

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ 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)

15.03.05 «Конструкторско-технологическое обеспечение

машиностроительных производств»

(код и наименование направления подготовки)

Технология машиностроения

(профиль)

**БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА**

на тему: Разработка технологического процесса изготовления вала-шестерни  
робота-манипулятора RM-14

Студент

А.А. Воробьев

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

Н.Ю. Логинов

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Консультанты

И.В. Краснопевцева

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

А.Н. Москалюк

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

В.Г. Виткалов

(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)

« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2018 г.

Тольятти 2018

## АННОТАЦИЯ

Выпускная квалификационная работа направлена на разработку технологического процесса изготовления вала-шестерни робота-манипулятора RM-14. В ходе выполнения нами был спроектирован качественный технологический процесс изготовления детали, разработано автоматизированное приспособление для токарной операции, разработан специализированный режущий инструмент на шпоночно-фрезерную операцию. На эти же операции спроектированы технологические наладки.

Произведены мероприятия по обеспечению технологической безопасности, выполнен экономический анализ проведенных мероприятий.

## СОДЕРЖАНИЕ

	стр.
ВЕДЕНИЕ	4
1 АНАЛИЗ СОСТОЯНИЯ ВОПРОСА	5
2 ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ РАБОТЫ	8
3 ПРОЕКТИРОВАНИЕ СТАНОЧНОГО ПРИСПОСОБЛЕНИЯ	26
4 ПРОЕКТИРОВАНИЕ РЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА	31
5 БЕЗОПАСНОСТЬ И ЭКОЛОГИЧНОСТЬ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБЪЕКТА	33
6 ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ РАБОТЫ	39
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	43
СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ	44
ПРИЛОЖЕНИЯ	46

## ВВЕДЕНИЕ

Валы-шестерни являются и, в будущем будут оставаться, одним из основных элементов механизмов и машин. Область применения их очень широка. Они используются в станкостроении, автомобилестроении, авиастроении, космической технике и других отраслях машиностроения.

«Технология производства зубчатых колес является одной из сложных и проблемных задач, требующей наличия специального дорогостоящего оборудования, технологической оснастки и специалистов высокой квалификации. Совершенствование технологических процессов изготовления зубчатых колес в части решения проблемных вопросов повышения качества и производительности обработки, стойкости режущего и деформирующего инструментов, сводится не только к анализу и обобщению мирового опыта, но и к постоянному проведению практических, экспериментальных и производственных исследований, характерных для отечественного машиностроения». [1]

«Ни один из вариантов технологического процесса не может быть оптимальным, так как всегда есть вероятность его совершенствования. Однако, учитывая, известные на данный момент, новые конструктивные и технологические решения и условия конкретного производства, можно приблизиться к максимальной эффективности технологических процессов производства зубчатых колёс при заданной программе их выпуска». [1]

Целью данной работы является разработка технологического процесса изготовления вала-шестерни робота-манипулятора модели RM-14, заданного качества, имеющего минимальную себестоимость.

# 1 АНАЛИЗ СОСТОЯНИЯ ВОПРОСА

## 1.1 Назначение и условия работы детали.

Вал-шестерня является ответственной частью привода робота-манипулятора модели RM-14. Служит для передачи крутящего момента от электродвигателя далее по кинематической цепи привода.

## 1.2 Анализ назначения поверхностей.

Проведём анализ назначения поверхностей детали. Для этого систематизируем поверхности. Это представлено на рис. 1.1.

