0,063=147,240, \text{ мм.}$$

$$d_{3\max}=d_{3\min}+Td_4=147,240+0,025=147,265, \text{ мм.}$$

$$d_{TO\min}=d_{3\max}+2Z_{3\min}=147,265+2 \cdot 0,140=147,545, \text{ мм.}$$

$$d_{TO\max}=d_{TO\min}+Td_{TO}=147,545+0,160=147,705, \text{ мм.}$$

$$d_{2\min}=d_{TO\min} - 0,999=147,705 - 0,999=147,557, \text{ мм.}$$

$$d_{2\max}=d_{2\min}+Td_2=147,557+0,100=147,657, \text{ мм.}$$

$$d_{1\min}=d_{2\max}+2Z_{2\min}=147,657+2 \cdot 0,300=148,257, \text{ мм.}$$

$$d_{1\max}=d_{1\min}+Td_1=148,257+0,400=148,657, \text{ мм.}$$

$$d_{0\min}=d_{1\max}+2Z_{1\min}=148,657+2 \cdot 1,025=150,707, \text{ мм.}$$

$$d_{0\max}=d_{0\min}+Td_0=150,707+2,5=153,207, \text{ мм.}$$

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

Определяем средние значения размера для каждого перехода по формуле

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

$$d_{cp0} = 0,5 (d_{0\max} + d_{0\min}) \approx 0,5(153,207+150,707) = 151,957, \text{ мм.}$$

$$d_{cp1} = 0,5 (d_{1\max} + d_{1\min}) \approx 0,5(148,657+148,257) = 148,457, \text{ мм.}$$

$$d_{cp2} = 0,5 (d_{2\max} + d_{2\min}) \approx 0,5(147,657+147,557) = 147,607, \text{ мм.}$$

$$d_{cpTO} = 0,5 (d_{TO\max} + d_{TO\min}) \approx 0,5(147,705+147,545) = 147,625, \text{ мм.}$$

$$d_{cp3} = 0,5 (d_{3\max} + d_{3\min}) \approx 0,5(147,265+147,240) = 147,253, \text{ мм.}$$

$$d_{cp4} = 0,5 (d_{4\max} + d_{4\min}) \approx 0,5(147,114+147,089) = 147,102, \text{ мм.}$$

$$d_{cp5} = 0,5 (d_{5\max} + d_{5\min}) \approx 0,5(147,0125+146,9875) = 147,000, \text{ мм.}$$

Значения заносим в графу 13 таблицы.

Определяем общий припуск на обработку по формулам

$$2Z_{\min} = d_{0\min} - d_{5\max}$$

$$2Z_{\max} = 2Z_{\min} + Td_0 + Td_5$$

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

$$2Z_{min} = 150,707 - 147,0125 = 3,695, \text{ мм.}$$

$$2Z_{max} = 3,695 + 2,5 + 0,025 = 6,220, \text{ мм.}$$

$$2Z_{cp} = 0,5(6,220 + 3,695) = 4,958, \text{ мм.}$$

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

Схема расположения допусков приведена на рисунке 2.1.

Таблица 2.5 - Припуски и операционные размеры на пов. $\varnothing 147js6(\pm 0,0125)$ мм.

№ пов.	Наименов. перехода	Точность		Составляющие припуска			Припуск, мм			Предельные размеры, мм		
		IT	Td, мм	a	Δ	ε	Z _{min}	Z _{max}	Z _{cp}	d _{min}	d _{max}	d _{cp}
0	Штамповка	16	2,400	0,4	0,635	-	-	-	-	153,207	150,707	151,957
1	Точение черновое	12	0,400	0,2	0,100	0,025	1,025	2,475	1,750	148,657	148,257	148,457
2	Точение чистовое	9	0,100	0,1	0,025	0	0,300	0,550	0,425	147,657	147,557	147,607
3	Термическая обработка	10	0,160	0,2	0,040	-	-	-	-	147,705	147,545	147,625
4	Шлифование черновое	7	0,063	0,1	0,013	0	0,140	0,222	0,181	147,265	147,240	147,253
5	Шлифование чистовое	6	0,025	0,05	0,008	0	0,063	0,107	0,085	147,114	147,089	147,102
6	Полирование	6	0,025	0,003	0,008	0	0,038	0,063	0,051	147,0125	146,09875	147,000
Суммарный припуск 2Z							2Z _{min} =3,695	2Z _{max} =6,220	2Z _{cp} =4,958			

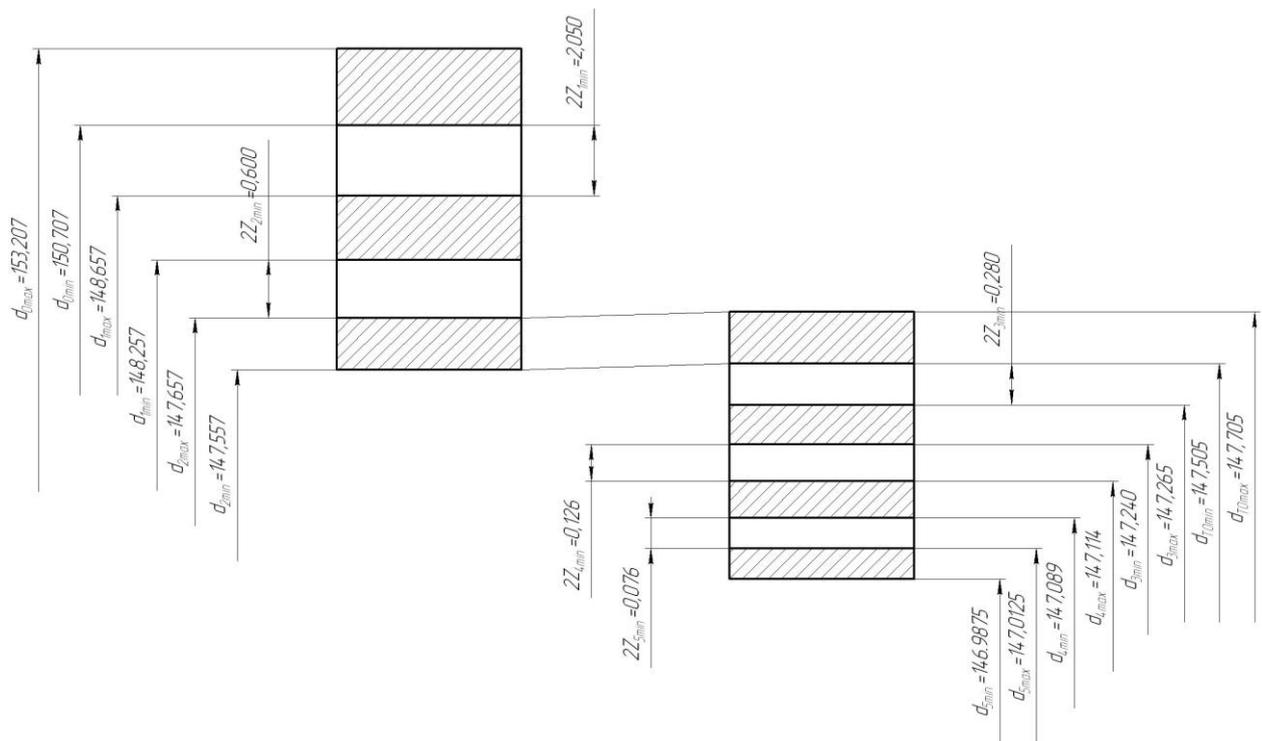


Рис. 2.1. Схема расположения припусков и полей допусков на пов. $\varnothing 147js6(\pm 0.0125)$.

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 1 и 4);
- 3) так же при проектировании заготовки необходимо учитывать технические требования, предъявляемые к точности штамповки, и штамповочные уклоны.

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 [6].
- 2) Штамповка на ГКШП относится к классу точности Т3.
- 3) Определим степень сложности поковки.

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

В нашем случае такой подходящей геометрической фигурой является цилиндр.

Массы штамповки и цилиндра найдем с помощью трехмерного проектирования.

$$G_{\Pi} = 5,60 \text{ кг.}$$

$$G_{\Phi} = 9,24 \text{ кг.}$$

$$\frac{G_{\Pi}}{G_{\Phi}} = \frac{5,60}{9,24} = 0,61 .$$

Степень сложности поковки выберем по таблице 2.5 [6].

Таблица 2.5 - Определение степени сложности штамповки

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

По этому показателю оцениваем степень сложности штамповки C2.

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

По ГОСТ 7505-89 [6] определяем исходный индекс заготовки – 10.

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 2.6.

Таблица 2.6 - Выбор технологического оборудования.

Номер и наименование операции	Оборудование
005 Токарная черновая с ЧПУ	Токарный станок с ЧПУ СА500СФ3К
010 Токарная черновая с ЧПУ	Токарный станок с ЧПУ СА500СФ3К
015 Токарная чистовая с ЧПУ	Токарный станок с ЧПУ СА500СФ3К
020 Токарная чистовая с ЧПУ	Токарный станок с ЧПУ СА500СФ3К
025 Фрезерная с ЧПУ	Вертикально-фрезерный с ЧПУ 6ДМ13Ф1
030 Сверлильная с ЧПУ	Вертикально-сверлильный с ЧПУ 2Р135Ф2-1
035 Сверлильная с ЧПУ	Вертикально-сверлильный с ЧПУ 2Р135Ф2-1
045 Торцекруглошлифовальная черновая	Торцекруглошлифовальный с ЧПУ ШХ4-104Ф20
050 Внутришлифовальная черновая	Внутришлифовальный станок с ЧПУ 3М225ВФ2
055 Координатно-шлифовальная черновая	Координатно-шлифовальный станок с ЧПУ 32М83СФ10
060 Торцекруглошлифовальная чистовая	Торцекруглошлифовальный с ЧПУ ШХ4-104Ф20
065 Внутришлифовальная чистовая	Внутришлифовальный станок с ЧПУ 3М225ВФ2
070 Координатно-шлифовальная чистовая	Координатно-шлифовальный станок с ЧПУ 32М83СФ10

Продолжение табл. 2.6

075 Полировальная	Шлифовально-полировальный станок 3853
080 Полировальная	Шлифовально-полировальный станок 6ШП-100М
085 Моечная	Моечная машина
090 Контрольная	Контрольный стол

2.8.2 Выбор приспособлений.

Данные по выбору приспособлений занесем в таблицу 2.7.

Таблица 2.7 - Выбор приспособлений.

Номер и наименование операции	Приспособления
005 Токарная черновая с ЧПУ	Патрон самоцентрирующий трехкулачковый ГОСТ 2675-80
010 Токарная черновая с ЧПУ	Патрон самоцентрирующий трехкулачковый ГОСТ 2675-80
015 Токарная чистовая с ЧПУ	Патрон самоцентрирующий трехкулачковый ГОСТ 2675-80
020 Токарная чистовая с ЧПУ	Патрон самоцентрирующий трехкулачковый ГОСТ 2675-80
025 Фрезерная	Специальное зажимное устройство
030 Сверлильная	Универсальная делительная головка ГОСТ 8615-89
035 Сверлильная	Универсальная делительная головка ГОСТ 8615-89
045 Торцекруглошлифовальная черновая	Мембранный патрон (кулачковый) ГОСТ 3889-80

Продолжение табл. 2.7

050 Внутришлифовальная черновая	Мембранный патрон (кулачковый)
---------------------------------	--------------------------------

		ГОСТ 3889-80	
055	Координатно-шлифовальная черновая	Мембранный патрон	(кулачковый)
		ГОСТ 3889-80	
060	Торцекруглошлифовальная черновая	Мембранный патрон	(кулачковый)
		ГОСТ 3889-80	
065	Внутришлифовальная черновая	Мембранный патрон	(кулачковый)
		ГОСТ 3889-80	
070	Координатно-шлифовальная черновая	Мембранный патрон	(кулачковый)
		ГОСТ 3889-80	
075	Полировальная	Мембранный патрон	(кулачковый)
		ГОСТ 3889-80	
080	Полировальная	Мембранный патрон	(кулачковый)
		ГОСТ 3889-80	

2.8.3 Выбор режущего инструмента.

Данные по выбору режущего инструмента сведем в таблицу 2.8.

Таблица 2.8 - Выбор режущего инструмента

Номер и наименование операции	Режущий инструмент
005 Токарная черновая с ЧПУ	1) Резец сборный проходной правый Т15К6 ГОСТ 18878-73; 2) Резец расточный Т15К6 ГОСТ 18882-73.
010 Токарная черновая с ЧПУ	Резец сборный проходной правый Т15К6 ГОСТ 18878-73.
Продолжение табл. 2.8	
015 Токарная чистовая с ЧПУ	1) Резец сборный проходной правый Т15К6 ГОСТ 18878-73;

	2) Резец расточный Т15К6 ГОСТ 18882-73;
	3) Резец канавочный Т15К6 ГОСТ 18885-73;
	4) Резец канавочный Т15К6 ГОСТ 18885-73.
020 Токарная чистовая с ЧПУ	Резец сборный проходной правый Т15К6 ГОСТ 18878-73.
025 Фрезерная	1) Сверло спиральное Р6М5 ГОСТ 2034-80 – 2 шт.;
	2) Фреза концевая Т15К6 ГОСТ 17025-71;
	3) Фреза торцовая специальная Р6М5;
	4) Цековка цилиндрическая Р6М5 ГОСТ 26258-87.
030 Сверлильная	1) Сверло спиральное Р6М5 ГОСТ 2034-80 – 2 шт.;
	2) Метчик машинный М8 Р6М5 ГОСТ 3266-81;
	3) Зенкер цилиндрический Р6М5 ГОСТ 1676-88;
	4) Развертка цилиндрическая Р6М5 ГОСТ 1523-81.
035 Сверлильная	1) Сверло спиральное Р6М5 ГОСТ 2034-80 – 3 шт.;
	2) Зенкер цилиндрический Р6М5 ГОСТ 12489-71;
Продолжение табл. 2.8	3) Цековка цилиндрическая Р6М5 ГОСТ 26258-87.

045	Торцекруглошлифовальная черновая	Шлифовальный круг ГОСТ Р 52781-2007.
050	Внутришлифовальная черновая	Шлифовальный круг ГОСТ Р 52781-2007.
055	Координатно-шлифовальная черновая	Шлифовальный круг ГОСТ Р 52781-2007.
060	Торцекруглошлифовальная чистовая	Шлифовальный круг ГОСТ Р 52781-2007.
065	Внутришлифовальная чистовая	Шлифовальный круг ГОСТ Р 52781-2007.
070	Координатно-шлифовальная чистовая	Шлифовальный круг ГОСТ Р 52781-2007.
075	Полировальная	Лепестковый полировальный круг ГОСТ Р 51967-2003
080	Полировальная	Лепестковый полировальный круг ГОСТ Р 51967-2003

2.8.4 Выбор средств контроля.

