

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Тольяттинский государственный университет»

Институт машиностроения

(наименование института полностью)

Кафедра «Оборудование и технологии машиностроительного производства»

(наименование кафедры)

15.03.01 «Машиностроение»

(код и наименование направления подготовки, специальности)

Технологии, оборудование и автоматизация машиностроительных  
производств

(направленность (профиль)/ специализация)

**БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА**

на тему Разработка технологического процесса изготовления цанги патрона  
токарного станка

Студент

А.А. Вохрамеев

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

Н.Ю. Логинов

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Консультанты

Н.В. Зубкова

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

П.А. Корчагин

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

А.Г. Егоров

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

**Допустить к защите**

Заведующий кафедрой к.т.н., доцент Н.Ю. Логинов

(ученая степень, звание, И.О. Фамилия)

(личная подпись)

« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2019 г.

Тольятти 2019

## АННОТАЦИЯ

Вохрамеев Александр Александрович

Тема выпускной квалификационной работы: «Разработка технологического процесса изготовления цанги патрона токарного станка».

Кафедра «Оборудование и технологии машиностроительного производства».

Тольятти, Тольяттинский государственный университет, 2019 г.

Выпускная квалификационная работа посвящена разработке техпроцесса изготовления цанги патрона токарного станка. В работе выполнен анализ исходных данных, разработана технологическая часть, где рассчитана себестоимость изготовления заготовки, выбраны методы обработки поверхностей, рассчитаны припуски на обработку, проведен выбор средств технологического оснащения и рассчитаны режимы обработки. В работе рассчитаны и спроектированы некоторые специальные технологические средства оснащения.

В работе выполнен раздел по анализу безопасности и экологичности и рассчитана экономическая эффективность.

Пояснительная записка состоит из 56 страниц, графическая часть работы составляет 7 листов формата А1.

## СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	5
1 Анализ исходных данных .....	6
1.1 Назначение и условия работы детали .....	6
1.2 Систематизация поверхностей детали.....	6
1.3 Анализ требований к поверхностям детали.....	7
2 Разработка технологической части работы .....	8
2.1 Выбор типа производства.....	8
2.2 Выбор стратегии разработки технологического процесса.....	8
2.3 Выбор метода получения заготовки.....	9
2.4 Выбор методов обработки поверхностей.....	10
2.5 Расчет припусков.....	12
2.6 Проектирование заготовки.....	14
2.7 Выбор средств технологического оснащения.....	15
2.8 Расчет режимов резания.....	16
3 Проектирование специальных средств оснащения.....	29
3.1 Исходные данные .....	29
3.2 Определение зажимного усилия .....	29
3.3 Расчёт механизма зажима .....	30
4 Проектирование режущего инструмента .....	32
5 Безопасность и экологичность технического объекта .....	35
5.1 Конструктивно-технологическая и организационно-техническая характеристики рассматриваемого технического объекта.....	35
5.2 Идентификация профессиональных рисков.....	35
5.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков.....	37
5.4 Обеспечение пожарной безопасности технического объекта.....	38
5.5 Обеспечение экологической безопасности технического объекта..	40
5.6 Заключение.....	42

6 Экономическая эффективность работы .....	44
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	48
СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ .....	49
ПРИЛОЖЕНИЕ А.....	52

## **ВВЕДЕНИЕ**

В машиностроении приспособлениями называются такие вспомогательные устройства, которые используются для выполнения операций механической обработки, сборки и контроля.

Современные механосборочные производства имеют большое количество приспособлений. В крупносерийном и массовом производствах на каждую позицию изготавливаемых деталей приходится приблизительно по 10 таких устройств.

В современном машиностроении сложность построения технологических процессов приводит к широкой номенклатуре конструкций приспособлений и к росту требований, предъявляемых к ним. Неправильные конструктивные решения и ошибки в изготовлении приспособлений приводят к удлинению сроков подготовки производства.

Одним из представителей этих станочных механизмов является цанговые патроны, замыкающим звеном которых является цанга.

Целью выпускной квалификационной работы является разработка технологического процесса изготовления цанги патрона токарного станка заданного качества с минимальными затратами на производство.

# 1 Анализ исходных данных

## 1.1. Назначение и условия работы детали.

Цанга предназначена для базирования заготовки в приспособлении. Толкатель в патроне линейно воздействует на внутренний конус цанги и она, разжимаясь, прижимается к внутренней поверхности заготовки.

## 1.2 Систематизация поверхностей детали.

Выявим наиболее важные поверхности детали для их качественного изготовления.

Пронумеруем поверхности детали и представим их на рисунке 1.1.

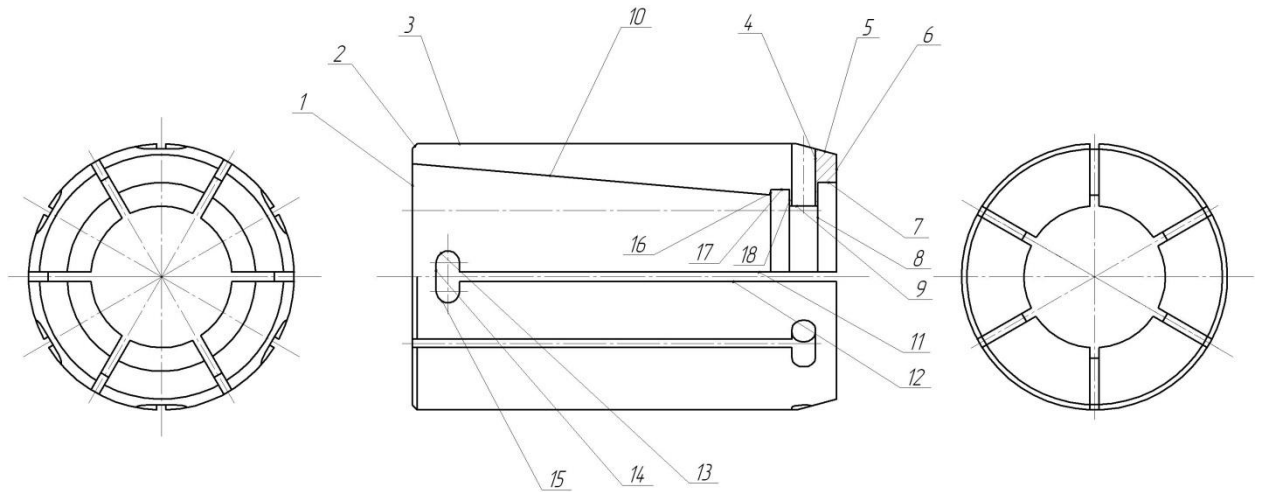


Рис . 1.2. Систематизация поверхностей детали

Исполнительными поверхностями детали являются наружная цилиндрическая поверхность 3, которая зажимает заготовку, и внутренняя коническая поверхность 10, на которую воздействует толкатель в узлов.

Основными конструкторскими базами детали являются внутренняя цилиндрическая поверхность 7 и торцовая поверхность 6.

Вспомогательной конструкторской базой детали является еще одна торцовая поверхность 1.

Остальные поверхности являются свободными.

### 1.3 Анализ требований к поверхностям детали.

В химический состав стали 65Г ГОСТ 14959-79 входят хром (Cr) с процентным содержанием не более 0,25, марганец (Mn) с процентным содержанием 0,5-0,8%, кремний (Si) с процентным содержанием 0,17-0,37%, углерод (C) с процентным содержанием 0,62-0,70%, сера (S) с процентным содержанием не более 0,035%, фосфор (P) с процентным содержанием не более 0,035%. Остальную часть составляет железо (Fe). [1]

Механические свойства стали 65Г после заготовительной операции:  $\sigma_b=980$  МПа,  $\sigma_T=785$  МПа, твердость заготовки 235...255 НВ.

Механические и химические свойства материала обеспечивают удовлетворительную работу детали в механизме.

Наиболее рациональными методами получения заготовки являются штамповка на ГКМ и прокат. Эти два варианта получения заготовки будут сравниваться в дальнейшем.

Точность изготовления поверхностей и их шероховатость зависят от условий работы детали. Изменение этих параметров приведет к снижению работоспособности детали, снижению точности базирования детали в механизме. Рост шероховатости поверхностей приведет к уменьшению параметров надежности трущихся поверхностей и их интенсивному изнашиванию.

Расположение и форма поверхностей рассматриваемой детали позволяет довольно свободную их обработку стандартными режущими инструментами, а также мерительными устройствами, которые широко применяются в серийном машиностроительном производстве.

Для выхода резца и шлифовального круга предусмотрена канавка.

В результате анализа требований, применяемым к поверхностям детали, их формы и взаиморасположение можно сделать заключение о достаточно высокой технологичности детали.

## 2 Разработка технологической части работы

### 2.1 Выбор типа производства.

«Тип производства зависит от двух факторов: заданного программы выпуска и трудоемкости изготовления детали. Нередко трудоемкость (при определении типа производства) выражают через массу детали». [2]

В нашем случае, исходными факторами, определяющими тип производства, являются масса детали и годовая программа выпуска. Масса нашей детали – 0,7 кг, годовая программа выпуска – 5000 шт/год.

Для массы детали до 1 кг и при годовой программе выпуска от 1500 до 100000 штук принимаем среднесерийное производство. [2]

### 2.2. Выбор стратегии разработки техпроцесса.

«Характерным признаком серийного производства является выполнение на рабочих местах относительно небольшого числа периодически повторяющихся операций. В серийном производстве используют как специальные средства технологического оснащения, так и универсальные. Оборудование в цехах располагают по ходу технологического процесса. Технологические процессы в серийном производстве разрабатываются подробно. Квалификация рабочих в целом ниже, чем в единичном производстве, но остается высокой, например при работе на станках с ЧПУ». [2]

Для серийного производства характерна групповая форма организации технологических процессов. Рассчитываем размер партии для запуска по формуле:

$$n = \frac{N \times a}{254},$$

где  $a = 24$  – периодичность запуска; при запуске 1 раз в месяц;

$N = 5000$  – годовая программа выпуска деталей.

$$n = \frac{5000 \times 24}{254} = 472 \text{шт.}$$



### 2.3 Выбор метода получения заготовки.

Как уже упоминалось заготовку рационально получить штамповкой на ГКМ или из сортового проката. Сравним себестоимость этих двух вариантов.

Класс точности штамповки – 4 [3], степень сложности – 1, масса штамповки – 1,7 кг.

Размеры заготовки из проката – Ø58x92 мм, масса заготовки из проката – 2,05 кг.

Определим стоимость снятия одного килограмма стружки при механической обработке [4].

$$C_{\text{мех}} = C_c + E_H \cdot C_K, \quad (2.1)$$

где  $C_c = 0,495$ ;  $E_H = 0,15$ ;  $C_K = 1,085$  . [4]

Тогда

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

Определяем стоимость одного килограмма заготовки, полученной штамповкой [4].

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

где  $C_{\text{шт}} = 0,315$ ;  $k_T = 0,9$ ;  $k_C = 0,84$ ;  $k_B = 1,14$ ;  $k_M = 1,0$ ;  $k_{\Pi} = 1,0$  . [4]

Тогда

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

Определим технологическую себестоимость изготовления детали, полученной штамповкой [4].

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

где  $Q_{\text{шт}} = 3,1$ ;  $q = 1,6$ ;  $C_{\text{отх}} = 0,0144$  . [4]

Тогда

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

Определим технологическую себестоимость изготовления детали, полученной штамповкой [4].

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

где  $Q_{шт} = 1,7; q = 0,7; C_{отх} = 0,0144$  .[4]

Тогда

$$C_{ми} = 0,2715 \cdot 1,7 + 0,6578 (7 - 0,7) \cdot 0,0144 = 1,10 \text{ руб.}$$

Определим технологическую себестоимость изготовления детали, полученную прокатом [4].

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

где  $Q_{пр} = 2,05$  .