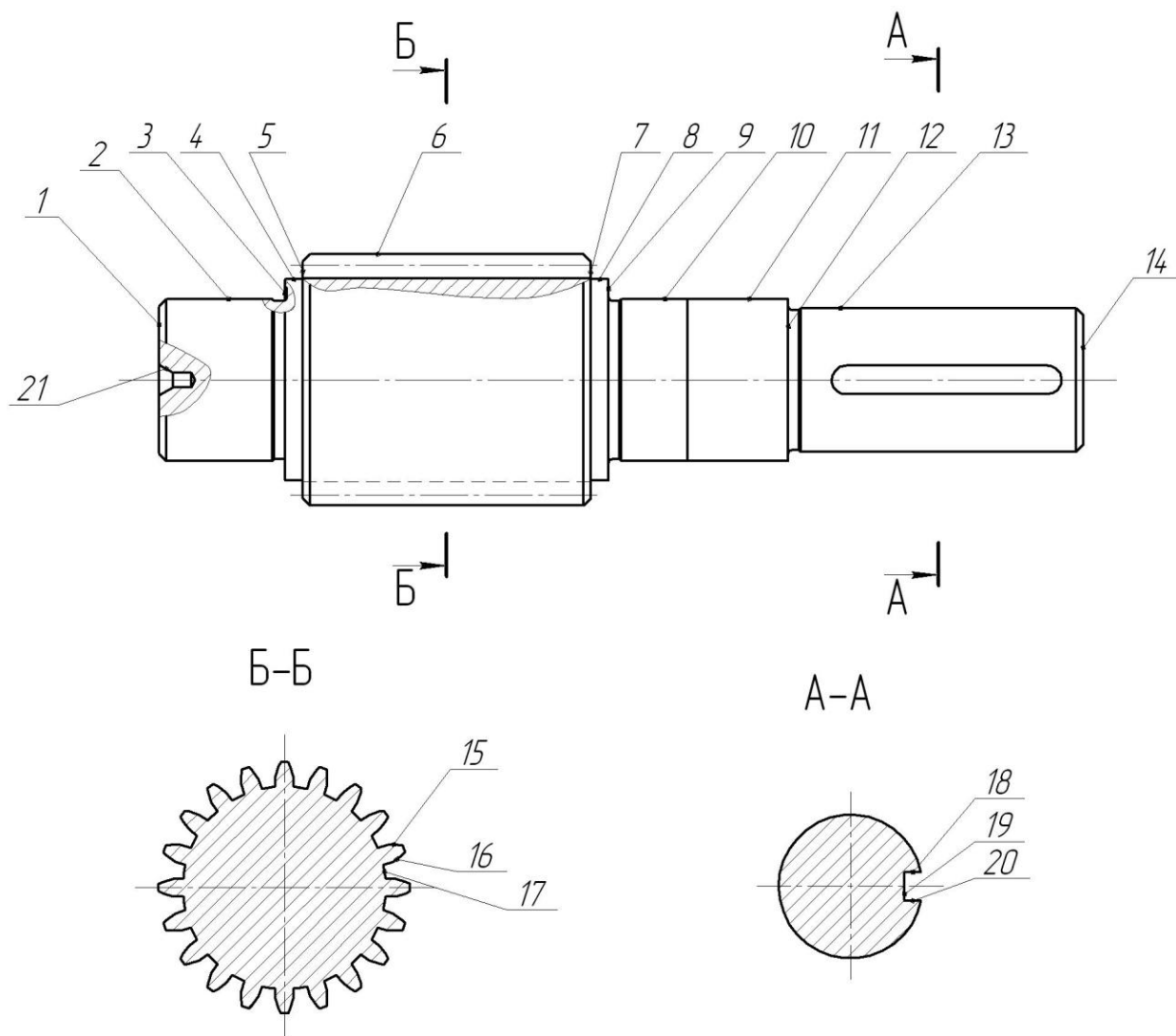


Рис. 1.1. Систематизация поверхностей детали

Исполнительными поверхностями вала-шестерни являются боковые поверхности шпоночного паза поз.18 и 20, которыми деталь воспринимает крутящий момент, а также боковые поверхности зубчатого венца поз.15 и 16, которыми деталь передаёт вращение.

Основными конструкторскими базами детали являются цилиндрические поверхности поз.2 и 10 под установку подшипников, а также торец 3.

Вспомогательными конструкторскими базами детали являются цилиндрическая поверхность 13, торцовая – 9, а также плоскость шпоночного паза 19, т.е. это те поверхности, которые обеспечивают строгое положение сопрягаемых поверхностей относительно вала – шестерни.

Остальные поверхности – свободные.

### 1.3 Анализ материала детали.

Материалом детали является конструкционная легированная сталь 40X. В химический состав стали 40X ГОСТ 4543-71 входят следующие элементы: содержание углерода (C) - 0,36...0,44%; содержание хрома (Cr) – 0,8...1,1%; содержание фосфора (P) – не более 0,035%; содержание серы (S) – не более 0,035%; содержание меди (Cu) – не более 0,3%; содержание марганца (Mn) – 0,5...0,8%; содержание никеля (Ni) - не более 0,3%; содержание кремния (Si) – 0,17...0,37%.

Химический состав стали 40X, а также его термическая обработка на заготовительной операции формирует следующие механические свойства материала: предел текучести  $\sigma_T = 780$  МПа; предел прочности  $\sigma_B = 980$  МПа; твёрдость после заготовительной операции - 212...248 НВ.

Материал детали вполне соответствует служебному назначению и не является дефицитным. Замена материала на более дешёвый, может привести к снижению заданного качества требуемого изделия и узла в целом.

#### 1.4 Анализ технологичности детали.

«Под технологичностью конструкции изделия понимается совокупность свойств конструкции, обеспечивающих изготовление, ремонт и техническое обслуживание изделия по наиболее эффективной технологии в сравнении с аналогичными конструкциями при одинаковых условиях их изготовления, эксплуатации, при одних и тех же показателях качества». [2]

Конструкцией детали предусмотрены технологические канавки для выхода режущих инструментов в процессе обработки, её поверхности достаточно просты и обеспечивают удобство, надёжность крепления на станках, а также позволяют легко контролировать все обрабатываемые поверхности. Центровые отверстия позволяют максимальное количество операций по обработке выполнять при одних и тех же установочных базах.

Таким образом, делаем заключение о достаточно высокой технологичности нашей детали.