Выберем средства контроля и сведем данный выбор в таблицу 2.9.

Таблица 2.9 - Выбор средств контроля

Номер и наименование операции	Мерительный инструмент
005 Токарная черновая с ЧПУ	1) Штангенциркуль ШЦ-I-100-0,05 ГОСТ 166-80; 2) Калибр-пробка для контроля отверстий ГОСТ 3882-77.
010 Токарная черновая с ЧПУ	Штангенциркуль ШЦ-III-250-0,05 ГОСТ 166-80.
015 Токарная чистовая с ЧПУ	1) Штангенциркуль ШЦ-III-250-0,05

	ГОСТ 166-80;
	2) Калибр-пробка для контроля отверстий ГОСТ 3882-77.
	3) Микрометр ГОСТ 6507-90.
020 Токарная чистовая с ЧПУ	1) Штангенциркуль ШЦ-Ш-250-0,05 ГОСТ 166-80;
	2) Микрометр ГОСТ 6507-90.
025 Фрезерная	1) Штангенциркуль ШЦ-Ш-250-0,05 ГОСТ 166-80;
	2) Калибр-пробка для контроля отверстий ГОСТ 3882-77 – 2 шт.;
	3) Угломер ГОСТ 5378-88.
030 Сверлильная	1) Штангенциркуль ШЦ-Ш-250-0,05 ГОСТ 166-80;
	2) Калибр-пробка для контроля отверстий ГОСТ 3882-77 – 3 шт.;
	3) Угломер ГОСТ 5378-88.
035 Сверлильная	1) Штангенциркуль ШЦ-Ш-250-0,05 ГОСТ 166-80;
	2) Калибр-пробка для контроля отверстий ГОСТ 3882-77 – 2 шт.;
	3) Угломер ГОСТ 5378-88.
045 Торцекруглошлифовальная черновая	Прибор активного контроля БВ-6060- УНВ-40 ГОСТ 8517-80.

Продолжение табл. 2.9

050	Внутришлифовальная черновая	Прибор активного контроля БВ-6060- УНВ-40 ГОСТ 8517-80.
055	Координатно-шлифовальная	Прибор активного контроля БВ-6060-

черновая	УНВ-40 ГОСТ 8517-80.
060 Торцекруглошлифовальная чистовая	1) Прибор активного контроля БВ-6060-УНВ-40 ГОСТ 8517-80; 2) Калибр для контроля зубьев.
065 Внутришлифовальная чистовая	Прибор активного контроля БВ-6060-УНВ-40 ГОСТ 8517-80.
070 Координатно-шлифовальная чистовая	Прибор активного контроля БВ-6060-УНВ-40 ГОСТ 8517-80.
075 Полировальная	Пофилограф-профилометр ГОСТ 19300-86
080 Полировальная	Пофилограф-профилометр ГОСТ 19300-86

2.9 Расчет режимов резания.

2.9.1 Расчет режимов резания на операцию 005 Токарная черновая с ЧПУ.

Точить поверхность 3, выдерживая размер $4,18_{-0,1}$; точить поверхность 2, выдерживая размер $\varnothing 148_{js12\pm 0,2}$; точить поверхность 1, выдерживая размер $54,5\pm 0,37$; точить поверхность 14, выдерживая размер $\varnothing 46,7H12^{+0,25}$; точить поверхность 28, выдерживая размер $21,5^{+0,1}$; точить поверхность 13, выдерживая размер $\varnothing 41^{+0,62}$.

Переход 1. Точить поверхность 3, выдерживая размер $4,18_{-0,1}$; точить поверхность 2, выдерживая размер $\varnothing 148_{js12\pm 0,2}$; точить поверхность 1, выдерживая размер $54,5\pm 0,37$.

Глубина резания $t = 2,5$ мм.

По [7] определим подачу $S_0 = 0,3$ мм/об.

По [7] 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 19ХГН [7];

$K_2=1,0$ – для твердого сплава Т15К6 [7];

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

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

Частота вращения

$$n = \frac{1000V}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 180}{3,14 \cdot 164} = 349,5, \text{ мин}^{-1}.$$

Принимаем $n_{\phi}=315 \text{ мин}^{-1}$.

Фактическая скорость резания

$$V_{\phi} = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 164 \cdot 315}{1000} = 162,2, \text{ м/мин.}$$

Минутная подача

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

Основное время

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

Переход 2. Точить поверхность 14, выдерживая размер $\phi 46,7H12^{+0,25}$; точить поверхность 28, выдерживая размер $21,5^{+0,1}$; точить поверхность 13, выдерживая размер $\phi 41^{+0,62}$.

Глубина резания $t = 2,5$ мм.

По [7] определим подачу $S_0=0,3$ мм/об.

По [7] 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 19ХГН [7];

$K_2=1,0$ – для твердого сплава Т15К6 [7];

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

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

Частота вращения

$$n = \frac{1000V}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 180}{3,14 \cdot 46,7} = 1227,5, \text{ мин}^{-1}.$$

Принимаем $n_{\phi}=1000 \text{ мин}^{-1}$.

Фактическая скорость резания

$$V_{\phi} = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 46,7 \cdot 1000}{1000} = 146,6, \text{ м/мин.}$$

Минутная подача

$$S = S_0 \cdot n = 0,3 \cdot 1000 = 300, \text{ мм/мин.}$$

Основное время

$$T_0 = \frac{L_{px}}{S} = \frac{60}{300} = 0,20, \text{ мин.}$$

Основное время всей операции

$$T_0 = \sum T_{0i} = 0,76 + 0,20 = 0,96, \text{ мин.}$$

2.9.2 Расчет режимов резания на операцию 010 Токарная черновая с ЧПУ.

Точить поверхность 4, выдерживая размер $\phi 160,6_{-0,40}$; точить поверхность 5, выдерживая размер $54,2 \pm 0,37$.

Глубина резания $t = 2,5$ мм.

По [7] определим подачу $S_0=0,3$ мм/об.

По [7] 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 19ХГН [7];

$K_2=1,0$ – для твердого сплава Т15К6 [7];

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

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

Частота вращения

$$n = \frac{1000V}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 180}{3,14 \cdot 160,6} = 356,9, \text{ мин}^{-1}.$$

Принимаем $n_{\phi}=315$ мин⁻¹.

Фактическая скорость резания

$$V_{\phi} = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 160,6 \cdot 315}{1000} = 158,8, \text{ м/мин.}$$

Минутная подача

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

Основное время

$$T_0 = \frac{L_{px}}{S} = \frac{56}{94,5} = 0,59, \text{ мин.}$$

2.9.3 Расчет режимов резания на операцию 015 Токарная чистовая с ЧПУ.

Выполнить две канавки, выдерживая размеры 0,3, 2^{+0,1}, 45°; точить поверхность 3, выдерживая размер 4,18_{-0,1}; точить поверхность 2,

выдерживая размер $\varnothing 147,52 \pm 0,05$; выполнить фаску $0,6 \times 45^\circ$; точить поверхность 1, выдерживая размер $53,9 \pm 0,37$; точить поверхность 14, выдерживая размер $\varnothing 47,3 \text{H}9^{(+0,062)}$; точить поверхность 28, выдерживая размер $21,2^{+0,05}$.

Переход 1. Выполнить наружную канавку, выдерживая размеры $0,3, 2^{+0,1}, 45^\circ$.

Глубина резания $t = 0,6$ мм.

По [7] определим подачу $S_0 = 0,3$ мм/об.

По [7] 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 19ХГН [7];

$K_2 = 1,0$ – для твердого сплава Т15К6 [7];

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

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

Частота вращения

$$n = \frac{1000V}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 180}{3,14 \cdot 148} = 387,3, \text{ мин}^{-1}.$$

Принимаем $n_\phi = 315 \text{ мин}^{-1}$.

Фактическая скорость резания

$$V_\phi = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 148 \cdot 315}{1000} = 146,4, \text{ м/мин.}$$

Минутная подача

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

Основное время

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

Переход 2. Выполнить внутреннюю канавку, выдерживая размеры $0,3, 2^{+0,1}, 45^\circ$.

Глубина резания $t = 0,6$ мм.

По [7] определим подачу $S_0=0,3$ мм/об.

По [7] 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 19ХГН [7];

$K_2=1,0$ – для твердого сплава Т15К6 [7];

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

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

Частота вращения

$$n = \frac{1000V}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 180}{3,14 \cdot 46,7} = 1227,5, \text{ мин}^{-1}.$$

Принимаем $n_\phi=1000$ мин⁻¹.

Фактическая скорость резания

$$V_\phi = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 46,7 \cdot 1000}{1000} = 146,6, \text{ м/мин.}$$

Минутная подача

$$S = S_0 \cdot n = 0,3 \cdot 1000 = 300, \text{ мм/мин.}$$

Основное время

$$T_0 = \frac{L_{px}}{S} = \frac{2}{300} = 0,01, \text{ мин.}$$

Переход 3. Точить поверхность 3, выдерживая размер 4,18_{-0,1}; точить поверхность 2, выдерживая размер $\varnothing 147,52_{\pm 0,05}$; выполнить фаску 0,6x45°; точить поверхность 1, выдерживая размер 53,9 $\pm 0,37$.

Глубина резания $t = 0,3$ мм.

По [7] определим подачу $S_0 = 0,2$ мм/об.

По [7] 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 19ХГН [7];

$K_2 = 1,0$ – для твердого сплава Т15К6 [7];

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

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

Частота вращения

$$n = \frac{1000V}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 180}{3,14 \cdot 160,6} = 356,9, \text{ мин}^{-1}.$$

Принимаем $n_{\phi} = 315$ мин⁻¹.

Фактическая скорость резания

$$V_{\phi} = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 160,6 \cdot 315}{1000} = 158,8, \text{ м/мин.}$$

Минутная подача

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

Основное время

$$T_0 = \frac{L_{px}}{S} = \frac{62}{63} = 0,98, \text{ мин.}$$

Переход 4. Точить поверхность 14, выдерживая размер $\varnothing 47,3H9^{(+0,062)}$;
точить поверхность 28, выдерживая размер $21,2^{+0,05}$.

Глубина резания $t = 0,3$ мм.

По [7] определим подачу $S_0=0,2$ мм/об.

По [7] 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 19ХГН [7];

$K_2=1,0$ – для твердого сплава Т15К6 [7];

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

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

Частота вращения

$$n = \frac{1000V}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 180}{3,14 \cdot 47,3} = 1211,9, \text{ мин}^{-1}.$$

Принимаем $n_{\phi}=1000$ мин⁻¹.

Фактическая скорость резания

$$V_{\phi} = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 47,3 \cdot 1000}{1000} = 148,5, \text{ м/мин.}$$

Минутная подача

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

Основное время

$$T_0 = \frac{L_{px}}{S} = \frac{20}{63} = 0,32, \text{ мин.}$$

Основное время всей операции

$$T_0 = \sum T_{0i} = 0,02 + 0,01 + 0,98 + 0,32 = 1,33, \text{ мин.}$$

2.9.4 Расчет режимов резания на операцию 020 Токарная чистовая с ЧПУ.

Точить поверхность 4, выдерживая размер $\varnothing 160_{-0,26}$; выполнить фаску $2 \times 45^\circ$; точить поверхность 5, выдерживая размер $53,4 \pm 0,37$.

Глубина резания $t = 0,3$ мм.

По [7] определим подачу $S_0 = 0,2$ мм/об.

По [7] 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 19ХГН [7];

$K_2 = 1,0$ – для твердого сплава Т15К6 [7];

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

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

Частота вращения

$$n = \frac{1000V}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 180}{3,14 \cdot 160} = 358,3, \text{ мин}^{-1}.$$

Принимаем $n_\phi = 315 \text{ мин}^{-1}$.

Фактическая скорость резания

$$V_{\phi} = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 160 \cdot 315}{1000} = 158,3, \text{ м/мин.}$$

Минутная подача

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

Основное время

$$T_0 = \frac{L_{px}}{S} = \frac{110}{63} = 1,75, \text{ мин.}$$

2.9.5 Расчет режимов резания на операцию 025 Фрезерная с ЧПУ.

Фрезеровать поверхности 6, 7 и 24, выдерживая размеры 23,6Н11(+0,13), 120°±30'; фрезеровать поверхность 23, выдерживая размеры 23,6Н11(+0,13), 120°±30'; фрезеровать поверхность 22, выдерживая размеры 26,9±0,1, 120°±30'; фрезеровать поверхность 26, выдерживая размеры 35^{+0,62}, 120°±30'; фрезеровать поверхность 25, выдерживая размеры 35,32±0,2, 120°±30'; фрезеровать поверхность 27, выдерживая размер 7,76Н9(+0,036), 120°±15'; фрезеровать поверхности 12, выдерживая размеры 32^{+0,62}, 120°±30'; фрезеровать поверхности 11, выдерживая размеры 20^{+0,52}, R3, 120°±30'; сверлить три отверстия (пов. 10), выдерживая размеры ø17^{+0,43}, 120°±30'; сверлить три отверстия (пов. 8), выдерживая размеры ø11^{+0,43}, 120°±30'; цековать три отверстия (пов. 9), выдерживая размеры 10^{+0,36}, 120°±30'.

Переход 1. Фрезеровать поверхности 6, 7 и 24, выдерживая размеры 23,6Н11(+0,13), 120°±30'; фрезеровать поверхность 23, выдерживая размеры 23,6Н11(+0,13), 120°±30'; фрезеровать поверхность 22, выдерживая размеры 26,9±0,1, 120°±30'.

Глубина резания $t = 13,05$ мм. Количество проходов 1.

По [7] определим подачу $S_z = 0,025$ мм/зуб. [7]

Определим подачу на оборот шпинделя по формуле

$$S_0 = S_z \cdot z,$$

где $z = 2$ – количество зубьев фрезы.

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

Скорость резания определим по формуле:

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

где D – диаметр фрезы, мм;

t – глубина резания, мм;

S_0 – подача, мм/об;

C_V – постоянный коэффициент, учитывающийся при сверлении;

q, m, x, y – показатели степени;

K_V – общий поправочный коэффициент на скорость резания.

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

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

K_{UV} – коэффициент на инструментальный материал;

K_{LV} – коэффициент, учитывающий глубину отверстия.