Тогда

$$C_{ми} = 0,1219 \cdot 2,05 + 0,6578 (2,05 - 0,7) - 0,0144 (2,05 - 0,7) = 1,12 \text{ руб.}$$

По технологической себестоимости наиболее экономичным является изготовления детали из заготовки, полученной штамповкой.

При этом мы наблюдаем годовую экономию:

$$\mathcal{E}_z = C_{ми} - C_{шт} \cdot Y_z = 12 - 1,10 \cdot 1000 = 100 \text{ руб.}$$

#### 2.4 Выбор методов обработки поверхностей.

В этом разделе проанализируем поверхности детали и выберем методы их обработки в зависимости от качества точности и параметра шероховатости.

Для обработки поверхности №1 с параметрами IT14, Ra 3,2 принимаем следующие виды механической обработки: черновое и чистовое точение.

Для обработки поверхности №2 с параметрами IT14, Ra 3,2 принимаем следующие виды механической обработки: черновое и чистовое точение.

Для обработки поверхности №3 с параметрами IT9, Ra 0,8 принимаем следующие виды механической обработки: черновое и чистовое точение, черновое и чистовое шлифование.

Для обработки поверхности №4 с параметрами IT14, Ra 3,2 принимаем следующие виды механической обработки: сверление.

Для обработки поверхности №5 с параметрами IT14, Ra 3,2 принимаем следующие виды механической обработки: черновое и чистовое точение.

Для обработки поверхности №6 с параметрами IT14, Ra 3,2 принимаем следующие виды механической обработки: черновое и чистовое точение.

Для обработки поверхности №7 с параметрами IT14, Ra 3,2 принимаем следующие виды механической обработки: черновое и чистовое точение.

Для обработки поверхности №8 с параметрами IT14, Ra 3,2 принимаем следующие виды механической обработки: черновое и чистовое точение.

Для обработки поверхности №9 с параметрами IT14, Ra 3,2 принимаем следующие виды механической обработки: черновое и чистовое точение.

Для обработки поверхности №10 с параметрами IT9, Ra 0,8 принимаем следующие виды механической обработки: черновое и чистовое точение, черновое и чистовое шлифование.

Для обработки поверхности №11 с параметрами IT14, Ra 3,2 принимаем следующие виды механической обработки: фрезерование.

Для обработки поверхности №12 с параметрами IT14, Ra 3,2 принимаем следующие виды механической обработки: фрезерование.

Для обработки поверхности №13 с параметрами IT14, Ra 3,2 принимаем следующие виды механической обработки: фрезерование.

Для обработки поверхности №14 с параметрами IT14, Ra 3,2 принимаем следующие виды механической обработки: сверление, фрезерование.

Для обработки поверхности №15 с параметрами IT14, Ra 3,2 принимаем следующие виды механической обработки: фрезерование.

Для обработки поверхности №16 с параметрами IT14, Ra 3,2 принимаем следующие виды механической обработки: черновое и чистовое точение.

Для обработки поверхности №17 с параметрами IT14, Ra 3,2 принимаем следующие виды механической обработки: черновое и чистовое точение.

Для обработки поверхности №18 с параметрами IT14, Ra 3,2 принимаем следующие виды механической обработки: черновое и чистовое точение.

## 2.5 Расчет припусков.

«Припуск – слой материала, удаляемый с поверхности заготовки при обработке. Расчет припусков состоит в определении толщины этого слоя. Припуск должен быть минимальным, чтобы уменьшить количество снимаемого материала и расходы на обработку, и в то же время достаточным, чтобы исключить появление на обработанной поверхности дефектов (повышенной шероховатости, черноты, отбеленного слоя и т.п.) черновых операций». [2]

Определим припуски на обработку самой точной поверхности. Для расчета припусков возьмем поверхность с параметрами  $\varnothing 56,4h9_{(-0,074)}$  мм, длиной  $L=80$  мм и шероховатостью  $Ra = 0,8$  мкм. Технологический маршрут изготовления этой поверхности состоит из: точения чернового и чистового, термообработки, шлифования чернового и чистового.

Для каждого перехода определяем суммарную величину (мм)

$$a = R_z + h_a . [5]$$

$$\Delta = 0,25 \cdot Td . [5]$$

$$\Delta_0 = 0,25 \cdot 0,7 = 0,175 .$$

$$\Delta_{01} = 0,25 \cdot 0,30 = 0,075 .$$

$$\Delta_{02} = 0,25 \cdot 0,074 = 0,019 .$$

$$\Delta_{70} = 0,25 \cdot 0,12 = 0,030 .$$

$$\Delta_{03} = 0,25 \cdot 0,074 = 0,019 .$$

$$\Delta_{04} = 0,25 \cdot 0,074 = 0,019 .$$

Определим минимальные и максимальные предельные значения припусков (мм)

$$Z_{\min} = a_{i-1} + \sqrt{\Delta_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2} . [5]$$

$$Z_{1\min} = a_0 + \sqrt{\Delta_0^2 + \varepsilon_1^2} = 0,4 + \sqrt{0,175^2 + 0,025^2} = 0,577 .$$

$$Z_{2\min} = a_1 + \sqrt{\Delta_1^2 + \varepsilon_2^2} = 0,2 + \sqrt{0,075^2 + 0} = 0,275 .$$

$$Z_{3\min} = a_2 + \sqrt{\sigma_{\delta 0}^2 + \varepsilon_3^2} = 0,1 + \sqrt{0,030^2 + 0^2} = 0,13.$$

$$Z_{4\min} = a_3 + \sqrt{\sigma_{\delta 3}^2 + \varepsilon_4^2} = 0,03 + \sqrt{0,019^2 + 0} = 0,049.$$

$$Z_{i\max} = Z_{i\min} + 0,5 \sigma_{d_{i-1} + Td_i}. \quad [5]$$

$$Z_{1\max} = Z_{1\min} + 0,5 \sigma_{d_0 + Td_1} = 0,577 + 0,5 \sigma_{0,7 + 0,3} = 1,077.$$

$$Z_{2\max} = Z_{2\min} + 0,5 \sigma_{d_1 + Td_2} = 0,275 + 0,5 \sigma_{0,3 + 0,074} = 0,462.$$

$$Z_{3\max} = Z_{3\min} + 0,5 \sigma_{d_2 + Td_3} = 0,13 + 0,5 \sigma_{0,074 + 0,074} = 0,204.$$

$$Z_{4\max} = Z_{4\min} + 0,5 \sigma_{d_3 + Td_4} = 0,049 + 0,5 \sigma_{0,074 + 0,074} = 0,123.$$

Тогда

$$d_{4\min} = 56,326.$$

$$d_{4\max} = 56,400.$$

$$d_{3\min} = d_{4\max} + 2Z_{4\min} = 56,400 + 2 \cdot 0,049 = 56,498.$$

$$d_{3\max} = d_{3\min} + Td_4 = 56,498 + 0,074 = 56,572.$$

$$d_{TO\min} = d_{3\max} + 2Z_{3\min} = 56,572 + 2 \cdot 0,130 = 56,832.$$

$$d_{TO\max} = d_{TO\min} + Td_{TO} = 56,832 + 0,120 = 56,952.$$

$$d_{2\min} = d_{TO\min} \cdot 0,999 = 56,952 \cdot 0,999 = 56,895.$$

$$d_{2\max} = d_{2\min} + Td_2 = 56,895 + 0,074 = 56,969.$$

$$d_{1\min} = d_{2\max} + 2Z_{2\min} = 56,969 + 2 \cdot 0,275 = 57,519.$$

$$d_{1\max} = d_{1\min} + Td_1 = 57,519 + 0,300 = 57,819.$$

$$d_{0\min} = d_{1\max} + 2Z_{1\min} = 57,819 + 2 \cdot 0,577 = 58,973.$$

$$d_{0\max} = d_{0\min} + Td_0 = 58,973 + 0,700 = 59,673.$$

Определяем средние значения размера (мм)

$$d_{cpi} = 0,5 \sigma_{d_{i\max} + d_{i\min}}.$$

$$d_{cp0} = 0,5 \sigma_{d_{0\max} + d_{0\min}} = 0,5 \sigma_{59,673 + 58,973} = 59,323.$$

$$d_{cp1} = 0,5 \sigma_{d_{1\max} + d_{1\min}} = 0,5 \sigma_{57,819 + 57,519} = 57,669.$$

$$d_{cp2} = 0,5 (d_{2max} + d_{2min}) = 0,5 (66,969 + 56,895) = 56,932 .$$

$$d_{cpTO} = 0,5 (d_{TOmax} + d_{TOmin}) = 0,5 (66,832 + 56,952) = 56,892 .$$

$$d_{cp3} = 0,5 (d_{3max} + d_{3min}) = 0,5 (66,572 + 56,498) = 56,535 .$$

$$d_{cp4} = 0,5 (d_{4max} + d_{4min}) = 0,5 (66,400 + 56,326) = 56,363 .$$

Определяем общий припуск на обработку (мм)

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

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

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

$$2Z_{min} = 58,973 - 56,400 = 2,573 .$$

$$2Z_{max} = 2,573 + 0,7 + 0,074 = 3,347 .$$

$$2Z_{cp} = 0,5 (3,347 + 2,573) = 2,960 .$$

Схема расположения допусков приведена на рисунке 2.1.

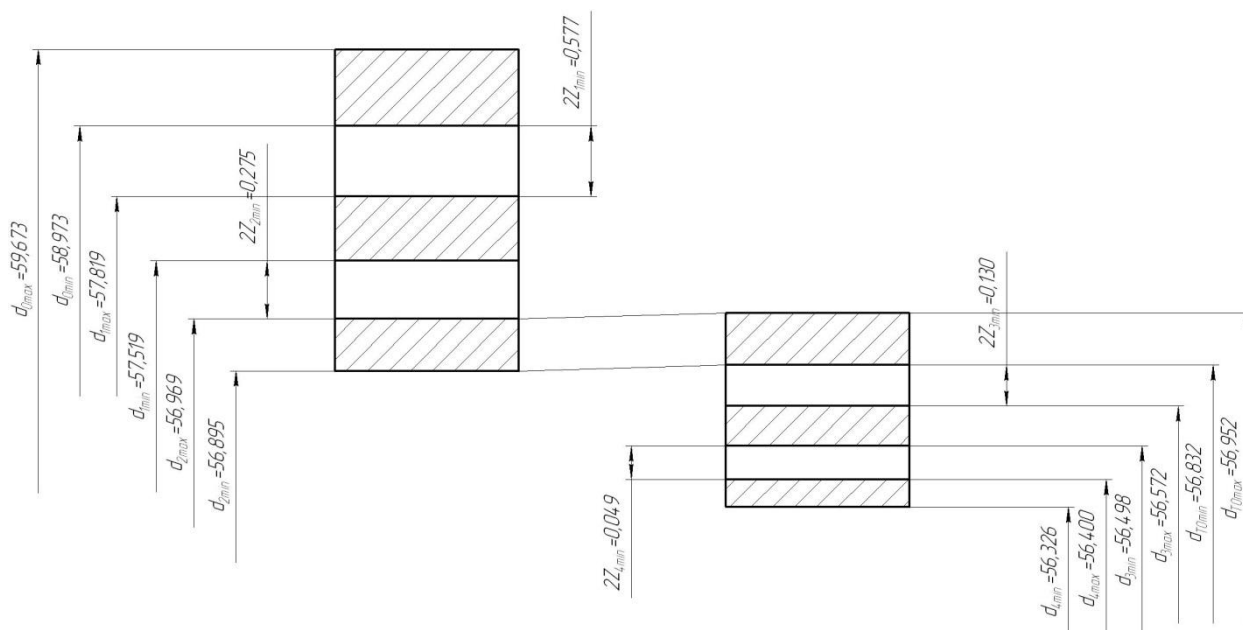


Рис. 2.1. Схема расположения припусков и полей допусков  $\text{Ø}56,4\text{h}9(-0,074)$ .

## 2.6 Проектирование заготовки.

Для штамповки по ГОСТ 7505-89 [3] выбираем:

Группа стали - М2; класс точности - Т4.

Определим степень сложности поковки.