## 2 ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ РАБОТЫ

### 2.1 Выбор типа производства.

В зависимости от массы детали  $m=4,0$  кг и объёма выпуска 5000 деталей в год определяем тип производства, как среднесерийный. [2]

«Серийным называется такой тип производства, когда несколько установившихся объектов изготавливаются партиями, регулярно повторяющимися через определенные промежутки времени». [2]

Характерные признаки среднесерийного производства: механическая обработка деталей и сборка машин происходит по технологическому процессу, разделённому на отдельные операции; на рабочих местах выполняются по несколько определенных, периодически повторяющихся операций; оборудование на участке устанавливается по ходу технологического процесса обработки деталей; применяется универсальное и специализированное оборудование; соблюдается принцип взаимозаменяемости; широко используются специальные приспособления и инструменты; рабочие имеют среднюю квалификацию. [2]

### 2.2 Выбор метода получения заготовки.

Такую конфигурацию заготовки рациональнее всего получить прокатом или штамповкой, поэтому в этом разделе будем сравнивать именно эти два метода.

Рассчитаем себестоимость получения заготовки прокатом:  $\varnothing 75 \times 261$ ; масса  $m=9,02$  кг.

Определим стоимость процесса снятия стружки при механической обработке [4].

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

где  $C_c = 0,495$ ;  $E_n = 0,15$ ;  $C_k = 1,085$ . [4]

Тогда

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



$$C_{mn} = C_{заг} \cdot Q_{np} + C_{мех} (Q_{np} - q) - C_{отх} (Q_{np} - q), \quad (2.2)$$

где  $Q_{np} = 9,02$ ;  $q = 4,0$  по условию.

Тогда:

$$C_{mn} = 0,1219 \cdot 9,02 + 0,6578 (9,02 - 4) - 0,0144 (9,02 - 4) = 4,3294, \text{ руб.}$$

Рассчитаем себестоимость получения заготовки штамповкой:  $m=5,65$  кг, степень сложности С2; группа стали М2; степень точности Т4.

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

где  $Q_{ум} = 5,65$ ;  $q = 4,0$ ;  $C_{отх} = 0,0144$ . [4]

Тогда:

$$C_{ми} = 0,2715 \cdot 5,65 + 0,6578 (5,65 - 4) - 0,0144 (5,65 - 4) = 2,5956, \text{ руб.}$$

Таким образом, по себестоимости наиболее дешёвый способ изготовления заготовки – штамповка.

При этом будем иметь годовую экономическую выгоду:

$$\mathcal{E}_2 = C_{mn} - C_{ми} N_z = 4,3294 - 2,5956 \cdot 5000 = 8669, \text{ руб.}$$

### 2.3 Выбор методов обработки поверхностей.

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

Поверхность №1 (IT14, Ra6,3): - центровально-подрезная.

Поверхность №2 (IT6, Ra1,6): - черновое и чистовое точение, черновое и чистовое шлифование.

Поверхность №3 (IT14, Ra1,6): - черновое и чистовое точение, черновое и чистовое шлифование.

Поверхность №4 (IT14, Ra6,3): - черновое и чистовое точение.

Поверхность №5 (IT14, Ra6,3): - черновое и чистовое точение.

Поверхность №6 (IT14, Ra3,2): - черновое и чистовое точение.

Поверхность №7 (IT14, Ra6,3): - черновое и чистовое точение.

Поверхность №8 (IT14, Ra6,3): - черновое и чистовое точение.

Поверхность №9 (IT14, Ra6,3): - черновое и чистовое точение.

Поверхность №10 (IT6, Ra1,6): - черновое и чистовое точение, черновое и чистовое шлифование.

Поверхность №11 (IT9, Ra3,2): - черновое и чистовое точение.

Поверхность №12 (IT14, Ra6,3): - черновое и чистовое точение.

Поверхность №13 (IT6, Ra1,6): - черновое и чистовое точение, черновое и чистовое шлифование.

Поверхность №14 (IT14, Ra6,3): - центrovально-подрезная.

Поверхность №15 (IT7, Ra1,6): - зубофрезерование, зубошлифование.

Поверхность №16 (IT7, Ra1,6): - зубофрезерование, зубошлифование.

Поверхность №17 (IT14, Ra6,3): - зубофрезерование.

Поверхность №18 (IT9, Ra3,2): - фрезерование.

Поверхность №19 (IT13, Ra6,3): - фрезерование.

Поверхность №20 (IT9, Ra3,2): - фрезерование.

Поверхность №21 (IT14, Ra1,6): - центrovально-подрезная, центро-шлифовальная

#### 2.4 Проектирование заготовки.

При проектировании заготовки-штамповки будем руководствоваться [5].

При изготовлении заготовки на кривошипном горячештамповочном прессе принимаем класс точности штамповки Т4.

Принимаем группу стали М2 (с массовой долей углерода от 0,35 до 0,65%).

Рассчитаем степень сложности штамповки:

$$K = \frac{G_{\text{п}}}{G_{\text{ф}}} = \frac{5,65}{9,02} = 0,63 .$$

При  $0,32 \leq K \leq 0,63$  принимаем степень сложности штамповки С2.

Тогда по [5] определяем исходный индекс штамповки – 10.

## 2.5 Выбор средств технологического оснащения.

Для центrovально-подрезной 005 операции выбираем центrovально-подрезной двусторонний полуавтомат модели 2A932, который предназначен для двустороннего центrovания с одновременной подрезкой торцов деталей типа валов в серийном производстве.