Примем

$$K_{MV} = 1,0 \text{ – для стали 19ХГН [7];}$$

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

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

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

Скорость резания определим по формуле, приняв для этого:

$$D=23,6 \text{ мм; } t = 13,05 \text{ мм; } S_0=0,05 \text{ мм/об; } C_V=7,0; K_V=0,5; q=0,4; x=0; y=0,7; \\ m=0,2; T=30 \text{ мин.}$$

Окончательно по формуле имеем:

$$V = \frac{7,0 \cdot 23,6^{0,4}}{30^{0,2} \cdot 13,05^0 \cdot 0,05^{0,7}} \cdot 1,0 = 102,2, \text{ м/мин.}$$

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

$$n = \frac{1000 \cdot 102,2}{3,14 \cdot 23,6} = 1379,1, \text{ мин}^{-1}.$$

Принимаем $n=1250 \text{ мин}^{-1}$.

$$\text{Тогда } V_{\phi} = \frac{\pi D n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 23,6 \cdot 1250}{1000} = 92,63, \text{ м/мин.}$$

Минутная подача

$$S = S_0 \cdot n = 0,05 \cdot 1250 = 62,5, \text{ мм/мин.}$$

Основное время определим по формуле

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

Основное время определим по формуле, приняв для этого:

$$n_{\text{отв}}=3; L_{\text{рх}}=64 \text{ мм, количество проходов 1.}$$

Окончательно имеем:

$$T_0 = \frac{3 \cdot 64}{62,5} = 3,07 \text{ мин.}$$

Переход 2. Фрезеровать поверхность 26, выдерживая размеры $35^{+0,62}$, $120^{\circ} \pm 30'$; фрезеровать поверхность 25, выдерживая размеры $35,32 \pm 0,2$, $120^{\circ} \pm 30'$; фрезеровать поверхность 27, выдерживая размер $7,76 \text{H}9^{(+0,036)}$, $120^{\circ} \pm 15'$.

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

По [7] определим подачу $S_Z = 0,025$ мм/зуб. [7]

Определим подачу на оборот шпинделя по формуле

$$S_0 = S_Z \cdot z,$$

где $z = 4$ – количество зубьев фрезы.

$$S_0 = 0,025 \cdot 4 = 0,1, \text{ мм/об.}$$

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

$$K_{MV} = 1,0 \text{ – для стали 19ХГН [7];}$$

$$K_{UV} = 0,5 \text{ – для инструментального материала Р6М5;}$$

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

$$\text{Отсюда } K_V = 1,0 \cdot 0,5 \cdot 1,0 = 0,5.$$

Скорость резания определим по формуле, приняв для этого:

$$D=35 \text{ мм; } t = 5,5 \text{ мм; } S_0=0,1 \text{ мм/об; } C_V=7,0; K_V=0,5; q=0,4; x=0; y=0,7; \\ m=0,2; T=30 \text{ мин.}$$

Окончательно по формуле имеем:

$$V = \frac{7,0 \cdot 35^{0,4}}{30^{0,2} \cdot 5,5^0 \cdot 0,1^{0,7}} \cdot 0,5 = 36,8, \text{ м/мин.}$$

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

$$n = \frac{1000 \cdot 36,8}{3,14 \cdot 35} = 339,2, \text{ мин}^{-1}.$$

Принимаем $n=315 \text{ мин}^{-1}$.

$$\text{Тогда } V_\phi = \frac{\pi D n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 35 \cdot 315}{1000} = 34,6, \text{ м/мин.}$$

Минутная подача

$$S = S_0 \cdot n = 0,1 \cdot 315 = 31,5, \text{ мм/мин.}$$

Основное время определим по формуле

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

Основное время определим по формуле, приняв для этого:

$$n_{отв}=3; L_{рх}=64 \text{ мм, количество проходов 1.}$$

Окончательно имеем:

$$T_0 = \frac{3 \cdot 64}{31,5} = 6,10 \text{ мин.}$$

Переход 3. Фрезеровать поверхности 12, выдерживая размеры $32^{+0,62}$, $120^\circ \pm 30'$; фрезеровать поверхности 11, выдерживая размеры $20^{+0,52}$, R3, $120^\circ \pm 30'$.

Глубина резания $t = 5$ мм. Количество проходов 6.

По [7] определим подачу $S_Z = 0,025$ мм/зуб. [7]

Определим подачу на оборот шпинделя по формуле

$$S_0 = S_Z \cdot z,$$

где $z = 4$ – количество зубьев фрезы.

$$S_0 = 0,025 \cdot 4 = 0,1, \text{ мм/об.}$$

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

$$K_{MV} = 1,0 \text{ – для стали 19ХГН [7];}$$

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

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

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

Скорость резания определим по формуле, приняв для этого:

$D=6$ мм; $t = 5$ мм; $S_0=0,1$ мм/об; $C_v=7,0$; $K_v=0,5$; $q=0,4$; $x=0$; $y=0,7$; $m=0,2$;

$T=30$ мин.

Окончательно по формуле имеем:

$$V = \frac{7,0 \cdot 6^{0,4}}{30^{0,2} \cdot 5^0 \cdot 0,1^{0,7}} \cdot 1,0 = 36,4, \text{ м/мин.}$$

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

$$n = \frac{1000 \cdot 36,4}{3,14 \cdot 6} = 1932,1, \text{ мин}^{-1}.$$

Принимаем $n=1600$ мин⁻¹.

$$\text{Тогда } V_\phi = \frac{\pi D n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 6 \cdot 1600}{1000} = 30,1, \text{ м/мин.}$$

Минутная подача

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

Основное время определим по формуле

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

Основное время определим по формуле, приняв для этого:

$n_{отв}=3$; $L_{рх}=64$ мм, количество проходов 6.

Окончательно имеем:

$$T_0 = \frac{3 \cdot 66}{160} \cdot 6 = 7,43 \text{ мин.}$$

Переход 4. Сверлить три отверстия (пов. 10), выдерживая размеры $\emptyset 17^{+0,43}$, $120^\circ \pm 30'$.

$$L = L_p + L_{\Pi} + L_d, \quad [7]$$

где L_p – длина резания;

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

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

$$L_f = 1 \text{ мм.}$$

$$L_{\bar{A}} = 0 \text{ мм.}$$

$$L = 13,2 + 1 + 0 = 14,2 \text{ , мм.}$$

Определим стойкость инструментов.

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

где T_M – стойкость в минутах основного времени работы станка;

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

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

$$T_M = 60 \text{ мин.}$$

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

$$S_0 = 0,2 \text{ мм/об.}$$

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

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

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

K_1 – коэффициент, зависящий от обрабатываемого материала;

K_2 – коэффициент, зависящий от отношения принятой подачи к подаче, указанной на карте С-3 [7];

K_3 – коэффициент, зависящий от стойкости инструмента.

$$v_{ТАБ} = 15 \text{ м/мин.}$$

$$K_1 = 0,75.$$

$$K_2 = 1,0.$$

$$K_3 = 0,95.$$

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

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

$$n = \frac{1000 \cdot 10,7}{3,14 \cdot 17} = 200,4 \text{ , мин}^{-1}.$$

Принимаем по паспорту станка $n = 200 \text{ мин}^{-1}$.

Уточним значение скорости резания.

$$v = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 17 \cdot 200}{1000} = 10,7 \text{ , м/мин.}$$

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

Рассчитаем основное время на обработку T_0 .

$$T_0 = \frac{L_{P.X}}{S_M} = \frac{14,2 \cdot 3}{40} = 1,07 \text{ , мин.}$$

Переход 5. Сверлить три отверстия (пов. 8), выдерживая размеры $\varnothing 11^{+0,43}$, $120^{\circ} \pm 30'$.

$$L = L_P + L_{II} + L_D, \quad [7]$$

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.

$$L_{II} = 1 \text{ мм.}$$

$$L_D = 0 \text{ мм.}$$

$$L = 40 + 1 + 0 = 41 \text{ , мм.}$$

Определим стойкость инструментов.

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

где T_M – стойкость в минутах основного времени работы станка;

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

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

$$T_M = 60 \text{ мин.}$$

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

$$S_0 = 0,2 \text{ мм/об.}$$

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

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

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

K_1 – коэффициент, зависящий от обрабатываемого материала;

K_2 – коэффициент, зависящий от отношения принятой подачи к подаче, указанной на карте С-3 [7];

K_3 – коэффициент, зависящий от стойкости инструмента.

$$v_{ТАБ} = 15 \text{ м/мин.}$$

$$K_1 = 0,75.$$

$$K_2 = 1,0.$$

$$K_3 = 0,95.$$

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

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

$$n = \frac{1000 \cdot 10,7}{3,14 \cdot 11} = 309,8 \text{ , мин}^{-1}.$$

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

Уточним значение скорости резания.

$$v = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 11 \cdot 250}{1000} = 8,6 \text{ , м/мин.}$$

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

Рассчитаем основное время на обработку T_0 .

$$T_0 = \frac{L_{р.х}}{S_M} = \frac{41 \cdot 3}{50} = 2,46 \text{ , мин.}$$

Переход 6. Цековать три отверстия (пов. 9), выдерживая размеры $10^{+0,36}$, $120^{\circ} \pm 30'$.

$$L = L_p + L_{\Pi} + L_d, \quad [7]$$

где L_p – длина резания;

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

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

$$L_j = 1 \text{ мм.}$$

$$L_A = 0 \text{ мм.}$$

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

Определим стойкость инструментов.

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

где T_M – стойкость в минутах основного времени работы станка;

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

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

$$T_M = 60 \text{ мин.}$$

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

$$S_0 = 0,1 \text{ мм/об.}$$

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

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

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

K_1 – коэффициент, зависящий от обрабатываемого материала;

K_2 – коэффициент, зависящий от отношения принятой подачи к подаче, указанной на карте С-3 [7];

K_3 – коэффициент, зависящий от стойкости инструмента.

$$v_{TAB} = 15 \text{ м/мин.}$$

$$K_1 = 0,75.$$

$$K_2 = 1,0.$$

$$K_3 = 0,95.$$

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

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

$$n = \frac{1000 \cdot 10,7}{3,14 \cdot 17} = 200,4 \text{ , мин}^{-1}.$$

Принимаем по паспорту станка $n = 200 \text{ мин}^{-1}$.

Уточним значение скорости резания.

$$v = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 17 \cdot 200}{1000} = 10,7 \text{ , м/мин.}$$

$$S_M = S_0 \cdot n = 0,1 \cdot 200 = 20 \text{ , мм/мин.}$$

Рассчитаем основное время на обработку T_0 .

$$T_0 = \frac{L_{p.x}}{S_M} = \frac{2,8 \cdot 3}{20} = 0,42 \text{ , мин.}$$

Основное время всей операции

$$T_0 = \sum T_{0i} = 3,07 + 6,10 + 7,43 + 1,07 + 2,46 + 0,42 = 20,55 \text{ , мин.}$$

2.9.6 Расчет режимов резания на операцию 030 Сверлильная с ЧПУ.

Сверлить шесть отверстий (пов. 18), выдерживая размеры $\varnothing 7^{+0,036}$, $28 \pm 0,26$, $60^\circ \pm 30'$; нарезать резьбу М8 в шести отверстиях (пов. 18), выдерживая размеры $24 \pm 0,26$, $60^\circ \pm 30'$; сверлить шесть отверстий (пов. 19), выдерживая размеры $\varnothing 21,3^{+0,084}$, $28 \pm 0,1$, $56,9 \pm 0,02$, $120^\circ \pm 30'$; цековать шесть поверхностей 20, выдерживая размер $25^{+0,05}$; зенкеровать шесть отверстий (пов. 19), выдерживая размеры $\varnothing 21,8^{+0,033}$, $28 \pm 0,1$, $56,9 \pm 0,02$; развертывать шесть отверстий (пов. 19), выдерживая размеры $\varnothing 22^{+0,021}$, $28 \pm 0,1$, $56,9 \pm 0,02$; цековать шесть отверстий (поверхность 21), выдерживая размеры $\varnothing 10^{+0,36}$, $1 \pm 0,125$, $120^\circ \pm 30'$.

Переход 1. Сверлить шесть отверстий (пов. 18), выдерживая размеры $\varnothing 7^{+0,036}$, $28 \pm 0,26$, $60^\circ \pm 30'$.

$$L = L_p + L_{\Pi} + L_d, \quad [7]$$

где L_p – длина резания;

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

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

$$L_f = 1 \text{ мм.}$$

$$L_{\bar{A}} = 0 \text{ мм.}$$

$$L = 31 + 1 + 0 = 32 \text{ , мм.}$$

Определим стойкость инструментов.

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

где T_M – стойкость в минутах основного времени работы станка;

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

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

$$T_M = 60 \text{ мин.}$$

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

$$S_0 = 0,2 \text{ мм/об.}$$

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

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

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

K_1 – коэффициент, зависящий от обрабатываемого материала;

K_2 – коэффициент, зависящий от отношения принятой подачи к подаче, указанной на карте С-3 [7];

K_3 – коэффициент, зависящий от стойкости инструмента.

$$v_{ТАБ} = 15 \text{ м/мин.}$$

$$K_1 = 0,75.$$

$$K_2 = 1,0.$$

$$K_3 = 0,95.$$

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

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

$$n = \frac{1000 \cdot 10,7}{3,14 \cdot 7} = 486,8 \text{ , мин}^{-1}.$$

Принимаем по паспорту станка $n = 400 \text{ мин}^{-1}$.

Уточним значение скорости резания.

$$v = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 7 \cdot 400}{1000} = 8,8 \text{ , м/мин.}$$

$$S_M = S_0 \cdot n = 0,2 \cdot 400 = 80 \text{ , мм/мин.}$$

Рассчитаем основное время на обработку T_0 .

$$T_0 = \frac{L_{P.X}}{S_M} = \frac{32 \cdot 6}{80} = 2,40 \text{ , мин.}$$

Переход 2. Нарезать резьбу М8 с шагом 1,0 в шести отверстиях (пов. 18), выдерживая размеры $24 \pm 0,26$, $60^\circ \pm 30'$.

$$L = L_P + L_{II} + L_D, \quad [7]$$

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.

$$L_{I'} = 1 \text{ мм.}$$

$$L_{A'} = 0 \text{ мм.}$$

$$L = 24 + 1 + 0 = 25 \text{ , мм.}$$

Определим стойкость инструментов.

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

где T_M – стойкость в минутах основного времени работы станка;

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

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

$$T_M = 60 \text{ мин.}$$

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

$$S_0 = 1,0 \text{ мм/об.}$$

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 С-3 [7];

K_3 – коэффициент, зависящий от стойкости инструмента.

$$v_{ТАБ} = 10 \text{ м/мин.}$$

$$K_1 = 0,75.$$

$$K_2 = 1,0.$$

$$K_3 = 0,95.$$

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

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

$$n = \frac{1000 \cdot 7,1}{3,14 \cdot 8} = 282,6, \text{ мин}^{-1}.$$

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

Уточним значение скорости резания.

$$v = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 8 \cdot 250}{1000} = 6,3, \text{ м/мин.}$$

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

Рассчитаем основное время на обработку T_0 .

$$T_0 = \frac{L_{р.х}}{S_M} = \frac{25 \cdot 6}{250} = 0,60, \text{ мин.}$$

Переход 3. Сверлить шесть отверстий (пов. 19), выдерживая размеры $\varnothing 21,3^{+0,084}$, $28 \pm 0,1$, $56,9 \pm 0,02$, $120^\circ \pm 30'$.

$$L = L_p + L_{\Pi} + L_d, \quad [7]$$

где L_p – длина резания;

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

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

$$L_f = 1 \text{ мм.}$$

$$L_A = 0 \text{ мм.}$$

$$L = 19,7 + 1 + 0 = 20,7 \text{ , мм.}$$

Определим стойкость инструментов.