В нашем случае геометрической фигурой, в которую можно вписать деталь, является цилиндр. Объемы штамповки и цилиндра найдем с помощью трехмерного проектирования.

$$G_{\Pi} = 1,7, \text{ кг}; G_{\Phi} = 2,05, \text{ кг}.$$

$$\frac{G_{\Pi}}{G_{\Phi}} = \frac{1,7}{2,05} = 0,86.$$

Таким образом, степень сложности штамповки - С1; исходный индекс заготовки – 4. [3]

## **2.7 Выбор средств технологического оснащения.**

«Для реализации любого технологического процесса необходима совокупность орудий труда, называемых средствами технологического оснащения (СТО). СТО делятся на технологическое оборудование и технологическую оснастку». [2]

Для оснащения техпроцесса технологическим оборудованием на токарных черновых и чистовых операциях 005, 010, 015 и 020 выберем токарный станок с числовым программным управлением модели 16Б20ТМ, который предназначен для токарной обработки в полуавтоматическом режиме наружных и внутренних поверхностей деталей типа тел вращения со ступенчатым и криволинейным профилем различной сложности. Станок оснащен восьмипозиционной револьверной головкой ВТР-100.[6]

Для оснащения техпроцесса технологическим оборудованием на фрезерной 025 операции примем вертикально-фрезерный станок с ЧПУ и автоматической сменой инструмента модели ГФ-2171, который предназначен для многооперационной обработки разнообразных деталей сложной конфигурации из стали, чугуна, цветных и легких сплавов. Наряду с фрезерными операциями на станке можно проводить точное сверление, зенкерование, развертывание и растачивание отверстий, связанных координатами.

Для оснащения техпроцесса технологическим оборудованием на фрезерной 030 операции примем горизонтально-фрезерный станок 6К81Г. Наличие на станке горизонтального шпинделя и перемещение стола по трем осям, обширный охват вращения шпинделя позволяет задавать высокие режимы фрезерования и охватить широкий спектр операций при обработке с высокой производительностью деталей из разнородных типов материалов, вмещающий легированные конструкционные металлопрокатные сплавы и неметаллические материалы.

Для оснащения технологического процесса на шлифовальных операциях 040 и 050, где ведется обработка внутренних цилиндрических поверхностей выбираем внутришлифовальный станок 3К228А, предназначенный для обработки цилиндрических и конических отверстий в деталях тел вращения типа втулки и диска методом шлифования. На этих станках можно обрабатывать отверстия зубчатых колес, внутренних колец шарикоподшипников и роликоподшипников, роликовые дорожки наружных колец роликовых подшипников, отверстия кондукторных втулок, переходных втулок с конусом Морзе, различных режущих инструментов, например фрез, насадных разверток и т.д.

Для оснащения технологического процесса на шлифовальных операциях 045 и 055, где ведется обработка цилиндрических шеек, в качестве технологического оборудования выбираем круглошлифовальный станок модели 3М193, который предназначен для шлифования конических и цилиндрических поверхностей в условиях массового и серийного производства.

## **2.8 Расчет режимов резания.**

### **2.8.1 Режимы резания на операцию 005 Токарная черновая.**

Переход I.

Глубина резания  $t = 2,5$  мм; подача  $S = 0,5$  мм/об; скорость резания  $V_0 = 150$  м/мин.



«Расчет скорости резания  $V$  и частоты вращения шпинделя  $n$ ». [7]

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

где  $K_1 = 1,1$ ;  $K_2 = 0,88$ ;  $K_3 = 0,65$ ;  $K_4 = 1,0$ . [7]

Тогда  $V = 150 \cdot 1,1 \cdot 0,88 \cdot 0,65 \cdot 1,0 = 94,38$ , м/мин.

«Расчёт величины  $n$ , соответствующей исходному значению  $V$ ». [7]

$$n = \frac{1000 V}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 94,4}{3,14 \cdot 57,3} = 525, \text{ мин}^{-1}.$$

Примем  $n_{\phi} = 500 \text{ мин}^{-1}$ .

Уточним скорость резания

$$V_{\phi} = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 57,3 \cdot 500}{1000} = 90, \text{ м/мин.}$$

«Определение минутной подачи  $S$ , мм/мин». [7]

$$S = S_0 \cdot n = 0,5 \cdot 500 = 250, \text{ мм/мин.}$$

«Определение основного времени обработки детали на станке  $T_0$ , мин».

[7]

$$T_0 = \frac{L_{px}}{S} = \frac{73}{250} = 0,3, \text{ мин.}$$

Переход II.

Глубина резания  $t = 2,5$  мм; подача  $S = 0,5$  мм/об; скорость резания  $V_0 = 150$  м/мин.

«Расчет скорости резания  $V$  и частоты вращения шпинделя  $n$ ». [7]

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

где  $K_1 = 1,1$ ;  $K_2 = 0,88$ ;  $K_3 = 0,65$ ;  $K_4 = 1,0$ . [7]

Тогда  $V = 150 \cdot 1,1 \cdot 0,88 \cdot 0,65 \cdot 1,0 = 94,38$  м/мин.

«Расчёт величины  $n$ , соответствующей исходному значению  $V$ ». [7]

$$n = \frac{1000 V}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 94,4}{3,14 \cdot 29,5} = 1019 \text{ мин}^{-1}.$$

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

Уточним скорость резания

$$V_{\phi} = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 29,5 \cdot 1000}{1000} = 93 \text{ м/мин.}$$

«Определение минутной подачи S, мм/мин». [7]

$$S = S_0 \cdot n = 0,5 \cdot 1000 = 500 \text{ мм/мин.}$$

«Определение основного времени обработки детали на станке T<sub>0</sub>, мин».

[7]

$$T_0 = \frac{L_{px}}{S} = \frac{41}{500} = 0,1 \text{ мин.}$$

## 2.8.2 Режимы резания на операцию 010 Токарная черновая.

Переход I.

Глубина резания  $t = 2,5$  мм; подача  $S = 0,5$  мм/об; скорость резания  $V_0 = 150$  м/мин.

«Расчет скорости резания V и частоты вращения шпинделя n». [7]

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

где  $K_1 = 1,1$ ;  $K_2 = 0,88$ ;  $K_3 = 0,65$ ;  $K_4 = 1,0$ . [7]

Тогда  $V = 150 \cdot 1,1 \cdot 0,88 \cdot 0,65 \cdot 1,0 = 94,38$  м/мин.

«Расчёт величины n, соответствующей исходному значению V». [7]

$$n = \frac{1000 V}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 94,4}{3,14 \cdot 57,3} = 525 \text{ мин}^{-1}.$$

Примем  $n_{\phi} = 500 \text{ мин}^{-1}$ .

Уточним скорость резания

$$V_{\phi} = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 57,3 \cdot 500}{1000} = 90 \text{ м/мин.}$$

«Определение минутной подачи S, мм/мин». [7]

$$S = S_0 \cdot n = 0,5 \cdot 500 = 250 \text{ мм/мин.}$$

«Определение основного времени обработки детали на станке T<sub>0</sub>, мин».

[7]

$$T_0 = \frac{L_{px}}{S} = \frac{37}{250} = 0,2 \text{ мин.}$$

Переход II.

Глубина резания  $t = 2,5$  мм; подача  $S = 0,5$  мм/об; скорость резания  $V_0 = 150$  м/мин.

«Расчет скорости резания  $V$  и частоты вращения шпинделя  $n$ ». [7]

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

где  $K_1 = 1,1$ ;  $K_2 = 0,88$ ;  $K_3 = 0,65$ ;  $K_4 = 1,0$ . [7]

Тогда  $V = 150 \cdot 1,1 \cdot 0,88 \cdot 0,65 \cdot 1,0 = 94,38$  м/мин.

«Расчёт величины  $n$ , соответствующей исходному значению  $V$ ». [7]

$$n = \frac{1000 V}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 94,4}{3,14 \cdot 47,1} = 638 \text{ мин}^{-1}.$$

Примем  $n_{\phi} = 630 \text{ мин}^{-1}$ .

Уточним скорость резания

$$V_{\phi} = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 47,1 \cdot 630}{1000} = 93 \text{ м/мин.}$$

«Определение минутной подачи  $S$ , мм/мин». [7]

$$S = S_0 \cdot n = 0,5 \cdot 630 = 315 \text{ мм/мин.}$$

«Определение основного времени обработки детали на станке  $T_0$ , мин».

[7]

$$T_0 = \frac{L_{\delta\delta}}{S} = \frac{84}{315} = 0,3 \text{ мин.}$$

2.8.3 Режимы резания на операцию 015 Токарная чистовая.

Переход I.

Глубина резания  $t = 0,25$  мм; подача  $S = 0,5$  мм/об; скорость резания  $V_0 = 150$  м/мин.

«Расчет скорости резания  $V$  и частоты вращения шпинделя  $n$ ». [7]

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

где  $K_1 = 1,1$ ;  $K_2 = 0,88$ ;  $K_3 = 0,65$ ;  $K_4 = 1,0$ . [7]

Тогда  $V = 150 \cdot 1,1 \cdot 0,88 \cdot 0,65 \cdot 1,0 = 94,38$  м/мин.

«Расчёт величины  $n$ , соответствующей исходному значению  $V$ ». [7]

$$n = \frac{1000 V}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 94,4}{3,14 \cdot 56,8} = 529 \text{ мин}^{-1}.$$

Примем  $n_{\phi} = 500 \text{ мин}^{-1}$ .

Уточним скорость резания

$$V_{\phi} = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 56,8 \cdot 500}{1000} = 89 \text{ м/мин.}$$

«Определение минутной подачи  $S$ , мм/мин». [7]

$$S = S_0 \cdot n = 0,5 \cdot 500 = 250 \text{ мм/мин.}$$

«Определение основного времени обработки детали на станке  $T_0$ , мин».

[7]

$$T_0 = \frac{L_{px}}{S} = \frac{73}{250} = 0,29 \text{ мин.}$$

Переход II.

Глубина резания  $t = 0,25 \text{ мм}$ ; подача  $S = 0,5 \text{ мм/об}$ ; скорость резания  $V_0 = 150 \text{ м/мин}$ .

«Расчет скорости резания  $V$  и частоты вращения шпинделя  $n$ ». [7]

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

где  $K_1 = 1,1$ ;  $K_2 = 0,88$ ;  $K_3 = 0,65$ ;  $K_4 = 1,0$ . [7]

Тогда  $V = 150 \cdot 1,1 \cdot 0,88 \cdot 0,65 \cdot 1,0 = 94,38 \text{ м/мин}$ .

«Расчёт величины  $n$ , соответствующей исходному значению  $V$ ». [7]

$$n = \frac{1000 V}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 94,4}{3,14 \cdot 30} = 1002 \text{ мин}^{-1}.$$

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

Уточним скорость резания

$$V_{\phi} = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 30 \cdot 1000}{1000} = 94 \text{ м/мин.}$$

«Определение минутной подачи  $S$ , мм/мин». [7]

$$S = S_0 \cdot n = 0,5 \cdot 1000 = 500 \text{ мм/мин.}$$

«Определение основного времени обработки детали на станке  $T_0$ , мин».

[7]

$$T_0 = \frac{L_{\partial\delta}}{S} = \frac{8}{500} = 0,02 \text{ мин.}$$

Переход III.

Глубина резания  $t = 5$  мм; подача  $S = 0,5$  мм/об; скорость резания  $V_0 = 125$  м/мин.

«Расчет скорости резания  $V$  и частоты вращения шпинделя  $n$ ». [7]

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

где  $K_1 = 1,1$ ;  $K_2 = 0,88$ ;  $K_3 = 0,65$ ;  $K_4 = 1,0$ . [7]

Тогда  $V = 125 \cdot 1,1 \cdot 0,88 \cdot 0,65 \cdot 1,0 = 78,65$  м/мин.

«Расчёт величины  $n$ , соответствующей исходному значению  $V$ ». [7]

$$n = \frac{1000 V}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 78,65}{3,14 \cdot 40} = 626 \text{ мин}^{-1}.$$

Примем  $n_{\phi} = 630 \text{ мин}^{-1}$ .