Для токарных черновых и чистовых операций 010, 015, 020, и 025 выберем токарный станок с числовым программным управлением 16Б16Т1С1. Этот станок предназначен для торной обработки деталей типа тел вращения со ступенчатым и криволинейным профилем, в том числе для нарезания резьб в полуавтоматическом цикле.

Для шпоночно-фрезерной операции 030, на которой фрезеруется шпоночный паз, в качестве технологического оборудования выбираем шпоночно-фрезерный станок модели 692М, который предназначен для обработки шпоночных пазов мерными и немерными концевыми фрезами шириной от 4 до 25 мм и глубиной до 26 мм.

Для фрезерования зубчатого венца на операции 035 в качестве технологического оборудования выбираем зубофрезерный станок с числовым программным управлением модели 53А20Ф3, который предназначен для фрезерования зубьев цилиндрических зубчатых колес методом обкатки червячной фрезой и методом единичного деления дисковой и пальцевой фрезой. Этот станок является полуавтоматом и применяется в условиях мелко- и среднесерийного производства.

Для обработки центровых отверстий после термообработки на операции 045 в качестве технологического оборудования примем центрошлифовальный станок ZSM 5100.

Для обработки цилиндрической шейки детали на операциях 050 и 065 в качестве технологического оборудования примем круглошлифовальный станок модели 3М151Ф2, который предназначен для шлифования конических и цилиндрических поверхностей в условиях массового и серийного производства. На станке производят продольное, строчное и

врезное шлифование в автоматическом режиме с последующей зачисткой шлифованием продольным, а также подторцовку буртиков. В работе применяется метод активного контроля размеров обрабатываемых деталей. Этот станок может быть встроен в автоматические линии.

Для обработки цилиндрической шейки и торца детали на операциях 055 и 070 в качестве технологического оборудования примем торцекруглошлифовальный станок модели 3Т161ВФ2, который предназначен для одновременного шлифования цилиндрической шейки и прилегающего к ней торца методом врезания в условиях массового и серийного производства.

Для чистовой обработки зубьев детали на операции 060 в качестве технологического оборудования примем зубошлифовальный станок модели 5М841, который предназначен для шлифования прямобочного и эвольвентного профиля зубьев деталей, прошедших термическую обработку, с прямыми и косыми зубьями наружного зацепления.

Остальные средства технологического оснащения представлены в сопроводительной технологической документации к работе.

## 2.6 Расчёт режимов резания.

### 2.6.1 Режимы резания на операцию 005 - Центровально-подрезная.

Определим режимы резания на переход 1 (подрезать торцы).

Используем пластины из материала Т15К6.

$$t = 2; S_0 = 0,2; V_0 = 15. \quad [8]$$

«Расчет скорости резания  $v$  и частоты вращения шпинделя  $n$ ». [8]

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

$$K_1 = 1,1; K_2 = 0,88; K_3 = 0,65; K_4 = 1,0. \quad [8]$$

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  $V$ ». [8]

$$n = \frac{1000 V}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 94,4}{3,14 \cdot 51} = 589,5 \text{ мин}^{-1}.$$

«Назначение величины  $n$  по паспорту станка (не превышать меньшее из рассчитанных значений  $n$  более чем на 10-15%)». [8]

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

$$V_{\phi} = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 51 \cdot 500}{1000} = 80,1 \text{ м/мин.}$$

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

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

[8]

$$T_0 = \frac{L_{px}}{S} = \frac{26}{100} = 0,26 \text{ мин.}$$

Определим режимы резания на переход 2 (точить поверхность 2).

$$t = 2; S_0 = 0,2; V_0 = 15. [8]$$

«Расчет скорости резания  $v$  и частоты вращения шпинделя  $n$ ». [8]

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

$$K_1 = 1,1; K_2 = 0,88; K_3 = 0,65; K_4 = 1,0. [8]$$

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  $V$ ». [8]

$$n = \frac{1000 V}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 94,4}{3,14 \cdot 47} = 639,7 \text{ мин}^{-1}.$$

«Назначение величины  $n$  по паспорту станка (не превышать меньшее из рассчитанных значений  $n$  более чем на 10-15%)». [8]

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

$$V_{\phi} = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 47 \cdot 630}{1000} = 93,0 \text{ м/мин.}$$

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

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

[8]

$$T_0 = \frac{L_{px}}{S} = \frac{21}{126} = 0,17 \text{ мин.}$$

Определим режимы резания на переход 3 (сверлить центровые отверстия).