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

где T_M – стойкость в минутах основного времени работы станка;

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

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

$$T_M = 60 \text{ мин.}$$

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

$$S_0 = 0,2 \text{ мм/об.}$$

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

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

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

K_1 – коэффициент, зависящий от обрабатываемого материала;

K_2 – коэффициент, зависящий от отношения принятой подачи к подаче, указанной на карте С-3 [7];

K_3 – коэффициент, зависящий от стойкости инструмента.

$$v_{TAB} = 15 \text{ м/мин.}$$

$$K_1 = 0,75.$$

$$K_2 = 1,0.$$

$$K_3 = 0,95.$$

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

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

$$n = \frac{1000 \cdot 10,7}{3,14 \cdot 21,3} = 160,0 \text{ , мин}^{-1}.$$

Принимаем по паспорту станка $n = 160 \text{ мин}^{-1}$.

Уточним значение скорости резания.

$$v = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 21,3 \cdot 160}{1000} = 10,7 \text{ , м/мин.}$$

$$S_M = S_0 \cdot n = 0,2 \cdot 160 = 32 \text{ , мм/мин.}$$

Рассчитаем основное время на обработку T_0 .

$$T_0 = \frac{L_{p.x}}{S_M} = \frac{20,7 \cdot 6}{32} = 3,88 \text{ , мин.}$$

Переход 4. Цековать шесть поверхностей (поз. 20), выдерживая размер $25^{+0,05}$.

$$L = L_p + L_{\Pi} + L_d \text{ ,} \quad [7]$$

где L_p – длина резания;

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

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

$$L_i = 1 \text{ мм.}$$

$$L_{\bar{A}} = 0 \text{ мм.}$$

$$L = 5,4 + 1 + 0 = 6,4 \text{ , мм.}$$

Определим стойкость инструментов.

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

где T_M – стойкость в минутах основного времени работы станка;

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

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

$$T_M = 60 \text{ мин.}$$

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

$$S_0 = 0,1 \text{ мм/об.}$$

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 С-3 [7];

K_3 – коэффициент, зависящий от стойкости инструмента.

$$v_{ТАБ} = 15 \text{ м/мин.}$$

$$K_1 = 0,75.$$

$$K_2 = 1,0.$$

$$K_3 = 0,95.$$

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

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

$$n = \frac{1000 \cdot 10,7}{3,14 \cdot 21,3} = 160,0 \text{ , мин}^{-1}.$$

Принимаем по паспорту станка $n = 160 \text{ мин}^{-1}$.

Уточним значение скорости резания.

$$v = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 21,3 \cdot 160}{1000} = 10,7 \text{ , м/мин.}$$

$$S_M = S_0 \cdot n = 0,1 \cdot 160 = 16 \text{ , мм/мин.}$$

Рассчитаем основное время на обработку T_0 .

$$T_0 = \frac{L_{P.X}}{S_M} = \frac{6,4 \cdot 6}{16} = 2,4 \text{ , мин.}$$

Переход 5. Зенкеровать шесть отверстий (пов. 19), выдерживая размеры $\varnothing 21,8^{+0,033}$, $28 \pm 0,1$, $56,9 \pm 0,02$.

$$L = L_P + L_{II} + L_D, \quad [7]$$

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.

$$L_f = 1 \text{ мм.}$$

$$L_A = 0 \text{ мм.}$$

$$L = 25 + 1 + 0 = 26 \text{ , мм.}$$

Определим стойкость инструментов.

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

где T_M – стойкость в минутах основного времени работы станка;

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

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

$$T_M = 60 \text{ мин.}$$

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

$$S_0 = 0,2 \text{ мм/об.}$$

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

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

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

K_1 – коэффициент, зависящий от обрабатываемого материала;

K_2 – коэффициент, зависящий от отношения принятой подачи к подаче, указанной на карте С-3 [7];

K_3 – коэффициент, зависящий от стойкости инструмента.

$$v_{ТАБ} = 15 \text{ м/мин.}$$

$$K_1 = 0,75.$$

$$K_2 = 1,0.$$

$$K_3 = 0,95.$$

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

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

$$n = \frac{1000 \cdot 10,7}{3,14 \cdot 21,8} = 156,3 \text{ , мин}^{-1}.$$

Принимаем по паспорту станка $n = 125 \text{ мин}^{-1}$.

Уточним значение скорости резания.

$$v = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 21,8 \cdot 125}{1000} = 8,6 \text{ , м/мин.}$$

$$S_M = S_0 \cdot n = 0,2 \cdot 125 = 25 \text{ , мм/мин.}$$

Рассчитаем основное время на обработку T_0 .

$$T_0 = \frac{L_{P.X}}{S_M} = \frac{26 \cdot 6}{25} = 6,24 \text{ , мин.}$$

Переход 6. Развертывать шесть отверстий (пов. 19), выдерживая размеры $\varnothing 22^{+0,021}$, $28 \pm 0,1$, $56,9 \pm 0,02$.

$$L = L_P + L_{II} + L_D, \quad [7]$$

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.

$$L_{II} = 1 \text{ мм.}$$

$$L_D = 0 \text{ мм.}$$

$$L = 25 + 1 + 0 = 26 \text{ , мм.}$$

Определим стойкость инструментов.

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

где T_M – стойкость в минутах основного времени работы станка;

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

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

$$T_M = 60 \text{ мин.}$$

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

$$S_0 = 0,1 \text{ мм/об.}$$

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 С-3 [7];

K_3 – коэффициент, зависящий от стойкости инструмента.

$$v_{ТАБ} = 20 \text{ м/мин.}$$

$$K_1 = 0,75.$$

$$K_2 = 1,0.$$

$$K_3 = 0,95.$$

$$v = 20 \cdot 0,75 \cdot 1 \cdot 0,95 = 14,3 \text{ , м/мин.}$$

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

$$n = \frac{1000 \cdot 14,3}{3,14 \cdot 22} = 207,0 \text{ , мин}^{-1}.$$

Принимаем по паспорту станка $n = 200 \text{ мин}^{-1}$.

Уточним значение скорости резания.

$$v = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 22 \cdot 200}{1000} = 13,8 \text{ , м/мин.}$$

$$S_M = S_0 \cdot n = 0,1 \cdot 200 = 20 \text{ , мм/мин.}$$

Рассчитаем основное время на обработку T_0 .

$$T_0 = \frac{L_{P.X}}{S_M} = \frac{26 \cdot 6}{20} = 7,8 \text{ , мин.}$$

Переход 7. Цековать шесть отверстий (поверхность 21), выдерживая размеры $\varnothing 10^{+0,36}$, $1 \pm 0,125$, $120^\circ \pm 30'$.

$$L = L_P + L_{П} + L_{Д}, \quad [7]$$

где L_P – длина резания;

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

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

$$L_{II} = 1 \text{ мм.}$$

$$L_{д} = 0 \text{ мм.}$$

$$L = 1 + 1 + 0 = 2 \text{ , мм.}$$

Определим стойкость инструментов.

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

где T_M – стойкость в минутах основного времени работы станка;

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

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

$$T_M = 60 \text{ мин.}$$

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

$$S_0 = 0,1 \text{ мм/об.}$$

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 С-3 [7];

K_3 – коэффициент, зависящий от стойкости инструмента.

$$v_{ТАБ} = 15 \text{ м/мин.}$$

$$K_1 = 0,75.$$

$$K_2 = 1,0.$$

$$K_3 = 0,95.$$

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

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

$$n = \frac{1000 \cdot 10,7}{3,14 \cdot 10} = 340,8, \text{ мин}^{-1}.$$

Принимаем по паспорту станка $n = 315 \text{ мин}^{-1}$.

Уточним значение скорости резания.

$$v = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 10 \cdot 315}{1000} = 9,9, \text{ м/мин.}$$

$$S_M = S_0 \cdot n = 0,1 \cdot 315 = 31,5, \text{ мм/мин.}$$

Рассчитаем основное время на обработку T_0 .

$$T_0 = \frac{L_{p.x}}{S_M} = \frac{2 \cdot 6}{31,5} = 0,38, \text{ мин.}$$

Основное время всей операции

$$T_0 = \sum T_{0i} = 2,40 + 0,60 + 3,88 + 2,40 + 6,24 + 7,80 + 0,38 = 29,10, \text{ мин.}$$

2.9.7 Расчет режимов резания на операцию 035 Сверлильная с ЧПУ.

Сверлить поверхность 32, выдерживая размер $\varnothing 10^{+0,36}$; сверлить поверхность 30, выдерживая размеры $\varnothing 5,6^{+0,048}$, $6 \pm 0,15$; зенкеровать поверхность 30, выдерживая размеры $\varnothing 6^{+0,03}$, $6 \pm 0,15$; цековать поверхность 31, выдерживая размер $2 \pm 0,125$; сверлить поверхность 29, выдерживая размер $\varnothing 6^{+0,3}$; сверлить три поверхности 17, выдерживая размеры $\varnothing 10^{+0,36}$, $120^\circ \pm 30'$; сверлить три поверхности 15, выдерживая размеры $\varnothing 5,6^{+0,048}$, $120^\circ \pm 30'$; зенкеровать поверхность 15, выдерживая размеры $\varnothing 6^{+0,03}$, $120^\circ \pm 30'$; цековать поверхность 16, выдерживая размеры $2 \pm 0,125$, $120^\circ \pm 30'$.

Переход 1. Сверлить поверхности 32 и 17, выдерживая размер $\varnothing 10^{+0,36}$.

$$L = L_p + L_{\Pi} + L_d, \quad [7]$$

где L_p – длина резания;

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

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

$$L_{II} = 1 \text{ мм.}$$

$$L_{д} = 0 \text{ мм.}$$

$$L = 3,8 + 1 + 0 = 4,8 \text{ , мм.}$$

Определим стойкость инструментов.

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

где T_M – стойкость в минутах основного времени работы станка;

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

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

$$T_M = 60 \text{ мин.}$$

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

$$S_0 = 0,2 \text{ мм/об.}$$

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

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

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

K_1 – коэффициент, зависящий от обрабатываемого материала;

K_2 – коэффициент, зависящий от отношения принятой подачи к подаче, указанной на карте С-3 [7];

K_3 – коэффициент, зависящий от стойкости инструмента.

$$v_{ТАБ} = 15 \text{ м/мин.}$$

$$K_1 = 0,75.$$

$$K_2 = 1,0.$$

$$K_3 = 0,95.$$

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

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

$$n = \frac{1000 \cdot 10,7}{3,14 \cdot 10} = 340,8 \text{ , мин}^{-1}.$$

Принимаем по паспорту станка $n = 315 \text{ мин}^{-1}$.

Уточним значение скорости резания.

$$v = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 10 \cdot 315}{1000} = 9,9 \text{ , м/мин.}$$

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

Рассчитаем основное время на обработку T_0 .

$$T_0 = \frac{L_{p.x}}{S_M} = \frac{4,8 \cdot 4}{63} = 0,30 \text{ , мин.}$$

Переход 2. Сверлить поверхность 30, выдерживая размеры $\varnothing 5,6^{+0,048}$, $6 \pm 0,15$; сверлить три поверхности 15, выдерживая размеры $\varnothing 5,6^{+0,048}$, $120^\circ \pm 30'$.

$$L = L_p + L_{II} + L_d \text{ ,} \quad [7]$$

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.

$$L_{II} = 1 \text{ мм.}$$

$$L_d = 0 \text{ мм.}$$

$$L_1 = 6 + 1 + 0 = 7 \text{ , мм.}$$

$$L_2 = 11,3 + 1 + 0 = 12,3 \text{ , мм.}$$

Определим стойкость инструментов.

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

где T_M – стойкость в минутах основного времени работы станка;

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

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

$$T_M = 60 \text{ мин.}$$

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

$$S_0 = 0,2 \text{ мм/об.}$$

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

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

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

K_1 – коэффициент, зависящий от обрабатываемого материала;

K_2 – коэффициент, зависящий от отношения принятой подачи к подаче, указанной на карте С-3 [7];

K_3 – коэффициент, зависящий от стойкости инструмента.

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

$$K_1 = 0,75.$$

$$K_2 = 1,0.$$

$$K_3 = 0,95.$$

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

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

$$n = \frac{1000 \cdot 10,7}{3,14 \cdot 5,6} = 608,5 \text{ , мин}^{-1}.$$

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

Уточним значение скорости резания.

$$v = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 5,6 \cdot 500}{1000} = 8,8 \text{ , м/мин.}$$

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

Рассчитаем основное время на обработку T_0 .

$$T_0 = \frac{L_{\text{р.х}}}{S_M} = \frac{7 \cdot 3 + 12,3}{100} = 0,33 \text{ , мин.}$$

Переход 3. Зенкеровать поверхность 30, выдерживая размеры $\varnothing 6^{+0,03}$, $6 \pm 0,15$; зенкеровать поверхности 15, выдерживая размеры $\varnothing 6^{+0,03}$, $120^{\circ} \pm 30'$.

$$L = L_p + L_{\Pi} + L_d, \quad [7]$$

где L_p – длина резания;

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

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

$$L_{\Pi} = 1 \text{ мм.}$$

$$L_{\text{А}} = 0 \text{ мм.}$$

$$L_1 = 6 + 1 + 0 = 7 \text{ , мм.}$$

$$L_2 = 11,3 + 1 + 0 = 12,3 \text{ , мм.}$$

Определим стойкость инструментов.

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

где T_M – стойкость в минутах основного времени работы станка;

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

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

$$T_M = 60 \text{ мин.}$$

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

$$S_0 = 0,2 \text{ мм/об.}$$

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

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

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

K_1 – коэффициент, зависящий от обрабатываемого материала;

K_2 – коэффициент, зависящий от отношения принятой подачи к подаче, указанной на карте С-3 [7];

K_3 – коэффициент, зависящий от стойкости инструмента.

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

$$K_1 = 0,75.$$

$$K_2 = 1,0.$$

$$K_3 = 0,95.$$

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

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

$$n = \frac{1000 \cdot 10,7}{3,14 \cdot 6} = 567,9 \text{ , мин}^{-1}.$$

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

Уточним значение скорости резания.

$$v = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 6 \cdot 500}{1000} = 9,4 \text{ , м/мин.}$$

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

Рассчитаем основное время на обработку T_0 .

$$T_0 = \frac{L_{P.X}}{S_M} = \frac{7 \cdot 3 + 12,3}{100} = 0,33 \text{ , мин.}$$

Переход 4. Цековать поверхность 31, выдерживая размер $2 \pm 0,125$; цековать три поверхности 16, выдерживая размеры $2 \pm 0,125$, $120^\circ \pm 30'$.

$$L = L_P + L_{II} + L_D, \quad [7]$$

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.

$$L_{II} = 1 \text{ мм.}$$

$$L_D = 0 \text{ мм.}$$

$$L = 0,9 + 1 + 0 = 1,9 \text{ , мм.}$$

Определим стойкость инструментов.