Уточним скорость резания

$$V_{\phi} = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 40 \cdot 630}{1000} = 75 \text{ м/мин.}$$

«Определение минутной подачи  $S$ , мм/мин». [7]

$$S = S_0 \cdot n = 0,5 \cdot 630 = 315 \text{ мм/мин.}$$

«Определение основного времени обработки детали на станке  $T_0$ , мин».

[7]

$$T_0 = \frac{L_{px}}{S} = \frac{10}{315} = 0,03 \text{ мин.}$$

2.8.4 Режимы резания на операцию 020 Токарная чистовая.

Переход I.

Глубина резания  $t = 0,25$  мм; подача  $S = 0,5$  мм/об; скорость резания  $V_0 = 150$  м/мин.

«Расчет скорости резания  $V$  и частоты вращения шпинделя  $n$ ». [7]

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

где  $K_1 = 1,1; K_2 = 0,88; K_3 = 0,65; K_4 = 1,0$ . [7]

Тогда  $V = 150 \cdot 1,1 \cdot 0,88 \cdot 0,65 \cdot 1,0 = 94,38$  м/мин.

«Расчёт величины  $n$ , соответствующей исходному значению  $V$ ». [7]

$$n = \frac{1000 V}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 94,4}{3,14 \cdot 56,8} = 529 \text{ мин}^{-1}.$$

Примем  $n_{\phi} = 500 \text{ мин}^{-1}$ .

Уточним скорость резания

$$V_{\phi} = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 56,8 \cdot 500}{1000} = 89 \text{ м/мин.}$$

«Определение минутной подачи  $S$ , мм/мин». [7]

$$S = S_0 \cdot n = 0,5 \cdot 500 = 250 \text{ мм/мин.}$$

«Определение основного времени обработки детали на станке  $T_0$ , мин».

[7]

$$T_0 = \frac{L_{px}}{S} = \frac{37}{250} = 0,2 \text{ мин.}$$

Переход II.

Глубина резания  $t = 0,25$  мм; подача  $S = 0,5$  мм/об; скорость резания  $V_0 = 150$  м/мин.

«Расчет скорости резания  $V$  и частоты вращения шпинделя  $n$ ». [7]

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

где  $K_1 = 1,1; K_2 = 0,88; K_3 = 0,65; K_4 = 1,0$ . [7]

Тогда  $V = 150 \cdot 1,1 \cdot 0,88 \cdot 0,65 \cdot 1,0 = 94,38$  м/мин.

«Расчёт величины  $n$ , соответствующей исходному значению  $V$ ». [7]

$$n = \frac{1000 V}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 94,4}{3,14 \cdot 47,6} = 632 \text{ мин}^{-1}.$$

Примем  $n_{\phi} = 630 \text{ мин}^{-1}$ .

Уточним скорость резания

$$V_{\phi} = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 47,6 \cdot 630}{1000} = 94 \text{ м/мин.}$$

«Определение минутной подачи  $S$ , мм/мин». [7]

$$S = S_0 \cdot n = 0,5 \cdot 630 = 315 \text{ мм/мин.}$$

«Определение основного времени обработки детали на станке  $T_0$ , мин».

[7]

$$T_0 = \frac{L_{px}}{S} = \frac{84}{315} = 0,3 \text{ мин.}$$

### 2.8.5 Режимы резания на операцию 025 Фрезерная.

I переход.

Глубина резания  $t = 2,5$  мм; подача  $S = 0,10$  мм/об.

«Расчет скорости резания  $V$  и частоты вращения шпинделя  $n$ ». [7]

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

где  $K_V = K_{MV} K_{UV} K_{LV}$ .

$$K_{MV} = 1,25; K_{UV} = 0,4; K_{LV} = 1,0. [7]$$

Отсюда  $K_V = 1,25 \cdot 0,4 \cdot 1,0 = 0,5$ .

$$D = 5; t = 2,5; S_0 = 0,10; C_V = 7,0; K_V = 0,5; q = 0,4; x = 0;$$

$$y = 0,7; m = 0,2; T = 25 \text{ мин. [7]}$$

Тогда

$$V = \frac{7,0 \cdot 5^{0,4}}{25^{0,2} \cdot 2,5^0 \cdot 0,10^{0,7}} \cdot 0,5 = 17,5 \text{ м/мин.}$$

«Расчёт величины  $n$ , соответствующей исходному значению  $V$ ». [7]

$$n = \frac{1000 V}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 17,5}{3,14 \cdot 5} = 1114 \text{ мин}^{-1}.$$

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

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

Определим крутящий момент  $M_{кр}$

$$M_{кр} = 10 C_M D^q S_0^y K_p,$$

где  $C_M = 0,035; D = 5; S_0 = 0,10; q = 2,0; y = 0,8; K_p = 0,85. [7]$

$$\text{Тогда } M_{кр} = 10 \cdot 0,035 \cdot 5^2 \cdot 0,10^{0,8} \cdot 0,85 = 1,18 \text{ Н} \cdot \text{м} = 1180 \text{ Н} \cdot \text{мм.}$$

Определим мощность резания

$$N = \frac{M \cdot n}{9750} = \frac{1,18 \cdot 1000}{9750} = 1,21 \text{ кВт.}$$

$$N < N_{\Phi} = 4 \text{ кВт.}$$

«Определение минутной подачи  $S$ , мм/мин». [7]

$$S = S_0 \cdot n = 0,10 \cdot 1000 = 100 \text{ мм/мин.}$$

«Определение основного времени обработки детали на станке  $T_0$ , мин».

[7]

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

где  $n_{\text{отв}}=24$ ;  $L_{\text{рх}}=13,2$  мм.

$$\text{Тогда } T = \frac{24 \cdot 13,2}{100} = 3,2 \text{ мин.}$$

II переход.

Глубина резания  $t = 2$  мм; подача  $S = 0,10$  мм/об, количество проходов - 7.

«Расчет скорости резания  $V$  и частоты вращения шпинделя  $n$ ». [7]

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

где  $K_V = K_{MV} K_{UV} K_{LV}$ .

$$K_{MV} = 1,25; K_{UV} = 0,8; K_{LV} = 1,0. [7]$$

Отсюда  $K_V = 1,25 \cdot 0,8 \cdot 1,0 = 1,0$ .

$$D = 5; t = 2; S_0 = 0,10; C_V = 7,0; K_V = 0,5; q = 0,4; x = 0;$$

$$y = 0,7; m = 0,2; T = 25 \text{ мин. [7]}$$

Тогда

$$V = \frac{7,0 \cdot 5^{0,4}}{25^{0,2} \cdot 2^0 \cdot 0,10^{0,7}} \cdot 1 = 35,1 \text{ м/мин.}$$

«Расчёт величины  $n$ , соответствующей исходному значению  $V$ ». [7]

$$n = \frac{1000 V}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 35,1}{3,14 \cdot 5} = 2236 \text{ мин}^{-1}.$$



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

$$\text{Тогда } V_{\phi} = \frac{\pi D n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 5 \cdot 2000}{1000} = 31,4 \text{ м/мин.}$$

Определим крутящий момент  $M_{кр}$

$$M_{кр} = 10 C_M D^q S_0^y K_p,$$

где  $C_M = 0,035$ ;  $D = 5$ ;  $S_0 = 0,10$ ;  $q = 2,0$ ;  $y = 0,8$ ;  $K_p = 0,85$ . [7]

$$\text{Тогда } M_{кр} = 10 \cdot 0,035 \cdot 5^2 \cdot 0,10^{0,8} \cdot 0,85 = 1,2 \text{ Н} \cdot \text{м} = 1200 \text{ Н} \cdot \text{мм}.$$

Определим мощность резания

$$N = \frac{M \cdot n}{9750} = \frac{1,2 \cdot 2000}{9750} = 0,25 \text{ кВт.}$$

$$N < N_{\phi} = 10 \text{ кВт.}$$

«Определение минутной подачи  $S$ , мм/мин». [7]

$$S = S_0 \cdot n = 0,10 \cdot 2000 = 200 \text{ мм/мин.}$$

«Определение основного времени обработки детали на станке  $T_0$ , мин».

[7]

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

где  $n_{отв}=12$ ;  $L_{рх}=6 \text{ мм}$ .

$$\text{Тогда } T_0 = \frac{12 \cdot 6 \cdot 7}{200} = 2,52 \text{ мин.}$$

## 2.8.6 Режимы резания на операцию 030 Фрезерная.

Рабочий ход инструмента

$$L = L_p + L_{\Pi} + L_d,$$

где  $L_p = 80 + 55 = 135$ ;  $L_{\Pi} = 3$ ;  $L_d = 0$ , мм.

Тогда

$$L = 135 + 3 + 0 = 138, \text{ мм.}$$

Примем  $S_Z = 0,07 \text{ мм/зуб}$ . [7]

Подача  $S_0 = S_Z \cdot z$ .

$$S_0 = 0,07 \cdot 100 = 7, \text{ мм/об.}$$

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

где  $T_M = K_H \cdot \sum T_{M1}$ .

$K_H = 1$ ;  $T_{M1} = 120$  мин. [7]

Тогда  $T_M = 1 \cdot 120 = 120$ , мин.

$K = K_1 \cdot K_2$ ,

где  $K_1 = \frac{80}{3,14 \cdot 100} = 0,25$ ;

$K_2 = \frac{F_{ОБР}}{L_p \cdot B} = \frac{320}{135 \cdot 11} = 0,22$ .

Тогда  $K = 0,25 \cdot 0,22 = 0,06$ .

$T_p = 120 \cdot 1 \cdot 0,06 = 7,2$ , мин.

«Расчет скорости резания  $V$  и частоты вращения шпинделя  $n$ ». [7]

$V = V_{ТАБЛ} \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3$ ,

где  $V_{ТАБЛ} = 0,37$ ;  $K_1 = 0,85$ ;  $K_2 = 1,0$ ;  $K_3 = 1,4$ . [7].

Тогда  $V = 0,37 \cdot 0,85 \cdot 1 \cdot 1,4 = 0,44$ , м/мин.

«Расчёт величины  $n$ , соответствующей исходному значению  $V$ ». [7]

$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d} = \frac{1000 \cdot 0,44}{3,14 \cdot 100} = 0,14$ , мин<sup>-1</sup>.

Примем  $n = 10$  мин<sup>-1</sup>.

Уточним скорость резания

$V = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 100 \cdot 10}{1000} = 3,14$ , м/мин.

«Определение минутной подачи  $S$ , мм/мин». [7]

$S_M = S_0 \cdot n = 7 \cdot 10 = 70$ , мм/мин.

«Определение основного времени обработки детали на станке  $T_0$ , мин».

[7]

$T_0 = \frac{L_{РХ}}{S_M} = \frac{138 \cdot 3 \cdot 2}{70} = 11,83$ , мин.

2.8.7 Режимы резания на операцию 040 Внутришлифовальная черновая.

«Расчет скорости резания  $V$ ». [7]

$$V_k = \frac{\pi \cdot D_k \cdot n_k}{1000 \cdot 60} = \frac{3,14 \cdot 300 \cdot 1112}{1000 \cdot 60} = 35, \text{ м/с.}$$

«Расчет частоты вращения заготовки  $n_3$ ,  $\text{мин}^{-1}$ ». [7]

$$n_3 = \frac{1000 V_3}{\pi D_3} = \frac{1000 \cdot 35}{3,14 \cdot 47,9} = 233, \text{ мин}^{-1}.$$

«Определение основного времени обработки детали на станке  $T_0$ , мин».

[7]

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

$$T_0 = \frac{50}{50} + \frac{0,3}{0,4} + 0,05 = 1,75, \text{ мин.}$$

2.8.8 Режимы резания на операцию 045 Круглошлифовальная черновая.