Используем свёрла из материала Р6М5 с покрытием TiN.

$$t = 4,25; S_0 = 0,1. [8]$$

«Расчет скорости резания  $v$  и частоты вращения шпинделя  $n$ ». [8]

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

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

$$K_{MV} = 1,25; K_{UV} = 0,4; K_{LV} = 1,0. [8]$$

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

$$D = 8,5; t = 4,25; S_0 = 0,10; T = 25;$$

$$C_V = 7,0; K_V = 0,5; q = 0,4; x = 0; y = 0,7; m = 0,2. [9]$$

$$V = \frac{7,0 \cdot 8,5^{0,4}}{25^{0,2} \cdot 4,25^0 \cdot 0,10^{0,7}} \cdot 0,5 = 21,7 \text{ м/мин.}$$

«Расчёт величины  $n$ , соответствующей исходному значению  $V$ ». [8]

$$n = \frac{1000V}{\pi D}.$$

$$n = \frac{1000 \cdot 21,7}{3,14 \cdot 8,5} = 813 \text{ мин}^{-1}.$$

«Назначение величины  $n$  по паспорту станка (не превышать меньшее из рассчитанных значений  $n$  более чем на 10-15%)». [8]

$$n_\phi = 800 \text{ мин}^{-1}.$$

$$V_\phi = \frac{\pi D n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 8,5 \cdot 800}{1000} = 21,4 \text{ м/мин.}$$

$$S = S_0 \cdot n = 0,10 \cdot 800 = 80 \text{ мм/мин.}$$

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

[8]

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

$$n_{\text{отв}}=1; L_{\text{px}}=11 \text{ мм.}$$

$$T_0 = \frac{1 \cdot 11}{80} = 0,14 \text{ мин.}$$

Для всей операции

$$T_0 = \sum T_{0i} = 0,26 + 0,17 + 0,14 = 0,57 \text{ мин.}$$

2.6.2 Режимы резания на операцию 010 - Токарная черновая с ЧПУ.

Материал режущей части инструмента – Т5К10.

$$t = 2; S_0 = 0,3; V_0 = 150 . [8]$$

«Расчет скорости резания  $v$  и частоты вращения шпинделя  $n$ ». [8]

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

$$K_1 = 1,1; K_2 = 0,88; K_3 = 0,65; K_4 = 1,0 . [8]$$

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  $V$ ». [8]

$$n = \frac{1000 V}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 94,4}{3,14 \cdot 75} = 400,8 \text{ мин}^{-1}.$$

«Назначение величины  $n$  по паспорту станка (не превышать меньшее из рассчитанных значений  $n$  более чем на 10-15%)». [8]

$$n_{\phi} = 400 \text{ мин}^{-1}.$$

$$V_{\phi} = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 75 \cdot 400}{1000} = 94,2 \text{ м/мин.}$$

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

«Определение основного времени обработки детали на станке  $T_0$ , мин». [8]

[8]

$$T_0 = \frac{L_{\text{px}}}{S} = \frac{156}{120} = 1,30 \text{ мин.}$$

2.6.3 Режимы резания на операцию 015 - Токарная черновая с ЧПУ.

Материал режущей части инструмента – Т5К10.

$$t = 2; S_0 = 0,3; V_0 = 150 . [8]$$

«Расчет скорости резания  $v$  и частоты вращения шпинделя  $n$ ». [8]

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

$$K_1 = 1,1; K_2 = 0,88; K_3 = 0,65; K_4 = 1,0 . [8]$$

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  $V$ ». [8]

$$n = \frac{1000 V}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 94,4}{3,14 \cdot 75} = 400,8 \text{ мин}^{-1} .$$

«Назначение величины  $n$  по паспорту станка (не превышать меньшее из рассчитанных значений  $n$  более чем на 10-15%)». [8]

$$n_{\phi} = 400 \text{ мин}^{-1} .$$

$$V_{\phi} = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 75 \cdot 400}{1000} = 94,2 \text{ м/мин.}$$

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

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

[8]

$$T_0 = \frac{L_{px}}{S} = \frac{135}{120} = 1,13 \text{ мин.}$$

2.6.4 Режимы резания на операцию 020 - Токарная чистовая с ЧПУ.

Определим режимы резания на переход 1 (выполнить две канавки).

Материал режущей части инструмента – Т5К10.

$$t = 0,5; S_0 = 0,3; V_0 = 150 . [8]$$

«Расчет скорости резания  $v$  и частоты вращения шпинделя  $n$ ». [8]

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

$$K_1 = 1,1; K_2 = 0,88; K_3 = 0,65; K_4 = 1,0 . [8]$$

Тогда

$$V = 150 \cdot 1,1 \cdot 0,88 \cdot 0,65 \cdot 1,0 = 94,4 \text{ м/мин.}$$



«Расчёт величины  $n$ , соответствующей исходному значению  $V$ ». [8]

$$n = \frac{1000 V}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 94,4}{3,14 \cdot 44} = 683,3 \text{ мин}^{-1}.$$

«Назначение величины  $n$  по паспорту станка (не превышать меньшее из рассчитанных значений  $n$  более чем на 10-15%)». [8]

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

$$V_{\phi} = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 44 \cdot 630}{1000} = 87,0 \text{ м/мин.}$$

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

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

[8]

$$T_0 = \frac{L_{px}}{S} = \frac{4}{189} = 0,02 \text{ мин.}$$

Определим режимы резания на переход 2 (точить контур).