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

где T_M – стойкость в минутах основного времени работы станка;

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

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

$$T_M = 60 \text{ мин.}$$

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

$$S_0 = 0,1 \text{ мм/об.}$$

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 С-3 [7];

K_3 – коэффициент, зависящий от стойкости инструмента.

$$v_{ТАБ} = 15 \text{ м/мин.}$$

$$K_1 = 0,75.$$

$$K_2 = 1,0.$$

$$K_3 = 0,95.$$

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

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

$$n = \frac{1000 \cdot 10,7}{3,14 \cdot 10} = 340,8, \text{ мин}^{-1}.$$

Принимаем по паспорту станка $n = 315 \text{ мин}^{-1}$.

Уточним значение скорости резания.

$$v = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 10 \cdot 315}{1000} = 9,9, \text{ м/мин.}$$

$$S_M = S_0 \cdot n = 0,1 \cdot 315 = 31,5, \text{ мм/мин.}$$

Рассчитаем основное время на обработку T_0 .

$$T_0 = \frac{L_{P.X}}{S_M} = \frac{1,9 \cdot 4}{31,5} = 0,24, \text{ мин.}$$

Переход 5. Сверлить поверхность 29, выдерживая размер $\varnothing^{+0,3}$.

$$L = L_P + L_{II} + L_D, \quad [7]$$

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.

$$L_{II} = 1 \text{ мм.}$$

$$L_A = 0 \text{ мм.}$$

$$L = 54 + 1 + 0 = 55 \text{ , мм.}$$

Определим стойкость инструментов.

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

где T_M – стойкость в минутах основного времени работы станка;

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

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

$$T_M = 60 \text{ мин.}$$

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

$$S_0 = 0,2 \text{ мм/об.}$$

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

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

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

K_1 – коэффициент, зависящий от обрабатываемого материала;

K_2 – коэффициент, зависящий от отношения принятой подачи к подаче, указанной на карте С-3 [7];

K_3 – коэффициент, зависящий от стойкости инструмента.

$$v_{ТАБ} = 15 \text{ м/мин.}$$

$$K_1 = 0,75.$$

$$K_2 = 1,0.$$

$$K_3 = 0,95.$$

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

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

$$n = \frac{1000 \cdot 10,7}{3,14 \cdot 6} = 567,9 \text{ , мин}^{-1}.$$

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

Уточним значение скорости резания.

$$v = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 6 \cdot 500}{1000} = 9,4 \text{ , м/мин.}$$

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

Рассчитаем основное время на обработку T_0 .

$$T_0 = \frac{L_{p.x}}{S_M} = \frac{55}{100} = 0,55 \text{ , мин.}$$

Основное время всей операции

$$T_0 = \sum T_{0i} = 0,30 + 0,33 + 0,33 + 0,24 + 0,55 = 1,75 \text{ , мин.}$$

2.9.8 Расчет режимов резания на операцию 045

Торцекруглошлифовальная черновая.

Шлифовать поверхность 1, выдерживая размер $53,2 \pm 0,37$; шлифовать поверхность 2, выдерживая размер $\varnothing 147,22 \pm 0,031$; шлифовать поверхность 3, выдерживая размер $48,5_{-0,16}$.

Характеристики шлифовального круга:

Круг 1 250' 25' 76,2 24А М16 К6 V 40м/с 2кл ГОСТ Р 52781-2007

Материал абразивного зерна – 24А;

Зернистость – М16;

Твердость –К;

Структура –6;

Связка – V;

Диаметр круга - 250 мм.

Режимы резания определим, пользуясь данными [7].

Скорость резания $V_K = 35 \text{ м/с}$ [7].

$$n_k = \frac{60 \cdot 1000 V}{\pi D} = \frac{60 \cdot 1000 \cdot 35}{3.14 \cdot 250} = 2675, \text{ мин}^{-1}.$$

Радиальная подача $S_p=0,003$ мм/об или 0,4 мм/мин [7].

Скорость вращения заготовки $V_3=35$ м/мин [7].

Частота вращения заготовки

$$n_3 = \frac{1000 V_3}{\pi D_3} = \frac{1000 \cdot 35}{3,14 \cdot 160} = 69,7, \text{ об/мин.}$$

Основное время определим по формуле

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

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

L_p , S_p – соответственно длина и подача при рабочих перемещениях

$T_{ВЫХ}=0,05$ – время выхаживания [7].

Тогда определим:

$$T_0 = \frac{16}{500} + \frac{76}{100} + 0,05 = 0,84, \text{ мин.}$$

2.9.9 Расчет режимов резания на операцию 050 Внутришлифовальная черновая.

Шлифовать поверхность 14, выдерживая размер $\varnothing 47,7H8(^{+0,039})$;
шлифовать поверхность 28, выдерживая размер $21^{+0,05}$.

Характеристики шлифовального круга:

Круг 1 40' 25' 76,2 24А М16 К6 V 40м/с 2кл ГОСТ Р 52781-2007

Материал абразивного зерна – 24А;

Зернистость – М16;

Твердость –К;

Структура –б;

Связка – V;

Диаметр круга - 40 мм.

Режимы резания определим, пользуясь данными [7].

Скорость резания $V=35$ м/с [7].

Радиальная подача $S_p=0,003$ мм/об или $0,4$ мм/мин [7].

Скорость вращения заготовки $V_3=35$ м/мин [7].

Частота вращения заготовки

$$n_3 = \frac{1000V_3}{\pi D_3} = \frac{1000 \cdot 35}{3,14 \cdot 47,7} = 233,7, \text{ об/мин.}$$

Основное время определим по формуле

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

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

L_p , S_p – соответственно длина и подача при рабочих перемещениях

$T_{ВЫХ} = 0,05$ – время выхаживания [7].

Тогда определим:

$$T_0 = \frac{16}{500} + \frac{38}{100} + 0,05 = 0,46, \text{ мин.}$$

2.9.10 Расчет режимов резания на операцию 055 Плоскошлифовальная черновая.

Шлифовать поверхность 25, выдерживая размеры $35,12 \pm 0,1$, $120^\circ \pm 30'$;
шлифовать поверхность 27, выдерживая размер $7,86H9^{(+0,036)}$, $120^\circ \pm 30'$;
шлифовать поверхности 6 и 7, выдерживая размер $23,8H9^{(+0,052)}$.

Характеристики шлифовального круга:

Круг 1 10' 25' 76,2 24А М16 К6 V 40м/с 2кл ГОСТ Р 52781-2007

Материал абразивного зерна – 24А;

Зернистость – М16;

Твердость –К;

Структура –6;

Связка – V;

Диаметр круга - 10 мм.

Режимы резания определим, пользуясь данными [7].

Скорость резания $V=35$ м/с [7].

Радиальная подача $S_p=0,003$ мм/об или $0,4$ мм/мин [7].

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 [7].

Тогда определим:

$$T_0 = \frac{16}{500} + \frac{32 \cdot 6 + 35 \cdot 6}{100} + 0,05 = 4,10, \text{ мин.}$$

2.9.11 Расчет режимов резания на операцию 060

Торцекруглошлифовальная чистовая.

Шлифовать поверхность 1, выдерживая размер $53 \pm 0,37$; шлифовать поверхность 2, выдерживая размер $\varnothing 147,02_{js6} \pm 0,0125$; шлифовать поверхность 3, выдерживая размер $4,48_{-0,1}$.

Характеристики шлифовального круга:

Круг 1 250' 25' 76,2 24А М16 К6 V 40м/с 2кл ГОСТ Р 52781-2007

Материал абразивного зерна – 24А;

Зернистость – М16;

Твердость –К;

Структура –б;

Связка – V;

Диаметр круга - 250 мм.

Режимы резания определим, пользуясь данными [7].

Скорость резания $V=35$ м/с [7].

Радиальная подача $S_p=0,003$ мм/об или $0,4$ мм/мин [7].

Скорость вращения заготовки $V_3=35$ м/мин [7].

Частота вращения заготовки

$$n_3 = \frac{1000 V_3}{\pi D_3} = \frac{1000 \cdot 35}{3,14 \cdot 160} = 69,7, \text{ об/мин.}$$

Основное время определим по формуле

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

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

$T_{\text{ВЫЛ}} = 0,05$ – время выхаживания [7].

Тогда определим:

$$T_0 = \frac{16}{500} + \frac{76}{100} + 0,05 = 0,84, \text{ мин.}$$

2.9.12 Расчет режимов резания на операцию 065 Внутришлифовальная чистовая.

Шлифовать поверхность 14, выдерживая размер $\varnothing 48\text{H}7(^{+0,025})$.

Характеристики шлифовального круга:

Круг 1 40' 25' 76,2 24А М16 К6 V 40м/с 2кл ГОСТ Р 52781-2007

Материал абразивного зерна – 24А;

Зернистость – М16;

Твердость –К;

Структура –6;

Связка – V;

Диаметр круга - 40 мм.

Режимы резания определим, пользуясь данными [7].

Скорость резания $V=35$ м/с [7].

Радиальная подача $S_p=0,003$ мм/об или 0,4 мм/мин [7].

Скорость вращения заготовки $V_3=35$ м/мин [7].

Частота вращения заготовки

$$n_3 = \frac{1000 V_3}{\pi D_3} = \frac{1000 \cdot 35}{3,14 \cdot 48} = 232,2, \text{ об/мин.}$$

Основное время определим по формуле

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

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

L_p , S_p – соответственно длина и подача при рабочих перемещениях

$T_{\text{ВЫХ}} = 0,05$ – время выхаживания [7].

Тогда определим:

$$T_0 = \frac{16}{500} + \frac{16}{100} + 0,05 = 0,24, \text{ мин.}$$

2.9.13 Расчет режимов резания на операцию 070 Плоскошлифовальная чистовая.

Шлифовать поверхность 25, выдерживая размеры $35,02 \pm 0,05$, $120^\circ \pm 15'$;

шлифовать поверхность 27, выдерживая размер $7,96\text{H}7^{(+0,015)}$, $120^\circ \pm 15'$;

шлифовать поверхности 6 и 7, выдерживая размер $24\text{H}7^{(+0,021)}$.

Характеристики шлифовального круга:

Круг 1 10' 25' 76,2 24А М16 К6 V 40м/с 2кл ГОСТ Р 52781-2007

Материал абразивного зерна – 24А;

Зернистость – М16;

Твердость –К;

Структура –6;

Связка – V;

Диаметр круга - 10 мм.

Режимы резания определим, пользуясь данными [7].

Скорость резания $V=35$ м/с [7].

Радиальная подача $S_p=0,003$ мм/об или 0,4 мм/мин [7].

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 [7].

Тогда определим:

$$T_0 = \frac{16}{500} + \frac{32 \cdot 6 + 35 \cdot 6}{100} + 0,05 = 4,10, \text{ мин.}$$

2.9.14 Расчет режимов резания на операцию 075 Полировальная.

Полировать поверхность 2, выдерживая размер $\varnothing 147_{js6 \pm 0,0125}$;
полировать поверхность 3, выдерживая размер $4,5_{-0,1}$.

Частота вращения лепесткового круга $n_{\text{кр}} = 1112 \text{ мин}^{-1}$.

Частота вращения детали $n_{\text{дет}} = 55 - 620 \text{ мин}^{-1}$.

Мощность 17 кВт.

Способ установки детали на станке в центрах.

Охлаждение — эмульсия.

Выбор шлифовального круга.

Для шлифования выбираем круг с $D_k = 300$ и $V_k = 30$.

Круг полировальный 300 30 76 25АМ28 КВ ГОСТ 51967-2002.

По выбранному диаметру круга и паспортным данным станка определяем скорость вращения круга:

$$v_k = \frac{\pi \cdot D_k \cdot n_k}{1000 \cdot 60} = \frac{3,14 \cdot 300 \cdot 2250}{1000 \cdot 60} = 35 \text{ м/с}.$$

Для стали 19ХГН и заданном параметре шероховатости, выбираем лепестковый круг зернистостью 8 с углом наклона лепестков 0.

Для обработки по диаметру $\varnothing 160$ мм назначаем скорость детали $v = 25$ м/мин и определяем частоту её вращения:

$$n_d = \frac{1000 \cdot v_d}{\pi \cdot D_d} = \frac{1000 \cdot 25}{3,14 \cdot 160} = 50, \text{ мин}^{-1}.$$

Найденная частота вращения укладывается в паспортные данные станка.

Назначим продольную подачу по [7] $S_{пр} = 4$ м/мин.

Назначим ускоренную подачу.

$$S_{уск} = 3 \cdot S_{пр} = 3 \cdot 4 = 12 \text{ мм/мин.}$$

Радиальная деформация лепесткового круга

$$\delta = 1,5 \text{ мм.} \quad [7]$$

Основное время определяется по формуле

$$T_0 = 10^{-2} \cdot \frac{F}{T} K_1 \cdot K_2 \cdot K_3,$$

где F – площадь обрабатываемой поверхности;

T – высота лепесткового круга;

$K_1 = 1,0$ - коэффициент, зависящий от величин исходной и требуемой шероховатости поверхности;

$K_2 = 0,36$ - коэффициент, зависящий от диаметра лепесткового круга;

$K_3 = 0,82$ - коэффициент, зависящий от деформации лепесткового круга.

$$F = \pi \cdot d \cdot l + \pi(D - d_1)^2 / 4 = 3,14 \cdot 147 \cdot 2 + 3,14(160 - 147)^2 / 4 = 1056 \text{ , мм}^2.$$

$$T_0 = 10^{-2} \frac{1056}{63} 1 \cdot 0,36 \cdot 0,82 = 0,05 \text{ , мин.}$$

2.9.15 Расчет режимов резания на операцию 080 Полировальная.

Полировать поверхность 25, выдерживая размеры $35 \pm 0,05$, $120^\circ \pm 15'$;
полировать поверхность 27, выдерживая размер $8H7^{+0,015}$, $120^\circ \pm 15'$.

Частота вращения лепесткового круга $n_{кр} = 1112 \text{ мин}^{-1}$.

Частота вращения детали $n_{дет} = 55 - 620 \text{ мин}^{-1}$.

Мощность 17 кВт.

Способ установки детали на станке в центрах.

Охлаждение — эмульсия.

Выбор шлифовального круга.