«Расчет скорости резания  $V$ ». [7]

$$V_k = \frac{\pi \cdot D_k \cdot n_k}{1000 \cdot 60} = \frac{3,14 \cdot 300 \cdot 1112}{1000 \cdot 60} = 35, \text{ м/с.}$$

«Расчет частоты вращения заготовки  $n_3$ ,  $\text{мин}^{-1}$ ». [7]

$$n_3 = \frac{1000 V_3}{\pi D_3} = \frac{1000 \cdot 35}{3,14 \cdot 56,5} = 197, \text{ об/мин.}$$

«Расчет поперечной подачи  $S_p$ , м/мин». [7]

$$S_p = S_{p,\text{ТАБЛ}} \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4,$$

где  $S_{p,\text{ТАБЛ}} = 1,25$ ;  $K_1 = 1,2$ ;  $K_2 = 0,7$ ;  $K_3 = 0,7$ ;  $K_4 = 1$ . [7]

Тогда  $S_p = 1,25 \cdot 1,2 \cdot 0,7 \cdot 0,7 \cdot 1 = 0,74$ , м/мин.

«Определение основного времени обработки детали на станке  $T_0$ , мин».

[7]

$$T_0 = \frac{L_{\text{УСК}}}{S_{\text{УСК}}} + \sum \frac{L_{Pi}}{S_{Pi}} + T_{\text{ВЫХ}} = \frac{50}{50} + \frac{0,3}{0,74} + 0,05 = 1,46 \text{ мин.}$$

2.8.9 Режимы резания на операцию 050 Внутришлифовальная чистовая.

«Расчет скорости резания  $V$ ». [7]

$$V_k = \frac{\pi \cdot D_k \cdot n_k}{1000 \cdot 60} = \frac{3,14 \cdot 300 \cdot 1112}{1000 \cdot 60} = 35, \text{ м/с.}$$

«Расчет частоты вращения заготовки  $n_3$ ,  $\text{мин}^{-1}$ ». [7]

$$n_3 = \frac{1000 V_3}{\pi D_3} = \frac{1000 \cdot 35}{3,14 \cdot 48} = 232, \text{ мин}^{-1}.$$

«Определение основного времени обработки детали на станке  $T_0$ , мин».

[7]

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

$$T_0 = \frac{50}{50} + \frac{0,1}{0,4} + 0,05 = 1,3 \text{ мин.}$$

8.1.10 Режимы резания на операцию 055 Круглошлифовальная чистовая.

«Расчет скорости резания  $V$ ». [7]

$$V_k = \frac{\pi \cdot D_k \cdot n_k}{1000 \cdot 60} = \frac{3,14 \cdot 300 \cdot 1112}{1000 \cdot 60} = 35, \text{ м/с.}$$

«Расчет частоты вращения заготовки  $n_3$ ,  $\text{мин}^{-1}$ ». [7]

$$n_3 = \frac{1000 V_3}{\pi D_3} = \frac{1000 \cdot 35}{3,14 \cdot 56,4} = 198, \text{ мин}^{-1}.$$

«Расчет поперечной подачи  $S_p$ , м/мин». [7]

$$S_p = S_{p.\text{ТАБЛ}} \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4,$$

где  $S_{p.\text{табл}} = 1,25$ ;  $K_1 = 1,2$ ;  $K_2 = 0,7$ ;  $K_3 = 0,7$ ;  $K_4 = 1$ . [7]

Тогда  $S_p = 1,25 \cdot 1,2 \cdot 0,6 \cdot 0,7 \cdot 1 = 0,63$ , м/мин.

«Определение основного времени обработки детали на станке  $T_0$ , мин».

[7]

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

$$T_0 = \frac{50}{50} + \frac{0,1}{0,63} + 0,05 = 1,21, \text{ мин.}$$

### 3 Проектирование специальных средств оснащения

#### 3.1 Исходные данные.

На операции 015 Токарная чистовая проводится обработка наружных и внутренних поверхностей детали (рис. 3.1).

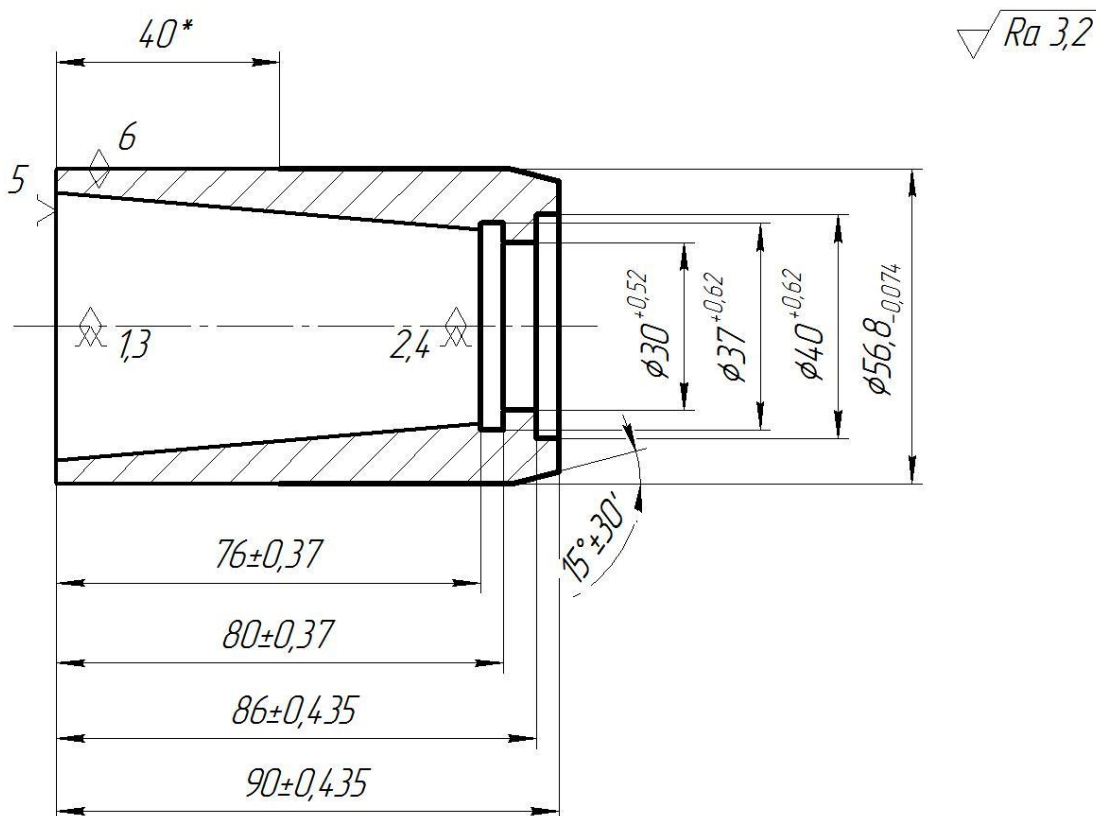


Рис. 3.1. Эскиз операции 015

#### 3.2 Определение зажимного усилия.

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

Для  $P_z$ :  $C_p = 243$ ;  $x = 0,9$ ;  $y = 0,6$ ;  $n = -0,3$ . [10]

Для  $P_y$ :  $C_p = 300$ ;  $x = 1$ ;  $y = 0,75$ ;  $n = -0,15$ . [10]

$$K_p = K_{mp} \cdot K_{yp} \cdot K_{jp} \cdot K_{qp}, \quad (3.2)$$

При

$$\varphi = 60^0; K_{yp_z} = 0,94; K_{yp_y} = 0,8; \gamma = -3^0; K_{mp_z} = 1,05; K_{mp_y} = 1,5; \lambda = +0,5^0; K_{np_z} = 1,03; K_{np_y} = 1,15$$

$$K_{p_z} = K_{mp} \cdot K_{yp_z} \cdot K_{mp_z} \cdot K_{np_z} = 0,221 \cdot 0,94 \cdot 1,05 \cdot 1,03 = 0,224$$

$$K_{p_y} = K_{mp} \cdot K_{yp_y} \cdot K_{p_y} \cdot K_{np_y} = 0,221 \cdot 0,8 \cdot 1,5 \cdot 1,15 = 0,305$$

$$P_z = 10 \cdot 300 \cdot 0,25^{1,0} \cdot 0,5^{0,75} \cdot 89^{-0,15} \cdot 0,224 = 50,95, \text{ H.}$$

$$P_y = 10 \cdot 243 \cdot 0,25^{0,9} \cdot 0,5^{0,6} \cdot 89^{-0,3} \cdot 0,305 = 36,53, \text{ H.}$$

Крутящий момент, который стремится повернуть заготовку

$$M_p = \frac{P_z d_1}{2}. \quad (3.3)$$

Момент зажима, который препятствует провороту

$$M_3 = \frac{T d_2}{2} = \frac{W f d_2}{2}. \quad (3.4)$$

Приравняем их

$$W = \frac{K M_p}{f d_2} = \frac{K P_z \cdot d_1}{f d_2}, \quad (3.5)$$

Коэффициент запаса

$$K = K_0 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5, \quad (3.6)$$

$$K_1 = 1,5; K_2 = 1,0; K_3 = 1,2; K_4 = 1,0; K_5 = 1,0. [10]$$

$$K_{p_z} = 1,5 \cdot 1,2 \cdot 1,0 = 1,8$$

$$K_{p_z} = 1,80; K_{p_y} = 2,52; f = 0,3. [10]$$

Тогда

$$W_z^1 = \frac{K \cdot P_z \cdot d_1}{f \cdot d_2} = \frac{1,8 \cdot 50,95 \cdot 56,8}{0,3 \cdot 56,8} = 305,7, \text{ H.}$$

$$W_1 = \frac{W}{1 - \left( \frac{3 \ell_k}{M_k} \cdot f_1 \right)} = \frac{305,7}{1 - \left( \frac{3 \cdot 29,7}{25} \cdot 0,1 \right)} = 475, \text{ H.} \quad (3.7)$$

### 3.3 Расчёт механизма зажима.

Усилие, которое создает силовой привод

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

где  $i$  - передаточное отношение по силе зажимного механизма.

$$i_{c.kz} = \frac{1}{\operatorname{tg}(\alpha + \varphi) + \operatorname{tg} \varphi_1}, \quad (3.8)$$

где  $\alpha = 15 \dots 30^\circ$ . [11]

Принимаем  $\alpha=20^\circ$ .

$$\varphi = \operatorname{arctg} \cdot f_1 = \operatorname{arctg} \cdot 0,1 = 5^\circ 43'.$$

Принимаем  $\varphi = \varphi' = 6^\circ$ .

Отсюда

$$i_{c.кл.} = \frac{1}{\operatorname{tg}(20^\circ + 6^\circ) + \operatorname{tg}6^\circ} = 1,9,$$

$$\text{тогда } Q = \frac{W}{i_{c.p.}} = \frac{475}{1,9} = 250, H.$$

$$D = 1,13 \sqrt{\frac{955}{0,4}} = 78,8, \text{ мм.}$$

Принимаем диаметр поршня  $D= 80$  мм.

Определим ход поршня

$$S_a = \frac{S_w}{i_n}. \tag{3.9}$$

$$i_n = \frac{1}{1,9} = 0,52,$$

$$\text{следовательно } S_a = \frac{0,4}{0,52} = 7,6 \text{ мм.}$$

Значение  $S_a$  примем с запасом  $10 \dots 15$  мм, тогда значит  $S_a=20$  мм.

## 4 Проектирование режущего инструмента

На фрезерной операции 025 концевой фрезой обрабатывают двенадцать пазов детали (рис. 4.1).