Материал режущей части инструмента – Т15К6.

$$t = 0,3; S_0 = 0,2; V_0 = 150. [8]$$

«Расчет скорости резания  $v$  и частоты вращения шпинделя  $n$ ». [8]

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

$$K_1 = 1,1; K_2 = 0,88; K_3 = 0,65; K_4 = 1,0. [8]$$

Тогда

$$V = 150 \cdot 1,1 \cdot 0,88 \cdot 0,65 \cdot 1,0 = 94,4 \text{ м/мин.}$$

«Расчёт величины  $n$ , соответствующей исходному значению  $V$ ». [8]

$$n = \frac{1000 V}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 94,4}{3,14 \cdot 70,6} = 425,8 \text{ мин}^{-1}.$$

«Назначение величины  $n$  по паспорту станка (не превышать меньшее из рассчитанных значений  $n$  более чем на 10-15%)». [8]

$$n_{\delta} = 400 \text{ мин}^{-1}.$$

$$V_{\phi} = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 70,6 \cdot 400}{1000} = 88,7 \text{ м/мин.}$$

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

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

[8]

$$T_0 = \frac{L_{px}}{S} = \frac{156}{80} = 1,95 \text{ мин.}$$

2.6.5 Режимы резания на операцию 025 - Токарная чистовая с ЧПУ.

Определим режимы резания на переход 1 (выполнить канавку).

Материал режущей части инструмента – Т5К10.

$$t = 0,5; S_0 = 0,3; V_0 = 150 . [8]$$

«Расчет скорости резания  $v$  и частоты вращения шпинделя  $n$ ». [8]

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

$$K_1 = 1,1; K_2 = 0,88; K_3 = 0,65; K_4 = 1,0 . [8]$$

Тогда

$$V = 150 \cdot 1,1 \cdot 0,88 \cdot 0,65 \cdot 1,0 = 94,4 \text{ м/мин.}$$

«Расчёт величины  $n$ , соответствующей исходному значению  $V$ ». [8]

$$n = \frac{1000 V}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 94,4}{3,14 \cdot 44} = 683,3 \text{ мин}^{-1} .$$

«Назначение величины  $n$  по паспорту станка (не превышать меньшее из рассчитанных значений  $n$  более чем на 10-15%)». [8]

$$n_\delta = 630 \text{ мин}^{-1} .$$

$$V_\phi = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 44 \cdot 630}{1000} = 87,0 \text{ м/мин.}$$

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

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

[8]

$$T_0 = \frac{L_{px}}{S} = \frac{2}{189} = 0,01 \text{ мин.}$$

Определим режимы резания на переход 2 (точить контур).

Материал режущей части инструмента – Т15К6.

$$t = 0,3; S_0 = 0,2; V_0 = 150 . [8]$$

«Расчет скорости резания  $v$  и частоты вращения шпинделя  $n$ ». [8]

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

$$K_1 = 1,1; K_2 = 0,88; K_3 = 0,65; K_4 = 1,0 . [8]$$

Тогда

$$V = 150 \cdot 1,1 \cdot 0,88 \cdot 0,65 \cdot 1,0 = 94,4 \text{ м/мин.}$$

«Расчёт величины  $n$ , соответствующей исходному значению  $V$ ». [8]

$$n = \frac{1000 V}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 94,4}{3,14 \cdot 70,6} = 425,8 \text{ мин}^{-1} .$$

«Назначение величины  $n$  по паспорту станка (не превышать меньшее из рассчитанных значений  $n$  более чем на 10-15%)». [8]

$$n_{\phi} = 400 \text{ мин}^{-1} .$$

$$V_{\phi} = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 70,6 \cdot 400}{1000} = 88,7 \text{ м/мин.}$$

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

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

[8]

$$T_0 = \frac{L_{px}}{S} = \frac{135}{80} = 1,69 \text{ мин.}$$

### 2.6.6 Режимы резания на операцию 030 - Шпоночно-фрезерная.

$$t = 5,0; S_0 = 0,1 . [8]$$

Материал режущей части инструмента – Т15К6.

«Расчет скорости резания  $v$  и частоты вращения шпинделя  $n$ ». [8]

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

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

$$K_{MV} = 1,25; K_{UV} = 0,4; K_{LV} = 1,0 . [8]$$

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

$$D = 8; t = 5; S_0 = 0,10; T = 25 ;$$

$$C_v = 7,0; K_v = 0,5; q = 0,4; x = 0; y = 0,7; m = 0,2 . [8]$$

$$V = \frac{7,0 \cdot 8^{0,4}}{25^{0,2} \cdot 5^0 \cdot 0,10^{0,7}} \cdot 0,5 = 21,2 \text{ м/мин.}$$

«Расчёт величины  $n$ , соответствующей исходному значению  $V$ ». [8]

$$n = \frac{1000V}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 21,2}{3,14 \cdot 8} = 843,9 \text{ мин}^{-1} .$$

«Назначение величины  $n$  по паспорту станка (не превышать меньшее из рассчитанных значений  $n$  более чем на 10-15%)». [8]

$$n_{\phi} = 800 \text{ мин}^{-1} .$$

$$V_{\phi} = \frac{\pi D n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 8 \cdot 800}{1000} = 20,1 \text{ м/мин.}$$

$$S = S_0 \cdot n = 0,10 \cdot 800 = 80 \text{ мм/мин.}$$

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

[8]

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

$$n_{\text{отв}} = 1; L_{\text{рх}} = 65 \text{ мм.}$$

$$T = \frac{1 \cdot 65}{80} = 0,81 \text{ мин.}$$

### 2.6.7 Режимы резания на операцию 035 - Зубофрезерная.

Фрезеровать поверхности 15, 16 и 17, выдерживая размеры  $\varnothing 64.1_{-0,1}$ ,  $m=3, z=20$ .