Для шлифования выбираем круг с $D_k = 10$ и $V_k = 8$. [7]

Круг полировальный 10 8 76 25АМ28 КВ ГОСТ 51967-2002

Основное время определяется по формуле

$$T_0 = 10^{-2} \cdot \frac{F}{T} K_1 \cdot K_2 \cdot K_3.$$

Основное время определяется по формуле

$$T_0 = 10^{-2} \cdot \frac{F}{T} K_1 \cdot K_2 \cdot K_3.$$

$$F = 6 \cdot 69 \cdot 6 = 2484, \text{ мм}^2.$$

$$T_0 = 10^{-2} \frac{2484}{63} 1 \cdot 0,36 \cdot 0,82 = 0,12, \text{ мин.}$$

3 ПРОЕКТИРОВАНИЕ СТАНОЧНОГО ПРИСПОСОБЛЕНИЯ

Задача - спроектировать станочное приспособление для токарной операции.

Расчет проводим согласно методике [8,9].

3.1 Сбор исходных данных.

На операции 015 Токарная чистовая проводится точение наружных поверхностей по 9 качеству точности.

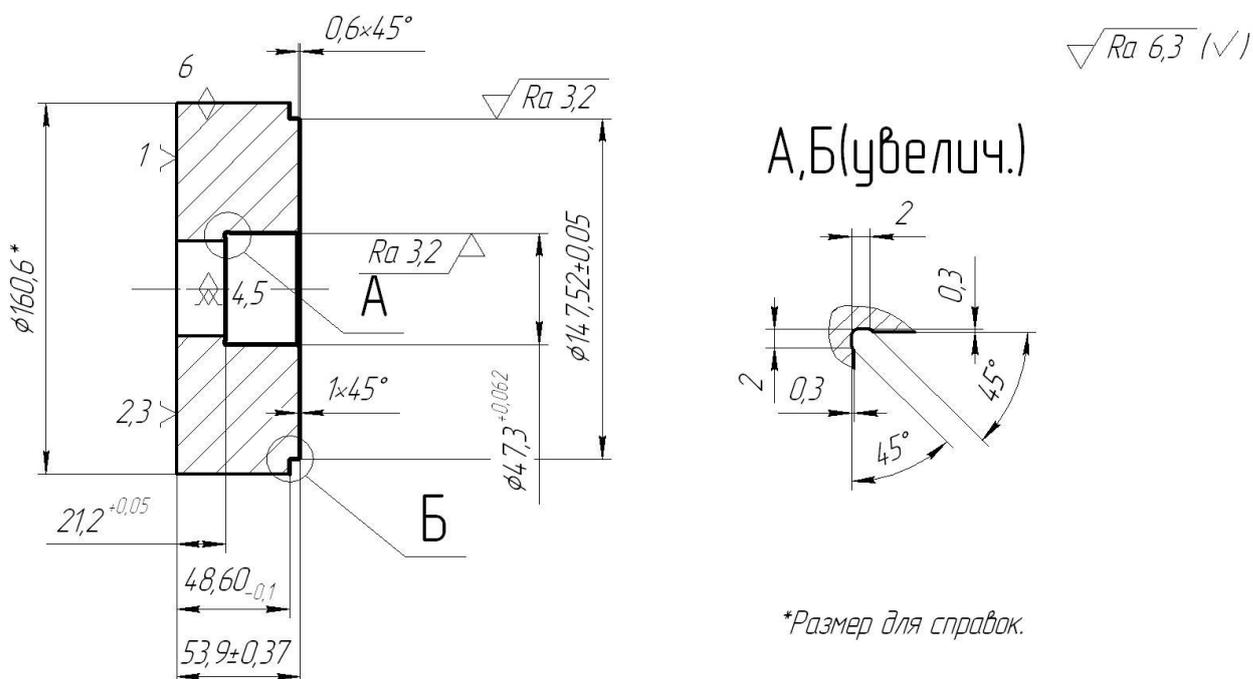


Рис. 3.1 Операционный эскиз

Содержание операции: выполнить две канавки, выдерживая размеры $0,3$, $2^{+0,1}$, 45° ; точить поверхность 3, выдерживая размер $4,18_{-0,1}$; точить поверхность 2, выдерживая размер $\phi 147,52 \pm 0,05$; выполнить фаску $0,6 \times 45^\circ$; точить поверхность 1, выдерживая размер $53,9 \pm 0,37$; точить поверхность 14, выдерживая размер $\phi 47,3 \text{H}9^{(+0,062)}$; точить поверхность 28, выдерживая размер $21,2^{+0,05}$.

Вид и материал заготовки – штамповка из стали 19ХГН $\sigma_B=1180$ МПа.

Режущий инструмент – резец токарный Т15К6.

Режимы резания: глубина обработки $t=0,30$ мм, подача $S=0,2$ мм/об, $V=158,8$ м/мин, $n=315$ об/мин.

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

Тип приспособления - специализированное безналадочное приспособление с механизированным приводом.

Расчет произведем по методике [8,9].

3.2 Расчет сил резания.

Для дальнейших расчетов необходимо рассчитать две составляющие силы резания P_Z и P_Y , которые определяются по формуле [8]:

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

где C_p , n , x , y – коэффициенты и показатели степеней учитывающие конкретные условия обработки;

T - стойкость инструмента;

t - глубина резания;

S - подача;

K_p - коэффициент учитывающий условия обработки.

$$P_Y=10 \cdot 243 \cdot 0,3^{0,9} \cdot 0,2^{0,6} \cdot 158,8^{-0,3} \cdot 0,9=61,6, \text{ Н.}$$

$$P_Z=10 \cdot 300 \cdot 0,3^{1,0} \cdot 0,2^{0,75} \cdot 158,8^{-0,15} \cdot 0,9=113,3, \text{ Н.}$$

3.3 Расчет усилия зажима.

В процессе обработки заготовки на нее воздействует система сил. С одной стороны действуют составляющие силы резания, которые стремятся

вырвать заготовку из кулачков, с другой - сила зажима препятствующая этому. Из условия равновесия моментов данных сил и с учётом коэффициента запаса определяются необходимые зажимное и исходное усилия.

На рис. 3.2 представлена схема закрепления заготовки.

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

$$M_p = P_z \cdot d_1 / 2 \quad (3.2)$$

Провороту заготовки препятствует момент силы зажима, определяемый следующим образом:

$$M_3 = Wfd_2 / 2, \quad (3.3)$$

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

f - коэффициент трения на рабочей поверхности сменного кулачка.

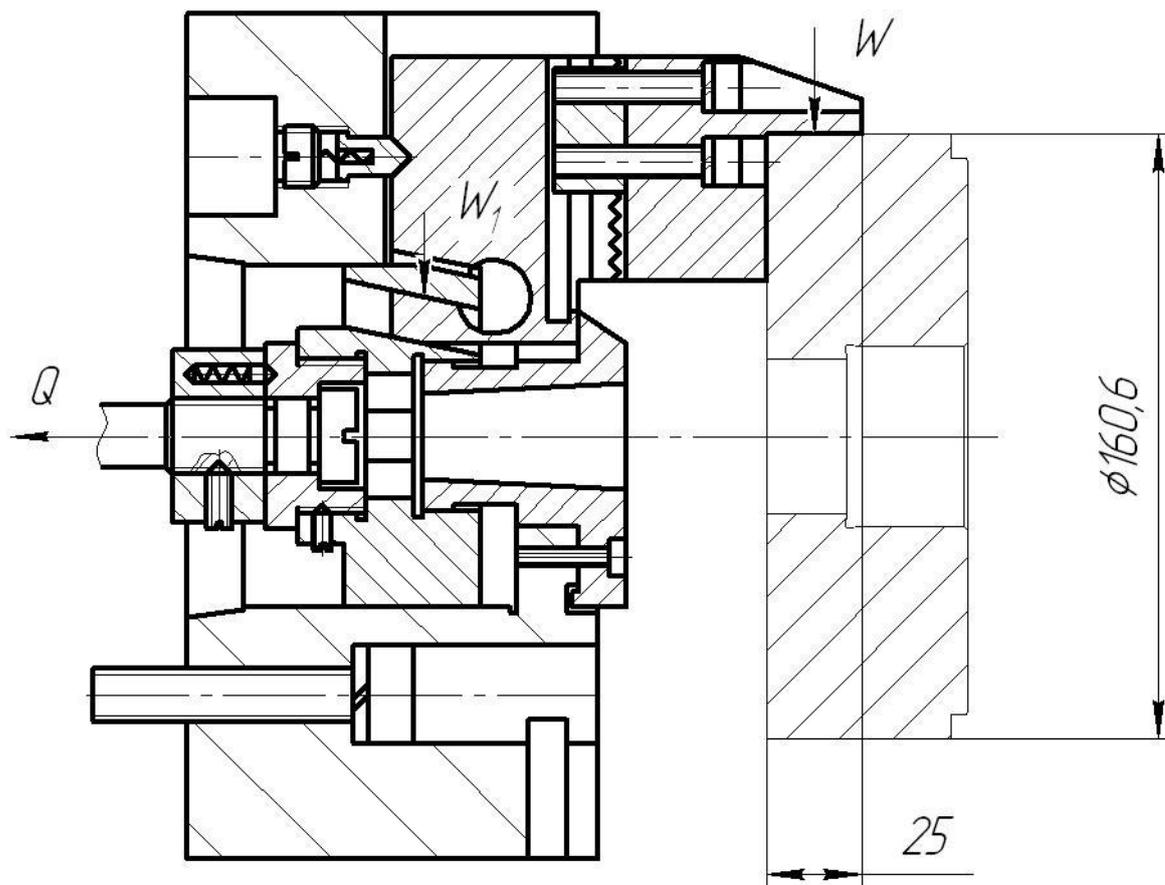


Рис. 3.2 Схема закрепления заготовки

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

$$W=2KM_p/(fd_2)=(2KPzd_1)/fd_2. \quad (3.4)$$

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

$$K=K_0K_1K_2K_3K_4K_5K_6, \quad (3.5)$$

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

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

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

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

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

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

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

В данном случае коэффициент K равен:

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

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

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

$$W=(2KPzd_1)/fd_2=(2 \cdot 1,80 \cdot 113,3 \cdot 160,6)/0,3 \cdot 160,6 = 1360, \text{ Н.}$$

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

$$M_p = P_Y l \quad (3.6)$$

Данному моменту препятствует момент от силы зажима:

$$M_3 = T(2/3d_2) = 2/3 W f d_2, \quad (3.7)$$

Необходимая сила зажима равна:

$$W = 1,5 K P_Y l / f d_2 = 1,5 \cdot 2,52 \cdot 61,6 \cdot 25 / 0,3 \cdot 160,6 = 120,8, \text{ Н.}$$

Для дальнейших расчётов принимаем наихудший случай; $W = 1360 \text{ Н}$

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

$$W_I = W / (1 - (3l_k / H_k) f), \quad (3.8)$$

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

H_k - длина направляющей постоянного кулачка, мм;

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

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

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

Подставив исходные данные в формулу (3.8) получим:

$$W_I = 1360 / (1 - (3 \cdot 62 / 80) \cdot 0,1) = 1772, \text{ Н.}$$

3.4 Расчёт зажимного механизма.

Приступая к расчёту зажимного механизма, необходимо определиться с его конструкцией. В самоцентрирующих механизмах установочные элементы (в данном случае кулачки) должны быть подвижными в направлении зажима и закон их относительного движения необходимо выдержать с высокой

точностью. Поэтому на движения кулачков накладываются условия: разнонаправленность, одновременность и равная скорость движения. Данное условие можно выдержать, обеспечивая движение трёх кулачков от одного источника движения (силового привода).

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

$$Q = W/i, \quad (3.9)$$

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

Данное отношение для клинового механизма равно:

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

где α - угол скоса клина;

φ - угол трения на наклонной поверхности клина;

φ_1 - угол трения на плоской поверхности клина

Получим:

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

Тогда

$$Q = W/i = 1872/2,1 = 844, \text{ Н.}$$

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:

$$D = \sqrt{\frac{1,27 \cdot 844}{0,4} + 60^2} = 79, \text{ мм.}$$

Для увеличения возможностей приспособления принимаем диаметр поршня 90 мм.

В конструкцию станка СА500СФЗК возможно встроить силовой привод с диаметром поршня не более 120 мм. Поэтому принимаем пневматический привод.

3.6 Расчёт погрешности установки заготовки в приспособлении.

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

$$\varepsilon = \sqrt{\varepsilon_B^2 + \varepsilon_3^2 + \varepsilon_{IP}^2}, \quad (3.12)$$

где ε_B - погрешность базирования, равная при данной схеме нулю, так как измерительная база используется в качестве технологической.

ε_3 - погрешность закрепления - это смещение измерительной базы под действием сил зажима (в данном примере можно принять $\varepsilon_3 = 0$)

ε_{IP} , - погрешность элементов приспособления, зависящая от точности их изготовления.

На рис. 3.3 представлена размерная схема патрона с клиновым зажимным механизмом.

$$\varepsilon_V = \frac{\omega_{A\Delta}}{2} = 0,5 \sqrt{\Delta_1^2 + \Delta_2^2 + \Delta_3^2 + \Delta_4^2 + \Delta_5^2}, \quad (3.13)$$

где $\omega_{A\Delta}$ - колебания замыкающего размера A_{Δ} ,

Δ_1, Δ_3 - погрешности, возникающие вследствие неточности изготовления размеров A_1, A_3, A_4 ($\Delta_1 = T_{A1}, \Delta_3 = T_{A3}, \Delta_4 = T_{A4}$);

Δ_2, Δ_5 - погрешности из-за колебания зазоров в сопряжениях ($\Delta_2, \Delta_5 = S_{НБ} - S_{НМ}$);

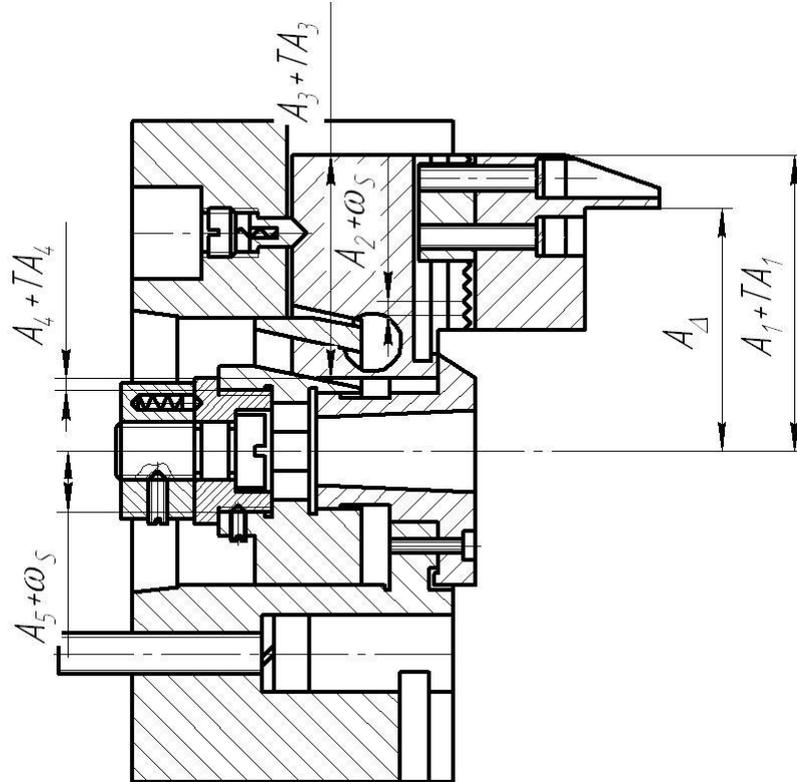


Рис. 3.3 Размерная схема патрона

Погрешность установки не должна превышать величин: для чистовой обработки $\varepsilon_v^{доп} = 0,3Td$, где Td - технологический допуск на операционный размер.