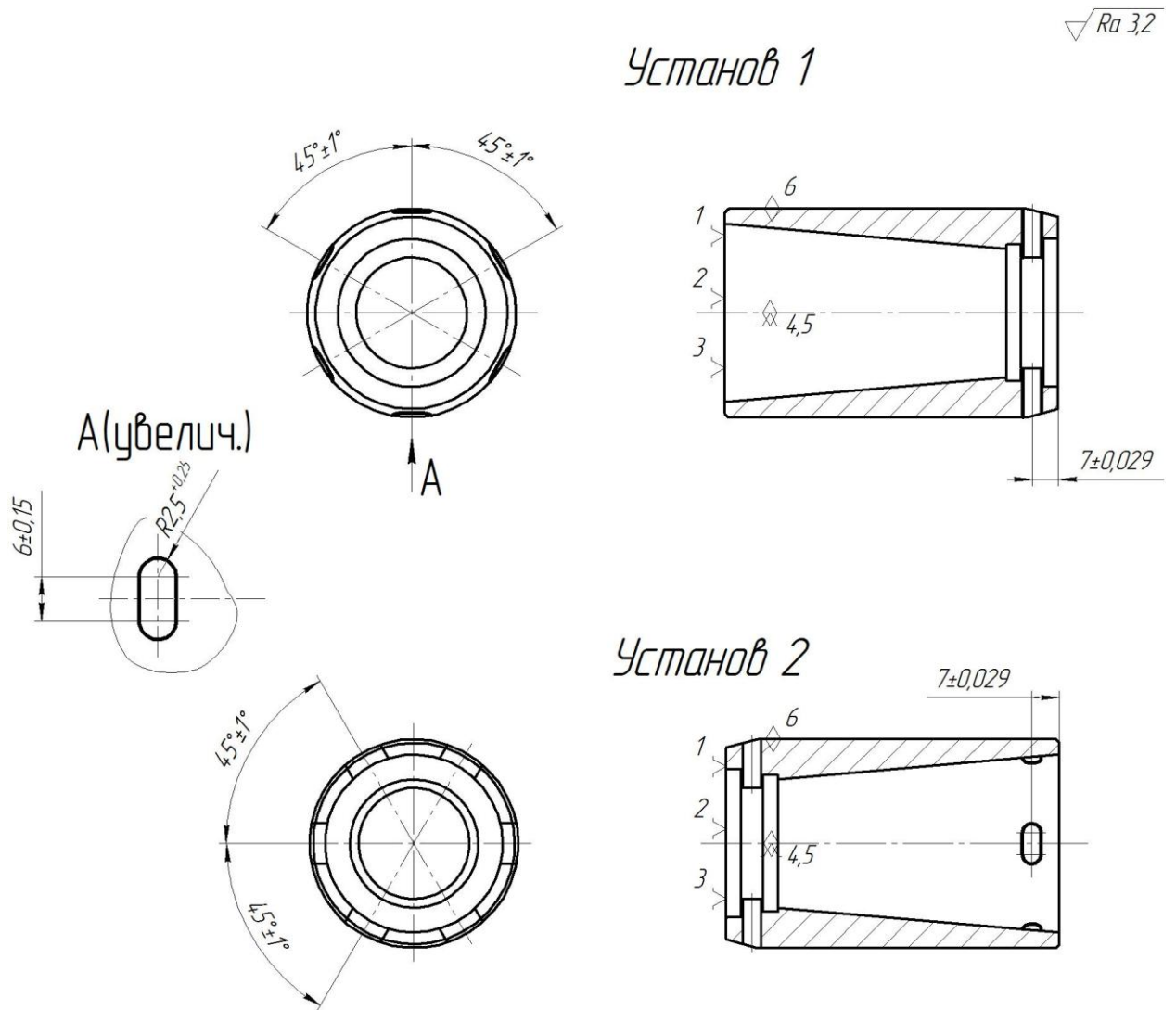


Рис. 4.1. Эскиз операции 025

В качестве материала инструмента при обработке заготовки из пружинной стали 65Г принимаем твердый сплав ВК6.

«Диаметр концевой фрезы  $d$  назначается конструктивно исходя из формы и размеров обрабатываемой заготовки. От диаметра зависит отвод тепла, толщина стружки, число зубьев, форма зубьев и диаметр отверстия». [13]

Принимаем  $d = 5$  мм.



Рассчитаем длину фрезы

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

где  $l_1$  – длина режущей части;  $l$  – длина шейки;  $l_2$  – длина хвостовика. [13]

$$l_1 = 4 \times d. [13]$$

Тогда  $l_1 = 4 \times 5 = 20$ , мм.

Рассчитаем длину шейки

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

$$l = 4 \times \left(\sqrt[4]{5} + \frac{12}{5}\right) = 15,58 \text{ мм.}$$

Принимаем  $l = 5$  мм.

Определим полную длину фрезы

$$l = 20 + 5 + 25 = 50, \text{ мм.}$$

«Концевые фрезы из твердого сплава диаметром до 10 мм включительно выпускаются с цилиндрическим хвостовиком того же диаметра». [14]

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

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

Тогда  $z = 0,1 \dots 1,3 \times 5 = 2 \dots 12$ .

Принимаем  $z=4$ .

«Для выполнения условия равномерности фрезерования зубья на цилиндрической части выполняют стружечную канавку с углом наклона  $\omega=30\dots45^\circ$ ». [14]

Принимаем  $\omega=30^\circ$ .

«У фрез с острозаточенными зубьями формы зубьев и впадин определяются условиями обработки и имеет три возможных профиля: одноугловая, двухугловая и криволинейная. Стружечные канавки должны иметь достаточный уровень объема для размещения стружки, а также

достаточную прочность зуба. Для фрез, имеющих крупный зуб, рекомендованная форма - двухголовая. Такая форма зуба получается путем двойного фрезерования. Сначала впадина фрезеруется угловой фрезой, а затем зуб срезается по спинке». [14]

Принимаем угол стружечной канавки концевой фрезы  $\theta=50^{\circ}$ ; угловой шаг зубьев  $\varphi = 90^{\circ}$ . [14]

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

«Для всех профилей на задней поверхности зубьев назначается ленточка  $f$ , наклон которой определяет величину заднего угла,  $f = 0,2...2$  мм для зубьев с двухголовым профилем». [14]

Принимаем  $f = 1$  мм.

## 5 Безопасность и экологичность технического объекта

Тема выпускной квалификационной работы: «Технологический процесс изготовления цанги патрона токарного станка».

### 5.1 «Конструктивно-технологическая и организационно-техническая характеристики рассматриваемого технического объекта». [20]

Таблица 5.1 – «Технологический паспорт технического объекта» [20]

№ п/п	«Технологический процесс» [20]	«Технологическая операция, вид выполняемых работ» [20]	«Наименование должности работника, выполняющего технологический процесс, операцию» [20]	«Оборудование, техническое устройство, приспособление» [20]	«Материалы, вещества» [20]
1	Технологический процесс изготовления цанги патрона токарного станка	токарная чистовая операция 015	оператор токарного станка с ЧПУ	токарный станок с ЧПУ модели 16Б20ТМ, патрон токарный, центр упорный	сталь 65Г ГОСТ 14959-79, СОЖ-Литол
2	Технологический процесс изготовления цанги патрона токарного станка	операция фрезерная 025	оператор фрезерного станка с ЧПУ	фрезерный станок с ЧПУ ГФ-2171, поводковое устройство, центр упорный	сталь 65Г ГОСТ 14959-79, СОЖ-Литол

### 5.2 Идентификация профессиональных рисков. [20]

Таблица 5.2 – «Идентификация профессиональных рисков». [20]

№ п/п	«Производственно-технологическая и/или эксплуатационно-технологическая операция, вид выполняемых работ» [20]	«Опасный и /или вредный производственный фактор» [20]	«Источник опасного и / или вредного производственного фактора» [20]
1	2	3	4
1	токарная чистовая операция 015	<p>«неподвижные режущие, колющие, обдирающие, разрывающие части твердых объектов, воздействующие на работающего при соприкосновении с ним» [21]</p> <p>«опасные и вредные производственные факторы, связанные с чрезмерным загрязнением воздушной среды в зоне дыхания, то есть с аэрозольным составом воздуха» [21]</p> <p>«опасные и вредные производственные факторы, связанные с электрическим током, вызываемым разницей электрических потенциалов, под действие которого попадает работающий» [21]</p>	<p>стружка стальная</p> <p>пары смазочно-охлаждающей жидкости</p> <p>электрический ток</p>
2	операция фрезерная 025	<p>«неподвижные режущие, колющие, обдирающие, разрывающие части твердых объектов, воздействующие на работающего при соприкосновении с ним» [21]</p> <p>«опасные и вредные производственные факторы, связанные</p>	<p>стружка стальная</p> <p>пары смазочно-охлаждающей жидкости</p>

Продолжение таблицы 5.2

1	2	3	4
		с чрезмерным загрязнением воздушной среды в зоне дыхания, то есть с аэрозольным составом воздуха» [21] «опасные и вредные производственные факторы, связанные с электрическим током, вызываемым разницей электрических потенциалов, под действие которого попадает работающий» [21]	электрический ток

**5.3 «Методы и средства снижения профессиональных рисков». [20]**

Таблица 5.3 – «Организационно-технические методы и технические средства (технические устройства) устранения (снижения) негативного воздействия опасных и вредных производственных факторов (как уже реализованных в базовом исходном состоянии, так и дополнительно или альтернативно предлагаемых автором работы для реализации в рамках выпускной квалификационной работы)». [20]

№ п/п	«Опасный и / или вредный производственный фактор» [20]	«Организационно-технические методы и технические средства защиты, частичного снижения, полного устранения опасного и / или вредного производственного фактора» [20]	«Средства индивидуальной защиты работника» [20]
1	«неподвижные режущие, колющие, обдирающие, разрывающие части твердых объектов, воздействующие на работающего при соприкосновении с ним» [21]	централизованная автоматизированная система удаления стружки цеха	специальная одежда рабочего, имеющая высокую плотность; защитный экран станка, защищающий оператора от вылета стружки

Продолжение таблицы 5.3

2	«опасные и вредные производственные факторы, связанные с чрезмерным загрязнением воздушной среды в зоне дыхания, то есть с аэрозольным составом воздуха» [21]	централизованная вентиляционная система цеха	респираторы, являющиеся индивидуальным средством защиты оператора станка
3	«опасные и вредные производственные факторы, связанные с электрическим током, вызываемым разницей электрических потенциалов, под действие которого попадает работающий» [21]	Система заземления, выполняемая каждой единице технологического оборудования, подключенного к электрической сети цеха; резиновые коврики и деревянные щиты, на которых находится оператор во время работы	«специальная одежда рабочего» [21]

**5.4 «Обеспечение пожарной безопасности технического объекта».**

[20]

5.4.1 «Идентификация классов и опасных факторов пожара». [20]

Таблица 5.4 – «Идентификация классов и опасных факторов пожара».

[20]

№ п/п	«Участок, подразделение» [20]	«Оборудование» [20]	«Класс пожара» [20]	«Опасные факторы пожара» [20]	«Сопутствующие проявления факторов пожара» [20]
1	Участок механической обработки	токарный станок с ЧПУ 16Б16ТМ, патрон токарный, центр упорный	Е	«тепловой поток» [20]	«образующиеся в процессе пожара осколочные фрагменты производственного и инженерно-технического оборудования» [20]
2	Участок механической обработки	фрезерный станок с ЧПУ ГФ-2171, поводковое устройство, центр упорный	Е	тепловой поток	«образующиеся в процессе пожара осколочные фрагменты производственного и технического оборудования» [20]

5.4.2. «Разработка технических средств и организационных мероприятий по обеспечению пожарной безопасности заданного технического объекта». [20]

Таблица 5.5 – «Технические средства обеспечения пожарной безопасности». [20]

«Первичные средства пожаротушения» [20]	«Мобильные средства пожаротушения» [20]	«Стационарные установки и системы пожаротушения» [20]	«Средства пожарной автоматики» [20]	«Пожарное оборудование» [20]	«Средства индивидуальной защиты и спасения людей при пожаре» [20]	«Пожарный инструмент (механизированный и немеханизированный)» [20]	«Пожарные сигнализация, связь и оповещение» [20]
огнетушители, контейнеры с песком	пожарные лестницы и/или автомобили	пожарные гидранты	автоматизированные средства пожароповещения	Напорные пожарные рукава, гидранты	противогазы, респираторы	ломы, лопаты, ведра	автоматические датчики и извещатели

5.4.3 «Организационные (организационно-технические) мероприятия по предотвращению пожара». [20]

Таблица 5.6 – «Организационные (организационно-технические) мероприятия по обеспечению пожарной безопасности». [20]

«Наименование технологического процесса, используемого оборудования в составе технического объекта» [20]	«Наименование видов реализуемых организационных (организационно-технических) мероприятий» [20]	«Предъявляемые нормативные требования по обеспечению пожарной безопасности, реализуемые эффекты» [20]
1	2	3
токарный станок с ЧПУ 16Б16ТМ, патрон токарный, центр упорный	Систематическое проведение инструктажей по пожарной безопасности. Применение	Запрет на применение в цехе открытого огня. Применение систем автоматического оповещения и пожаротушения в цехе.