Материал режущей части фрезы Р6М5 с покрытием TiN.

$$L_{\text{р.х.}} = L_{\text{р}} + L_{\text{п}} + L_{\text{д}} , [8]$$

$$L_{\text{р}} = b \cdot q ,$$

где  $b = 80 \text{ мм}; q = 1$ .

$$L_{\text{р}} = 80 \cdot 1 = 80 , \text{ мм.}$$

$$L_{\text{п}} = 15 \text{ мм}; L_{\text{д}} = 0 . [8]$$

$$L_{p.X.} = 80 + 15 + 0 = 95, \text{ мм.}$$

$$S_0 = S_{0,мабл} \cdot K_1 \cdot K_2,$$

$$S_{0,дадд} = 2,0; K_1 = 1,0; K_2 = 1,0. [8]$$

$$S_0 = 2 \cdot 1 \cdot 1 = 2, \text{ мм/об.}$$

«Расчет скорости резания  $v$  и частоты вращения шпинделя  $n$ ». [8]

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

где  $V_{дадд} = 67; K_1 = 1,0; K_2 = 1,0; K_3 = 1,0. [8]$

$$v = 67 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 67, \text{ м/мин.}$$

«Расчёт величины  $n$ , соответствующей исходному значению  $V$ ». [8]

$$n = \frac{1000 v}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 67}{3,14 \cdot 100} = 213,4, \text{ мин}^{-1}.$$

«Назначение величины  $n$  по паспорту станка (не превышать меньшее из рассчитанных значений  $n$  более чем на 10-15%)». [8]

$$n_{\delta} = 200 \text{ мин}^{-1}.$$

$$V_{дадд} = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 100 \cdot 200}{1000} = 62,8, \text{ м/мин.}$$

$$B = 12. [8]$$

$$W = \frac{l_p - (l_i + l_{\epsilon})}{B},$$

где  $l_p = 100 \text{ мм.}$

$$l_i = -\frac{3\pi \cdot m \cdot K}{\cos \beta} + \frac{\pi \cdot m}{4};$$

$$l_{\epsilon} = -\frac{1,1 \cdot \pi \cdot m \cdot K}{\cos \beta} + \frac{\pi \cdot m}{4},$$

где  $K = 0,5. [9]$

$$l_u = -\frac{3 \cdot 3,14 \cdot 3 \cdot 0,5}{\cos 20} + \frac{3,14 \cdot 3}{4} = -12,682, \text{ мм.}$$

$$l_{\kappa} = -\frac{1,1 \cdot 3,14 \cdot 3 \cdot 0,5}{\cos 20} + \frac{3,14 \cdot 3}{4} = -3,159, \text{ мм.}$$

$$W = \frac{100 - (-12,682 - 3,159)}{12} = 9,653.$$

Принимаем  $W = 10.$

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

[8]

$$T_0 = \frac{L_{P.X.} \cdot z}{n \cdot S_0 \cdot z_1 \cdot q}, \quad [8]$$

где  $z_1 = 3$ .

$$T_0 = \frac{95 \cdot 15}{200 \cdot 2 \cdot 3 \cdot 1} = 1,19, \text{ мин.}$$

2.6.8 Режимы резания на операцию 045 - Центрошлифовальная.

Принимаем режущий инструмент:

Круг 1 12' 6' 10 24A M16 K6 V40м/с 2кл ГОСТ Р 52781 – 2007.

«Расчет скорости резания  $V$ ». [8]

$$V_{\dot{\epsilon}} = \frac{\pi \cdot D_{\dot{\epsilon}} \cdot n_{\dot{\epsilon}}}{1000 \cdot 60} = \frac{3,14 \cdot 600 \cdot 1112}{1000 \cdot 60} = 35, \text{ м/с.}$$

$$n_{\dot{\delta}} = \frac{1000 \cdot v_{\dot{\delta}}}{\pi \cdot D_{\dot{\delta}}} = \frac{1000 \cdot 35}{3,14 \cdot 8,5} = 1311, \text{ мин}^{-1}.$$

$$T_0 = \frac{L_{YCK}}{S_{YCK}} + \sum \frac{L_{Pi}}{S_{Pi}} + T_{BЫX}.$$

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

[8]

$$T_0 = \frac{8}{500} + \frac{3,9}{500} \cdot 2 \cdot 5 + 0,05 = 0,14, \text{ мин.}$$

2.6.9 Режимы резания на операцию 050 - Круглошлифовальная черновая с ЧПУ.

Принимаем режущий инструмент:

Круг 1 250' 35' 76.2 25A F40 K6 V40м/с 2кл. ГОСТ Р 52781 – 2007.