При расчётах в начале точность составляющих размерной цепи задавать по 7 качеству.

$$\varepsilon_o = 0,5\sqrt{0,025^2 + 0,01^2 + 0,025^2 + 0,012^2 + 0,01^2} = 0,022 \text{ мм.}$$

$$\varepsilon_o^{III} = 0,3 \cdot 0,1 = 0,03 \text{ мм.}$$

Условие $\varepsilon_v^{доп} \geq \varepsilon_v$ выполняется.

3.7 Описание конструкции и работы приспособления.

Приспособление предназначено для установки и закрепления заготовки при черновом точении.

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

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

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

4 ПРОЕКТИРОВАНИЕ РЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА

На операции 025 Фрезерная с ЧПУ проводится зенкерование трех отверстий $\phi 17^{+0,43}$ под головки винтов. Задача раздела заключается в проектировании инструмента для обработки этих поверхностей.

Эскиз операции представлен на рис. 4.1.

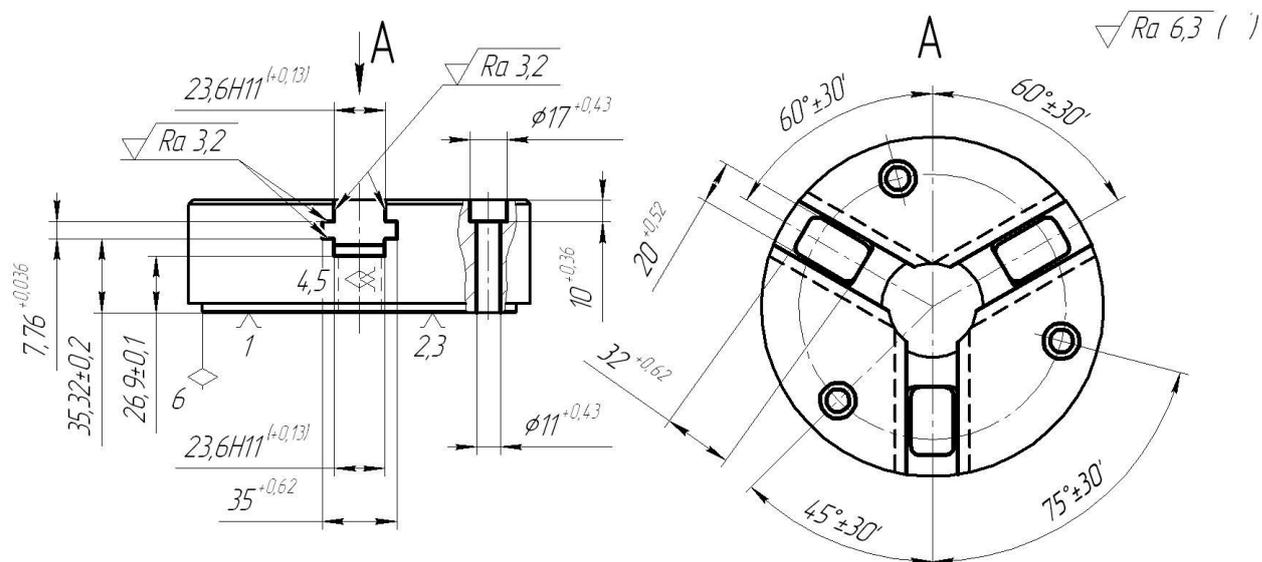


Рис. 4.1. Эскиз операции 025 Фрезерная

В промышленности для расширения отверстий наиболее распространены цилиндрические цековки. Они позволяют получить отверстие высокой точности. [10]

Цельный цилиндрическая цековка состоит из режущей части, направляющей и калибрующей части, шейки и хвостовика. В отличие от сверла цилиндрическая цековка имеет большое число зубьев и увеличенный диаметр сердцевины, благодаря чему повышается жесткость инструмента, обеспечивается лучшее направление его в отверстии. Глубина резания при цековании меньше, чем при сверлении, поэтому у цековки отсутствует поперечная кромка, а его режущие кромки имеют сравнительно небольшие размеры и располагаются на периферии.

Направляющая часть цековки необходима для направления его при работе, придает отверстию окончательные размеры и чистоту поверхности,

является запасом на переточку и обеспечивает удаление стружки по канавкам из зоны резания.

Хвостовики служат для крепления цековки на станке. Они бывают конической и цилиндрической формы.

Чтобы обеспечить соосность цилиндрического углубления с предварительно обработанным отверстием, цековки для цилиндрических углублений снабжаются направляющей цапфой. Она изготавливается как одно целое с цековкой или съемной. Цековки со съемной цапфой проще затачивать, так как заточка торцовых зубьев производится при снятой цапфе. У цековок же с цапфой, изготовленной как одно целое с корпусом при переточках стачивается и направляющая цапфа, в результате чего после ряда переточек цековка становится непригодной для работы. В связи с этим нами предлагается спроектировать цековку сборной конструкции со съемной цапфой.

Сменная направляющая часть расширяет область применения цековки, так как позволяет устанавливать цапфы различных диаметров и обрабатывать различные конструкции отверстий.

Главные режущие кромки цековки располагаются на торце в плоскости, перпендикулярной его оси. Поэтому обеспечивается обработка цилиндрических углублений с плоским торцом. Число зубьев рассматриваемого инструмента принимается равным четырем.

Принимаем $Z = 4$.

У цековок из быстрорежущей стали стружечные канавки делаются винтовыми ($\omega = 10...15^\circ$). При обработке же отверстий в чугунном и стальном литье со стороны необработанных поверхностей целесообразно применять твердосплавные цековки, которые имеют наклонные стружечные канавки с плоской передней поверхностью. Цековка крепится коническим хвостовиком.

Цековки с цилиндрическим хвостовиком также находят применение под быстросменный патрон. Преимуществом этой конструкции является

быстрота установки и снятия инструмента. Однако цилиндрический хвостовик по сравнению с коническим дает худшее центрирование инструмента, поэтому используют для менее ответственной обработки.

В нашем случае точность отверстия по 14 качеству, поэтому более важным фактором является быстрота установки и снятия инструмента. Еще одним аспектом является небольшая величина диаметра цекования. Таким образом, цековку принимаем с цилиндрическим хвостовиком.

Под геометрическими параметрами в любой рассматриваемой точке режущей кромки цековки понимается совокупность угла наклона λ , переднего угла γ и заднего угла α , которые определяют взаимное расположение передних и задних поверхностей относительно поверхности резания и направление движения режущей кромки по поверхности резания.

Режущие кромки цековки при их винтовом движении в процессе обработки образуют винтовую поверхность резания. С целью упрощения исследования величин геометрических параметров в различных точках режущих кромок будем вместо винтовой поверхности резания рассматривать поверхность вращения режущих кромок вокруг оси зенкера. Поступательное движение подачи цековки не будем принимать во внимание, поскольку эта величина мала по сравнению со скоростью вращательного главного движения.

По [10] принимаем передний угол цековки $\gamma = 15^\circ$.

Величину ленточки $f = 0,3$ мм.

Затылование зуба цековки выполним двойным с углами соответственно 8° и 30° .

Угол наклона стружечной канавки примем равным $\omega = 15^\circ$.

Рассчитаем длину цековки.

$$L = L_p + L_i + L_e + L_\phi + L_x,$$

где L_p – длина режущей части, примем $L_p = 5$ мм; [10]

L_n – длина направляющей части, примем $L_n = 7,5$ мм; [10]

L_k – длина калибрующей части, примем $L_k = 12,5$ мм; [10]

$L_{ш}$ – длина шейки, примем $L_{ш} = 25$ мм; [10]

L_x – длина хвостовика, примем $L_x = 40$ мм. [10]

Итого длина всей цековки

$$L = 5 + 7,5 + 12,5 + 25 + 40 = 90, \text{ мм.}$$

Чертеж цековки представлен в графической части работы.

Диаметр режущей части цековки

$$D = D_0 + \frac{1}{2} IT = 17 + \frac{1}{2} 0,43 = 17,2, \text{ мм.}$$

Преимуществом такого инструмента является съёмность его направляющей цапфы. В результате этого имеется возможность обрабатывать аналогичные ступенчатые отверстия с другими цапфами, что универсализирует инструмент. Ещё одним преимуществом разборной конструкции является простота заточки цековки.

5 БЕЗОПАСНОСТЬ И ЭКОЛОГИЧНОСТЬ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБЪЕКТА

Тема выпускной квалификационной работы: «Техпроцесс изготовления корпуса трехкулачкового рычажного патрона».

5.1 Конструктивно-технологическая характеристика объекта.

В данном разделе приводится наименование технических устройств, которые были каким-то образом изменены и отличаются от базового техпроцесса, приводятся наименование измененных технологических операций, наименование должности работника предприятия, выполняющего функции по реализации операции, приводятся технологические средства и оборудование, а также материалы, используемые на операциях.

Таблица 5.1 - Технологический паспорт объекта.

№ п/п	Технологическое устройство	Технологическая операция, вид выполняемых работ	Наименование должности работника, выполняющего технологический процесс, операцию	Оборудование, устройство, приспособление	Материалы, вещества
1	Точение чистовое	Операция 015 Токарная чистовая с ЧПУ	Оператор станка с ЧПУ	Станок СА500СФ3К; токарный трехкулачковый патрон с пневмоприводом	Сталь 19ХГН; т/с Т15К6; СОЖ-НГЛ-205
2	Фрезерование пазов, сверление и цекование отверстий	Операция 025 Фрезерная с ЧПУ	Оператор станка с ЧПУ	Вертикально-фрезерный с ЧПУ 6ДМ13Ф1; приспособление специальное с пневмоприводом	Сталь 19ХГН; б/р сталь Р6М5, т/с Т15К6; СОЖ-НГЛ-205

5.2 Идентификация производственно-технологических и эксплуатационных профессиональных рисков.

В данном разделе приводится наименование модернизированных технологических операций технического объекта из таблицы 5.1, наименование опасных и вредных производственных факторов, согласно ГОСТ 12.0.003-74 ССБТ, наименование используемого производственно-технологического и инженерно-технического оборудования, материалов, веществ, которые являются источником опасного и вредного производственного фактора, нормативная техническая документация.

Таблица 5.2 – Идентификация профессиональных рисков.

№ п/п	Производственно-технологическая и/или эксплуатационно-технологическая операция, вид выполняемых работ	Опасный и /или вредный производственный фактор	Источник опасного или вредного производственного фактора
1	Операция 015 Токарная чистовая с ЧПУ	1) Повышенный уровень шума на рабочем месте. 2) Опасность поражения электрическим током. 3) В связи с использование СОЖ повышенная загазованность на рабочем месте.	Токарный станок с ЧПУ СА500СФЗК
2	Операция 025 Фрезерная с ЧПУ	1) Повышенный уровень шума на рабочем месте. 2) Опасность поражения электрическим током. 3) В связи с использованием	Вертикально-фрезерный станок с ЧПУ 6ДМ13Ф1

Продолжение табл. 5.2

		СОЖ повышенная загазованность на рабочем месте.	
--	--	---	--

5.3 Методы и технические средства снижения профессиональных рисков.

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

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

№ п/п	Опасный и / или вредный производственный фактор	Организационные методы и технические средства защиты, снижения, устранения опасного или вредного производственного фактора	Средства индивидуальной защиты работника
1	Повышенный уровень шума на рабочем месте	Оператор станка находится на удалении от станка и производит только загрузку-выгрузку обработанных деталей и заготовок.	Наушники защитные. Костюм хлопчато-бумажный или вискозно-лавсановый
2	Опасность поражения электрическим током	Ограждение и электрическое заземление оборудования	Костюм и брюки хлопчато-бумажные или вискозно-лавсановый; ботинки кожаные; рукавицы хлопчатобумажные.

Продолжение табл. 5.3

3	В связи с использованием СОЖ повышенная загазованность на рабочем месте.	Оператор станка должен быть одет в респиратор.	Респиратор.
---	--	--	-------------

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

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

5.4.1 Идентификация опасных факторов пожара.

Таблица 5.4 – Идентификация классов и опасных факторов пожара.

№ п/п	Участок, подразделение	Оборудование	Класс пожара	Опасные факторы пожара	Сопутствующие проявления факторов пожара
1	Цех механической обработки	Токарный станок с ЧПУ СА500СФ3К; Вертикально-фрезерный станок с ЧПУ 6ДМ13Ф1	Е	1) тепловой поток; 2) пламя и искры; 3) снижение видимости в дыму; 4) пониженная концентрация кислорода в задымленных пространственных зонах.	1) вынос (замыкание) высокого электрического напряжения на токопроводящие части технологических установок, оборудования, агрегатов, изделий и иного

Продолжение табл. 5.4

					имущества; 2) образующиеся в процессе пожара 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 систем пожаротушения	Средства пожарной автоматики	Пожарное оборудование	Средства индивидуальной защиты и спасения людей при пожаре	Пожарный инструмент (механизированный и немеханизированный)	Пожарные сигнализация, связь и оповещение.
Огнетушители, ящики с песком	Пожарные автомобили, пожарные лестницы	Пожарные гидранты	Автоматизированные средства 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 СА500СФ3К	Проведение инструктажа по пожарной безопасности. Применение автоматических приборов оповещения. Контроль правильной эксплуатации оборудования.	Запрет на курение и на применение открытого огня в цехе. Применение средств автоматического оповещения и пожаротушения в цехе.
Вертикально-фрезерный станок с ЧПУ 6ДМ13Ф1	Проведение инструктажа по пожарной безопасности. Применение автоматических приборов оповещения. Контроль правильной эксплуатации оборудования.	Запрет на курение и на применение открытого огня в цехе. Применение средств автоматического оповещения и пожаротушения в цехе.

5.5 Обеспечение экологической безопасности рассматриваемого технического объекта.

В данном разделе проводится идентификация негативных (вредных, опасных) экологических факторов, возникающих при реализации технологического процесса, и возникающих при эксплуатации проектируемого производственно-технического объекта и возникающих при утилизации производственно-технологических отходов и брака. Разрабатываются конкретные технические и организационно-технические

мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия на окружающую среду производимым данным техническим объектом в процессе его производства, технической эксплуатации и конечной утилизации по завершению его жизненного цикла.