Продолжение таблицы 5.6

1	2	3
	автоматизированных систем оповещения. Контроль безопасной эксплуатации технологического оборудования.	
фрезерный станок с ЧПУ ГФ-2171, поводковое устройство, центр упорный	Систематическое проведение инструктажей по пожарной безопасности. Применение автоматизированных систем оповещения. Контроль безопасной эксплуатации технологического оборудования.	Запрет на применение в цехе открытого огня. Применение систем автоматического оповещения и пожаротушения в цехе.

**5.5 «Обеспечение экологической безопасности технического объекта». [20]**

5.5.1 «Анализ негативных экологических факторов реализуемого производственно-технологического процесса (изготовления, транспортировки, хранения) и/или осуществляемой функциональной эксплуатации технического объекта с точки зрения его экологической безопасности». [20]



Таблица 5.7 – «Идентификация негативных экологических факторов технического объекта». [20]

«Наименование технического объекта, производственно - технологического процесса» [20]	«Структурные составляющие технического объекта, производственно-технологического процесса (производственного здания или сооружения по функциональному назначению, технологических операций, технологического оборудования), энергетической установки транспортного средства и т.п.» [20]	«Негативное экологическое воздействие технического объекта на атмосферу (выбросы в воздушную окружающую среду)» [20]	«Негативное экологическое воздействие технического объекта на гидросферу (образование сточных вод, забор воды из источников водоснабжения)» [20]	«Негативное экологическое 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.» [20]
токарная чистовая операция 015	токарный станок с ЧПУ 16Б16ТМ, патрон токарный, центр упорный	«факторы, связанные с чрезмерным загрязнением воздушной среды в зоне дыхания, то есть с аэрозольным составом воздуха» [21]	Отработанная смазочно-охлаждающая жидкость	«разрывающиеся части твердых объектов» (стружка)
операция фрезерная 025	фрезерный станок с ЧПУ ГФ-2171, поводковое устройство, центр упорный	«факторы, связанные с чрезмерным загрязнением воздушной среды в зоне дыхания, то есть с аэрозольным составом воздуха» [21]	Отработанная смазочно-охлаждающая жидкость	«разрывающиеся части твердых объектов» (стружка)

5.5.2 «Разработка мероприятий по снижению негативного антропогенного воздействия на окружающую среду рассматриваемым

техническим объектом (заданным выпускной квалификационной работой), обеспечивающих соблюдение действующих (перспективных) требований нормативных документов». [20]

Таблица 5.8 – «Разработанные (дополнительные и/или альтернативные) организационно-технические мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия заданного технического объекта на окружающую среду» [20]

«Наименование технического объекта» [20]	токарный станок с ЧПУ 16Б16ТМ, фрезерный станок с ЧПУ ГФ-2171
«Мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия на атмосферу» [20]	Применение централизованной вентиляционной системы в цехе, содержащей фильтрацию
«Мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия на гидросферу» [20]	Сбор и утилизация отработанных смазочно-охлаждающих жидкостей, а также фильтрация этих средств в автоматизированных системах технологического оборудования
«Мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия на литосферу» [20]	Централизованная система сбора стружки в цехе. Стружка собирается в системе, передается на вспомогательное производство, где перерабатывается (переплавляется) и уже полученный материал идет на заготовительное производство

## 5.6 Заключение.

В результате разработки раздела по экологичности и безопасности технологического объекта были представлены меры по соблюдению экологической чистоты и трудовой дисциплине, которые снизят или вовсе исключат получение травм на рабочих местах модернизированных операций технологического процесса. Это повысит эффективность производства деталей в условиях среднесерийного машиностроительного производства.

В разделе также проанализирована пожарная безопасность объекта и представлены мероприятия по снижению рисков возникновения возгораний на производстве.

Третьим этапом были разработаны меры по снижению негативного воздействия действующего машиностроительного производства на атмосферу, гидросферу и литосферу. В этой части раздела нами предложены системы и действия, которые в условиях производства снижали или исключали бы указанные воздействия и увеличивали бы экосферу, в условиях которой находится производство.

## 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 проекте технических решений.

Основные изменения технологического процесса изготовления детали «Цанга» коснулись операций:

– 015 токарной, здесь заменили патрон с ручным зажимом заготовки на автоматизированное приспособление. Данное совершенствование привело к уменьшению вспомогательного времени примерно на 41%;

– 025 фрезерной, здесь заменили концевую фрезу из быстрорежущей стали Р6М5 на фрезу из твердого сплава ВК6. Данное совершенствование привело к увеличению стойкости инструмента и уменьшению основного времени примерно на 50%.

Учитывая описанные изменения, по методике «Расчета капитальных вложений в основное технологическое оборудование» [23], определим капитальные вложения в проектируемый вариант технологического процесса, которые будут учитывать:

- затраты на проектирование совершенствований технологического процесса,
- затраты на инструменты для операций 015 и 025,
- объем незавершенного производства, т.к. на операции 015 применяется оборудование с числовым программным управлением.

Сложив полученные величины, будут определены общие капитальные вложения, равные сумме 46760 рублей, которые предназначены только для выполнения заданной программы выпуска детали «Цанга» в объеме 5000 штук.

Для проведения экономического сравнения описанных вариантов, также, необходимо определить себестоимость изготовления детали «Цанга»

по описанным операциям, с применением методики «Расчет технологической себестоимости изменяющихся по вариантам операций» [23]. Обычно технологическая себестоимость складывается из четырех показателей:

- затрат на основной материал ( $M$ ),
- основной заработной платы ( $Z_{пл.осн}$ ),
- начислений на заработную плату ( $H_{з.пл}$ ),
- и расходов на содержание и эксплуатацию оборудования ( $P_{э.об}$ ).

Однако, если в ходе совершенствования технологического процесса, изменения не касаются метода получения заготовки, то величиной затрат на основной материал можно пренебречь, т.к. ее значение не оказывает влияние на уровень отклонений в технологической себестоимости. Значения, входящих в технологическую себестоимость величин, без учета затрат на основной материал, представлены на рисунке 6.1.

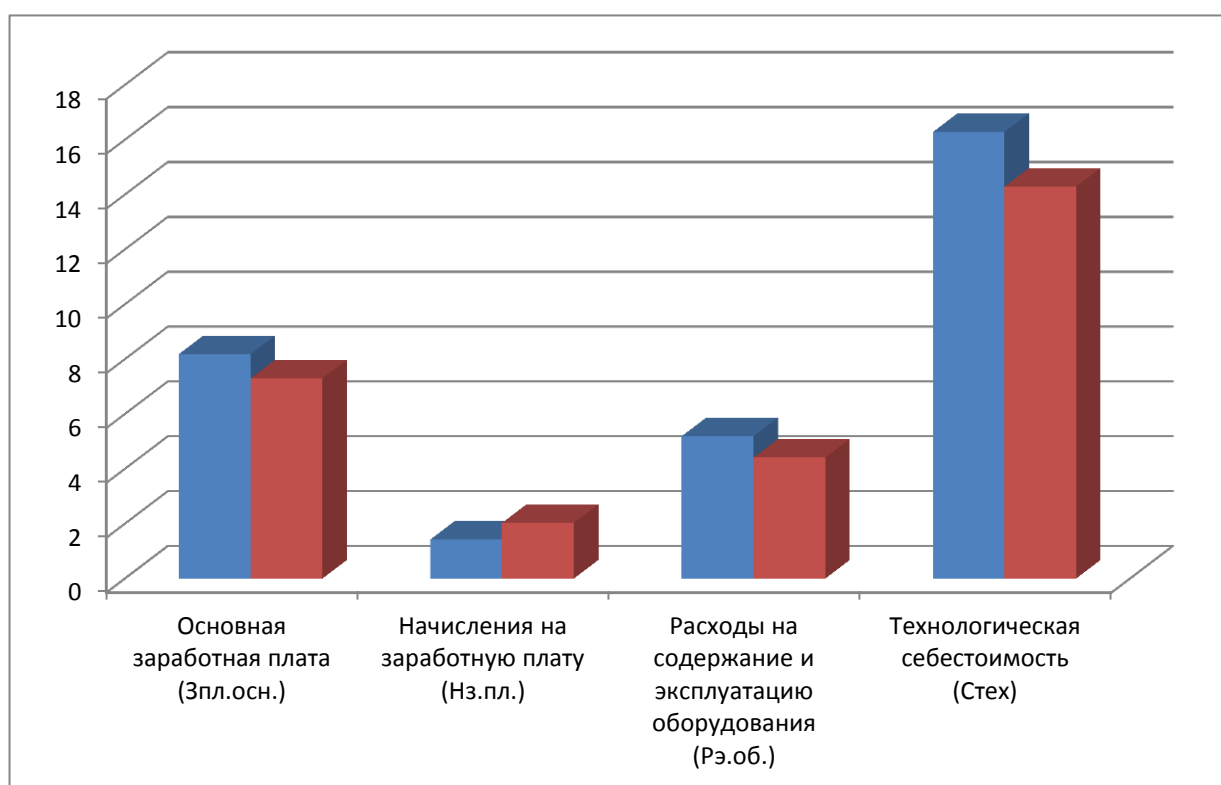


Рисунок 6.1 – Технологическая себестоимость детали «Цанга», по изменяющимся операциям, и ее составные элементы, руб.

Анализируя представленные значения, можно сделать вывод о том, что по всем параметрам в проектируемом варианте произошло уменьшение, в

среднем примерно на 11,2%. Эти изменения привели к снижению всей технологической себестоимости на 1,99 рублей, что составило 12,7%.

Знание величины технологической себестоимости, необходимо для определения величин:

- цеховой себестоимости;
- заводской или производственной себестоимости;
- полной себестоимости детали по сравниваемым операциям.

Для определения всех указанных величин используется методика «Калькуляция себестоимости обработки» [23], благодаря которой полная себестоимость ( $C_{полн}$ ) по базовому варианту составляет 81,40 рублей, а по проектируемому – 71,44 рублей. Полученные значения, также свидетельствуют о снижении рассчитываемых величин. Разница между сравниваемыми вариантами составляет 9,96 рублей с единицы изделия или 13,9%. Однако при сравнении изменений величин технологической и полной себестоимости, изменение последней увеличилось, это может быть связано с тем, что на определенном этапе произошло уменьшение управленческих расходов.

Далее, учитывая методику «Расчет показателей экономической эффективности проектируемого варианта» [23], рассчитаем ряд основополагающих экономических показателей, таких как:

- чистая прибыль ( $P_{чист}$ ), которая составит 40966 рублей;
- срок окупаемости ( $T_{ок}$ ), который составит 2 года;
- чистый дисконтируемый доход ( $ЧДД$ ), величина которого равна 9024,11 рублей.

Последний из представленных показателей, позволяет сделать окончательное заключение об экономической целесообразности проектируемого варианта технологического процесса. Если  $ЧДД > 0$ , то проект считается эффективным и его рекомендуется внедрять, если  $ЧДД < 0$ , то проект не эффективен и деньги рекомендуют вкладывать в банк.

Предложенные совершенствования технологического процесса изготовления детали «Цанга» позволяют получить положительную величину чистого дисконтируемого дохода, что делает его экономически эффективным, поэтому после вложения денежных средств на совершенствование технологического процесса, предприятие получит прибыль в размере 0,22 рублей на каждый вложенный рубль.