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.	Воздействия 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 СА500СФ3К	Газ от испарения СОЖ	Использованная СОЖ	Возможно попадание использованной СОЖ на почву. Возможно попадание стружки в почву.
Фрезерование	Вертикально-фрезерный станок с ЧПУ 6ДМ13Ф1	Газ от испарения СОЖ	Использованная СОЖ	Возможно попадание использованной СОЖ в

Продолжение табл. 5.7

				почву. Возможно попадание стружки в почву.
--	--	--	--	--

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

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

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

5.6 Заключение.

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

6 ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ РАБОТЫ

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

Рассмотрим предлагаемые совершенствования на предмет экономической обоснованности внедрения изменений в ТП изготовления детали «Корпус». Подробная информация, описывающая технологический процесс ее изготовления, рассмотрен в предыдущих разделах, поэтому считаем необходимым указать только основные отличия между сравниваемыми вариантами процесса изготовления.

Базовый вариант.

На операции 015 производится чистовая токарная обработка поверхностей на токарном станке с ЧПУ, модель СА500СФЗК. Для закрепления детали используется трехкулачковый патрон. Обработка осуществляется при помощи резцов из твердого сплава Т15К6 в количестве 4-х шт.

На операции 030 выполняется фрезерование и сверление поверхностей на вертикально-фрезерном станке с ЧПУ модели 6ДМ13Ф1. Зажим обеспечивают гидрозажимные тиски с призмами. Получение нужных поверхностей достигается применением набора инструментов:

- фреза из Т15К6 – 2 шт.,
- фреза из Р6М5,
- сверло из Р6М5 – 2 шт.,
- цековка из Р6М5.

Проектный вариант.

Отличительной особенностью выполнения операции 015 является оснастка, а именно трехкулачковый автоматизированный патрон,

обеспечивающий сокращение не только вспомогательного, но и основного времени.

Результатом изменений технологического процесса на токарной операции стало сокращение времени:

- вспомогательное время с 0,78 мин. до 0,39 мин.;
- основное время – с 1,33 мин до 0,96 мин.;
- штучного времени – с 2,11 мин до 1,58 мин.

Особенностью выполнения операции 30 является применяемый инструмент, т.е. цековка, которая имеет сборную конструкцию такую, что направляющая и режущая часть съемные, поэтому легче производить заточку режущей части.

Предложенные изменения по фрезерной операции на трудоемкость выполнения операции не оказали влияния. Однако упрощение заточки цековки поможет сократить расходы по инструменту за счет снижения стоимости на переточку инструмента.

Для полноценного обоснования экономической эффективности предлагаемых изменений, по рассмотренным операциям, необходимо определить капитальные вложения в осуществление работы. Получить значение необходимой нам величины поможет методика определения капитальных вложений [12], согласно которой, она составляет $K_{ВВ,ПР} = 45454,67$ руб.

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

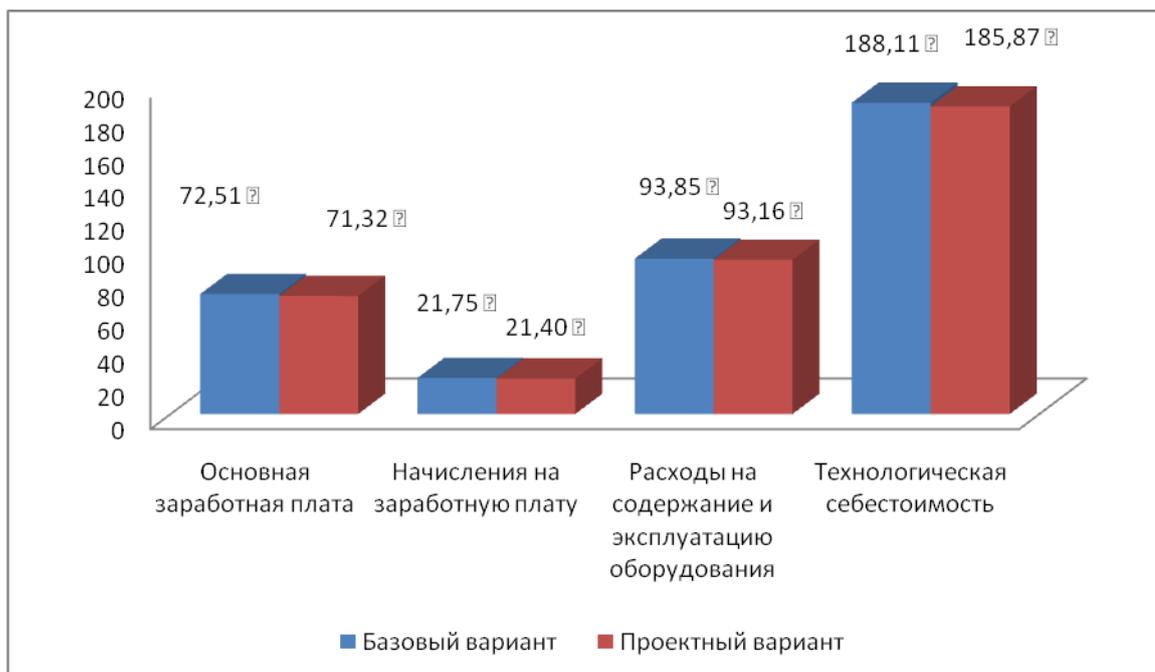


Рис. 6.1. Структура технологической себестоимости изготовления вала шестерня по сравниваемым вариантам

Для дальнейших расчетов нам понадобится значение полной себестоимости, которое можно определить, используя методику составления калькуляции полной себестоимости [12]. Подставив значения мы получили расчетных данные, по базовому варианту – 453,4 руб.; а по проектному варианту – 446,81 руб.

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

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

$$P_{P.OЖ} = \Delta_{УГ} = (453,4 - 446,81) \cdot 5000 = 32950 \text{ руб.}$$

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

$$H_{ПРИБ} = 32950 \cdot 0,2 = 6590 \text{ руб.}$$

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

$$P_{P.ЧИСТ} = 32950 - 6590 = 26360 \text{ руб.}$$

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

$$T_{\text{ОК.РАСЧ}} = \frac{45454,67}{26360} + 1 = 2,72 = 3 \text{ года}$$

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

$$D_{\text{ОБЩ.ДИСК}} = P_{\text{Р.ЧИСТ.ДИСК}}(T) = 26360 \cdot \left(\frac{1}{\langle +0,2 \rangle} + \frac{1}{\langle +0,2 \rangle} + \frac{1}{\langle +0,2 \rangle} \right) = 55514,16 \text{ руб.}$$

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

$$\mathcal{Э}_{\text{ИНТ}} = \mathcal{ЧДД} = 55514,16 - 45454,67 = 10059,49 \text{ руб.}$$

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

$$ИД = \frac{55514,16}{26360} = 1,22 \text{ руб./руб.}$$

Рассматриваемые изменения технологического процесса изготовления детали «Корпус», можно считать экономически обоснованными. Так как, во-первых, они приведут к снижению себестоимости на 1,45%. А во вторых, интегральный экономический эффект от совершенствования ТП составит 10059,49 руб., что также подтверждает эффективность работы.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате проделанной работы нами выполнен технологический процесс изготовления корпуса трехкулачкового рычажного патрона. Осуществлено оснащение техпроцесса современным оборудованием и технологическими средствами.

На 015 Токарную чистовую операцию спроектировано автоматизированное станочное приспособление – трехкулачковый патрон с пневмоприводом.

Для выполнения поверхностей под крепеж на 030 фрезерной операции нами спроектирована сборная конструкция цековоки, которая предполагает съем цапфы для универсализации и простоты переточки.

В работе проведен анализ безопасности и технологичности технического объекта.

Экономический расчет показал эффективность работы.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Марочник сталей и сплавов / сост. А. С. Зубченко [и др.] ; под ред. А. С. Зубченко. - 2-е изд., перераб. и доп. - Москва : Машиностроение, 2003. - 782 с.
2. 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.
3. Маталин, А. А. Технология машиностроения : учеб. для студ. вузов, обуч. по спец. 151001 напр. "Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроит. производств" / А. А. Маталин. - Изд. 3-е, стер. ; Гриф УМО. - Санкт-Петербург [и др.] : Лань, 2010. - 512 с.
4. 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.
5. Боровков, В.М. Заготовки в машиностроении : учеб. пособие для вузов по спец. 1201 "Технология машиностроения" / В. М. Боровков [и др.] ; ТГУ. - Гриф УМО; ТГУ. - Тольятти : ТГУ, 2007. - 67 с.
6. ГОСТ 7505 – 89. Поковки стальные штампованные. Допуски, припуски и кузнечные напуски. – 36 с.
7. Режимы резания металлов: Справочник / Ю.В.Барановский, Л.А.Брахман, А.И.Гадалевич и др. – М.: НИИТавтопром, 1995. – 456 с.
8. 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.

9. 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.

10. 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.

11. Горина, Л. Н. Раздел выпускной квалификационной работы «Безопасность и экологичность технического объекта». Уч.-методическое пособие. / Л. Н. Горина - Тольятти: изд-во ТГУ, 2016. – 33 с.

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

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

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

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

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

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

18. Расчет припусков и межпереходных размеров в машиностроении: Учеб. пособ. Для машиностроит. спец. вузов/ Я.М. Радкевич, В.А. Тимирязев

зев, А.Г. Схиртладзе, М.С. Островский; Под ред. В.А. Тимирязева. – 2-е изд. Высш. шк. 2007 г.

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

20. 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.

ПРИЛОЖЕНИЯ

<i>A11</i>	<i>XX. XX. XX 010 4233 Токарная черновая программная с ЧПУ ИОТ № 63</i>
<i>B12</i>	<i>38 1021 5 Токарный станок с ЧПУ СА500СФ3К 1 16045 322 1 1 1 1 142 1</i>
<i>O13</i>	<i>Точить поверхность 4, выдерживая размер 160.6_{-0.40};</i>
<i>O14</i>	<i>точить поверхность 5, выдерживая размер 54.2 ± 0.37.</i>
<i>МК</i>	

Т13	<i>396110 Патрон самоцентрирующий 3-х кулачковый ГОСТ 2675-80; 392190 Резец сборный проходной правый Т15К6 ГОСТ 18878-73;</i>
Т14	<i>392190 Резец сборный расточной Т15К6 ГОСТ 9795 – 84; 392190 Резец канавочный Р6М5 ГОСТ 18885-73.</i>
Т15	<i>392190 Резец канавочный Р6М5 ГОСТ 18885-73.; 393410 Микрометр ГОСТ 6507-90.</i>
Т16	<i>393120 Калибр – пробка для контроля отверстий ГОСТ 24851-81; 393311 Штангенциркуль ШЦЦ – I – 125 – 0.05 ГОСТ 166-89.</i>
МК	

О13	Фрезеровать поверхности 6, 7, 24 и 23, выдерживая размеры: $23.8^{+0.13}$; $120^0 \pm 30'$; фрезеровать пов.22, 25 и 26, выдерживая размеры
О14	$120^0 \pm 30'$; 26.9 ± 0.1 ; 35.32 ± 0.2 ; $35^{+0.62}$; фрезер. пов. 27, выдерж. размеры $120^0 \pm 15'$; $7.76^{+0.36}$; фрезер. пов. 11 и 12, выдерж. размеры R5;
О15	$20^{+0.52}$; $32^{+0.62}$; $120^0 \pm 30'$; сверлить 3 отв. пов.8 и 10, выдерж. размеры $\varnothing 11^{+0.43}$; $\varnothing 17^{+0.43}$; $120^0 \pm 30'$; цековать 3 отверстия поверхн. 9,
Т16	выдерживая размеры $\varnothing 10^{+0.36}$; $120^0 \pm 30'$.
Т17	XXXXXX Специальное зажимное приспособление; 391290 Сверло спиральное $\varnothing 11$ Р6М5 ГОСТ 2034 – 80;
МК	

Т13	<i>Ø10 P6M5 ГОСТ 26258-87; 391690 Зенкер цилиндрический Ø21.8 ГОСТ 1289-71; 393120 Калибр-пробка для контроля отв ГОСТ2015-84.</i>
Т14	<i>393140 Калибр резьбовой М8 ГОСТ 24997-2004; 393311 Штангенциркуль ШЦЦ – I – 250 – 0.05 ГОСТ 166-89; Угломер ГОСТ 5378-88.</i>
А15	<i>XX. XX. XX 035 4232 Сверлильная программная с ЧПУ ИОТ № 75</i>
Б16	<i>38 1022 0 Вертикально-сверлильный с ЧПУ 2P135Ф2-1 1 16045 322 1 1 1 1 142 1</i>
МК	

A12	38 1025 7 Торцекруглошлифовальный ЧПУ ШХ4104Ф20 1 16045 322 1 1 1 1 142 1
O14	Шлифовать поверхность 1, выдерживая размер 53.2 ± 0.37 ; шлифовать поверхность 2, выдерживая размеры $\varnothing 147.2 \pm 0.031$;
O15	Шлифовать поверхность 3, выдерживая размер $48.5_{-0.16}$.
T16	396110 Патрон мембранный кулачковый ГОСТ 3889 – 80;
T17	397130 Шлифовальный круг 3 250 25' 76.2' 24A F40 K6 V 40м/с 2кл ГОСТ Р 52781-2007.
МК	

A12	<i>XX. XX. XX 060 4236 Торцекруглошлифовальная чистовая программная ИОТ № 76</i>
Б13	<i>38 1025 7 Торцекруглошлифовальный ЧПУ ШХ4104Ф20 1 16045 322 1 1 1 1 142 1</i>
О14	<i>Шлифовать поверхность 1, выдерживая размер 53 ± 0.37; шлифовать поверхность 2, выдерживая размер $\varnothing 147.2 \pm 0.125$;</i>
О15	<i>шлифовать поверхность 3, выдерживая размер $4.48_{-0.1}$.</i>
МК	

Т12	396110 Патрон мембранный кулачковый ГОСТ 3889 –80; 394630 Прибор активного контроля БВ – 6060 –УНВ-40 ГОСТ 8517-80;
Т13	397130 Шлифовальный круг 1 20 6' 10' 24А М16 К6 V 40м/с 2кл ГОСТ Р 52781 – 2007.
А14	XX.XX.XX. 075 4196 Полировальная ИОТ № 79
Б15	38 1337 3 Шлифовально-полировальный станок 3853 1 15887 322 1 1 1 1 142 1
МК	

Б11	<i>X74306 Промывочный агрегат мод. М2-400</i>
О12	<i>Тщательно промыть все поверхности</i>
А13	<i>XX.XX.XX. 90 0220 Контрольная ИОТ № 91</i>
Б14	<i>X92122 Плита 1 – 1 – 630 x 400 ГОСТ 10905 - 86</i>
О15	
МК	