## **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

В результате выполнения выпускной квалификационной работы нами разработан технологический процесс изготовления цанги патрона токарного станка. Техпроцесс оснащен современным станочным оборудованием, технологической оснасткой, а также металлорежущим и контрольным инструментом.

Для обработки отверстий на 025 фрезерной операции нами спроектирована монолитная концевая фреза из твердого сплава.

Для базирования заготовки на 015 токарной чистовой операции разработана конструкция патрона, приводимого в движение от гидропривода. На эти операции разработаны технологические наладки.



## СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. ГОСТ 14959-79. Прокат из рессорно-пружинной углеродистой и легированной стали. – Введ. 1981-01-01. – М.: Изд-во стандартов, 1981. – 14 с.
2. Скворцов, В.Ф. Основы технологии машиностроения : учеб. пособие / В.Ф. Скворцов. – 2-е изд. – М. : ИНФРА-М, 2019 – 330 с.
3. ГОСТ 7505-89. Поковки стальные покованные. Допуски, припуски и кузнечные напуски. – Введ. 1990-01-07. – М.: Изд-во стандартов, 1990. – 35 с.
4. Клименков, С.С. Проектирование заготовок в машиностроении [Электронный ресурс] : практикум : учеб. пособие / С. С. Клименков. - Минск : Новое знание, 2013 ; Москва : ИНФРА-М, 2013. - 269 с.
5. Вереина, Л.И. Металлообработка : справочник / Л. И. Вереина, М. М. Краснов, Е. И. Фрадкин ; под общ. ред. Л. И. Вереиной. - Москва : ИНФРА-М, 2013. - 320 с.
6. Вереина, Л.И. Конструкции и наладка токарных станков [Электронный ресурс] : учеб. пособие / Л.И. Вереина, М.М. Краснов ; под общ. ред. Л.И. Вереиной. - Москва : ИНФРА-М, 2017. - 480 с.
7. Режимы резания металлов : справочник/ Ю.В. Барановский, Л.А.Брахман, А.И. Гадалевич и др. – М. : НИИТавтопром, 1995. – 456 с.
8. ГОСТ 2590-2006. Прокат сортовой стальной горячекатаный круглый. – Введ. 2009-07-01. – М.: Изд-во стандартов, 2006. – 10 с.
9. 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.
10. Клепиков, В.В. Технологическая оснастка: Станочные приспособления : учеб. пособие / В.В. Клепиков. - М. : ИНФРА-М, 2019 – 345 с.

11. Клепиков, В.В. Станочные приспособления : учебник / В.В. Клепиков, Н.М. Султан-заде, В.Ф. Солдатов, А.Г. Схиртладзе. – М. : ФОРУМ : ИНФРА-М, 2019. – 319 с.

12. Иванов, И. С. Расчет и проектирование технологической оснастки в машиностроении : учеб. пособие / И.С. Иванов. - Москва : ИНФРА-М, 2015. - 198 с.

13. Солоненко, В.Г. Резание металлов и режущие инструменты : учеб. пособие / В.Г. Солоненко, А.А. Рыжкин. - М. : ИНФРА-М, 2019. – 415 с.

14. Токмин, А. М. Выбор материалов и технологий в машиностроении : учеб. пособие / А. М. Токмин, В. И. Темных, Л. А. Свечникова. - Москва : ИНФРА-М ; Красноярск : Сиб. федер. ун-т, 2016. - 235 с.

15. Солоненко, В. Г. Резание металлов и режущие инструменты : учеб. пособие / В. Г. Солоненко, А. А. Рыжкин. - Москва : ИНФРА-М, 2016. - 416 с.

16. Кане, М.М. Технология машиностроения : курсовое проектирование : учебное пособие / М. М. Кане [и др.] ; под ред. М. М. Кане, В. Г. Шелег. - Минск : Вышэйшая школа, 2013. - 311 с.

17. Дехтярь Г. М. Метрология, стандартизация и сертификация : учеб. пособие / Г. М. Дехтярь. - Москва : КУРС : ИНФРА-М, 2016. - 154 с.

18. Мещерякова, В. Б. Металлорежущие станки с ЧПУ : учеб. пособие / В. Б. Мещерякова, В. С. Стародубов. - Москва : ИНФРА-М , 2017. - 336 с.

19. ГОСТ Р 52781-2007. Круги шлифовальные и заточные. Технические условия. – Введ. 2009-01-01. – М.: Изд-во стандартов, 2009. – 30 с.

20. Горина, Л.Н. Раздел выпускной квалификационной работы «Безопасность и экологичность технического объекта» : электрон. учеб.-метод. пособие / Л.Н. Горина, М.И. Фесина. – Тольятти : Изд-во ТГУ, 2018. – URL: <http://hdl.handle.net/123456789/8767> (дата обращения: 22.05.2019).

21. ГОСТ 12.0.003-2015. Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Опасные и вредные производственные факторы. Классификация. – Введ. 2017-03-01. – М. : Изд-во стандартов, 2017. – 10 с.

22. ГОСТ Р 12.3.047-2012. Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Пожарная безопасность технологических процессов. Общие требования. Методы контроля. - Введ. 2014-01-01. – М. : Изд-во стандартов, 2014. – 62 с.

23. Краснопевцева, И. В. Экономика и управление машиностроительным производством [Электронный ресурс] : электрон. учеб.-метод. пособие / И. В. Краснопевцева, Н. В. Зубкова ; ТГУ. - Тольятти : ТГУ, 2014. - 183 с. - URL: <http://hdl.handle.net/123456789/13> (дата обращения: 29.05.2019).

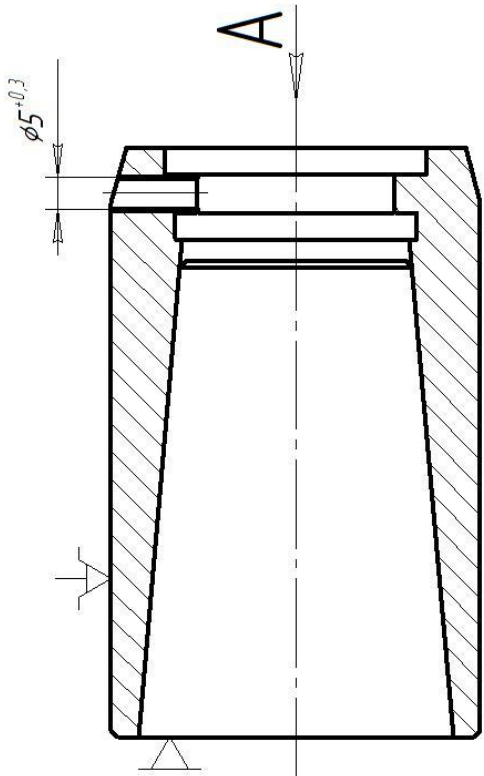
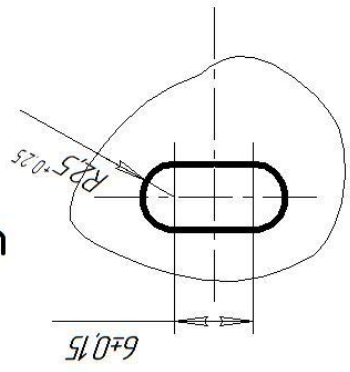
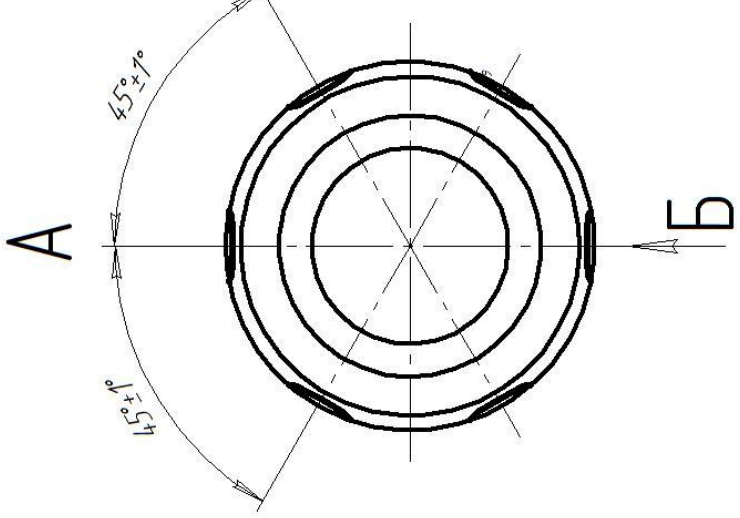
**ПРИЛОЖЕНИЕ А**  
**Операционные карты**



Дцйл.	Взам.	Подп.	Цех			Уч.	Р.М.	Опер.
							0/5	
Разработ			Цанга					Листов 1 / лист
Проверил			Кафедра ОТМП					
Нач. цнтр.								
Наименование операции			Материал		Твердость		Профиль и размеры	
Токарная чистовая с ЧПУ			Сталь 65Г ГОСТ 1050-88		EB		МД	
Обработка устройства ЧПУ			Обозначение программы		То		Тшм	
Токарный с ЧПУ 16520ТМ			--		То		0,84	
			D или B		L		T	
P			mm		mm		мм/об	
01							об/мин	
02							м/мин	
T 03			396110.XXXX Патрон трехшлицевой; XXXXX.XXXX Упор откидной.					
O 04			2. Точить торец, выдерживая размер $60 \pm 0,37$ ; точить конусную поверхность, выдерживая размер $15^{\circ} \pm 30$ ;					
O 05			точить наружную поверхность, выдерживая размер $\phi 56,8_{-0,074}^{\cdot}$ .					
T 06			1		60		100	
			1		0,25		1	
							0,5	
T 07			3. Точить внутреннюю поверхность, выдерживая размер $\phi 30_{+0,52}^{\cdot}$ .					
08			1		30		100	
			1		0,25		1	
							0,5	
09			4. Точить внутренние канавки, выдерживая размеры $\phi 40_{+0,62}^{\cdot}$ , $8_{+0,36}^{\cdot}$ , $\phi 37_{+0,62}^{\cdot}$ , $8_{+0,34}^{\cdot}$ .					
10			1		40		100	
			1		5,0		1	
							0,5	
11							630	
12							75	
OK								

Дубл.																				
Взам.																				
Подл.																				Лист 1
Разработчик	Вохарев																			
Проверил	Лазин																			
Начин.																				
ТУ, Кафедра ОТМП										Цанга										
										ДИП										
										025										

$\sqrt{Ra\ 3,2}$



КЭ

Дцфл.	Взам.	Подп.											Листов 1 / лист
Разработ	Вохрачев		Кафедра ОТМП										
Проверил	Логин												
Начитр.			Цанга										
Наименование операции			Материал	Твердость	ЕВ	МД	Профиль и размеры			МЗ	КОИД		
Фрезерная с ЧПУ			Сталь 65Г ГОСТ 1050-88		166	0,7	Ø56,4x90			1,7	1		
Оборудование, устройство, ЧПУ			Обозначение программы	То	Тб	Тпз	Тшм	СОЖ					
Вертикально-фрезерный с ЧПУ ГФ-2171			-	0,34	0,50	10	0,84	5% Укринал					
P			ПМ	0 или B	L	f	i	s	n	v			
01						мм		мм/об	об/мин	м/мин			
02			1. Установить и снять заготовку.										
T			XXXXXXXXXXXX Тиски гидрозажимные.										
04			2. Сверлить 24 отверстия Ø5 <sup>+0,3</sup> , выдерживая размер 45 ±1.										
P			1	5	100	2,5	1	0,1	1000	15,7			
T			XXXXXXXX Сверло спиральное Р6М5.										
T			3. Фрезеровать 12 пазов, выдерживая размеры 5 <sup>+0,3</sup> , 11±0,2.										
P			1	11	100	2,0	1	0,1	2000	31,4			
T			XXXXXXXX Фреза концевая Т5К10.										
10													
11													
12													
OK													