«Расчет скорости резания  $V$ ». [8]

$$V_{\dot{\epsilon}} = \frac{\pi \cdot D_{\dot{\epsilon}} \cdot n_{\dot{\epsilon}}}{1000 \cdot 60} = \frac{3,14 \cdot 600 \cdot 1112}{1000 \cdot 60} = 35, \text{ м/с.}$$

$$n_{\partial} = \frac{1000 \cdot v_{\partial}}{\pi \cdot D_{\partial}} = \frac{1000 \cdot 35}{3,14 \cdot 45} = 247,7, \text{ мин}^{-1}.$$

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

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

[8]

$$T_0 = \frac{8}{500} + \frac{96}{500} \cdot 2 \cdot 5 + 0,05 = 1,99, \text{ мин.}$$

2.6.10 Режимы резания на операцию 055 – Торцекруглошлифовальная черновая с ЧПУ.

Принимаем режущий инструмент:

Круг 1 250' 30' 76.2 24А F40 K6 V40м/с 2кл. ГОСТ 52781 – 2007.

«Расчет скорости резания  $V$ ». [8]

$$V_{\partial} = \frac{\pi \cdot D_{\partial} \cdot n_{\partial}}{1000 \cdot 60} = \frac{3,14 \cdot 300 \cdot 2250}{1000 \cdot 60} = 35, \text{ м/с.}$$

$$n_{\partial} = \frac{1000 \cdot v_{\partial}}{\pi \cdot D_{\partial}} = \frac{1000 \cdot 35}{3,14 \cdot 56} = 199,0, \text{ мин}^{-1}.$$

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

[8]

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

$$T_0 = \frac{8}{500} + \frac{36}{500} \cdot 2 \cdot 5 + 0,05 = 0,79, \text{ мин.}$$

2.6.11 Режимы резания на операцию 060 - Зубошлифовальная.

Принимаем режущий инструмент:

Круг 1 250' 30' 76.2 24А M16 K6 V40м/с 2кл. ГОСТ 52781 – 2007.

«Расчет скорости резания  $V$ ». [8]

$$V_{\partial} = \frac{\pi \cdot D_{\partial} \cdot n_{\partial}}{1000 \cdot 60} = \frac{3,14 \cdot 300 \cdot 2250}{1000 \cdot 60} = 35, \text{ м/с.}$$

$$n_{\partial} = \frac{1000 \cdot v_{\partial}}{\pi \cdot D_{\partial}} = \frac{1000 \cdot 35}{3,14 \cdot 70} = 159,2, \text{ мин}^{-1}.$$

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

[8]

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

$$T_0 = \frac{8}{500} + \frac{80 \cdot 20}{500} \cdot 2 \cdot 5 + 0,05 = 32,07, \text{ мин.}$$

2.6.12 Режимы резания на операцию 065 - Круглошлифовальная чистовая с ЧПУ.

Принимаем режущий инструмент:

Круг 1 250' 35' 76.2 25А М16 К6 V40м/с 2кл. ГОСТ Р 52781 – 2007.

«Расчет скорости резания  $V$ ». [8]

$$V_e = \frac{\pi \cdot D_e \cdot n_e}{1000 \cdot 60} = \frac{3,14 \cdot 600 \cdot 1112}{1000 \cdot 60} = 35, \text{ м/с.}$$

$$n_d = \frac{1000 \cdot v_d}{\pi \cdot D_d} = \frac{1000 \cdot 35}{3,14 \cdot 45} = 247,7, \text{ мин}^{-1}.$$

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

[8]

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

$$T_0 = \frac{8}{500} + \frac{96}{500} \cdot 2 \cdot 5 + 0,05 = 1,99, \text{ мин.}$$

2.6.13 Режимы резания на операцию 070 – Торцекруглошлифовальная чистовая с ЧПУ.

Принимаем режущий инструмент:

Круг 1 250' 30' 76.2 24А М16 К6 V40м/с 2кл. ГОСТ 52781 – 2007.

«Расчет скорости резания  $V$ ». [8]

$$V_e = \frac{\pi \cdot D_e \cdot n_e}{1000 \cdot 60} = \frac{3,14 \cdot 300 \cdot 2250}{1000 \cdot 60} = 35, \text{ м/с.}$$

$$n_d = \frac{1000 \cdot v_d}{\pi \cdot D_d} = \frac{1000 \cdot 35}{3,14 \cdot 56} = 199,0, \text{ мин}^{-1}.$$



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

[8]

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

$$T_0 = \frac{8}{500} + \frac{36}{500} \cdot 2 \cdot 5 + 0,05 = 0,79 \text{ , мин.}$$

### 3 ПРОЕКТИРОВАНИЕ СТАНОЧНОГО ПРИСПОСОБЛЕНИЯ

#### 3.1 Описание конструкции базового приспособления.

На операции 020 - Токарная чистовая, заготовка базируется в трёхкулачковом самоцентрирующем патроне. Закрепление заготовки осуществляется наружным захватом тремя кулачками по цилиндрической шейке  $\phi 46,2$ . Недостатком этого приспособления является центрирование детали по чистовой шейке, тогда как это должно реализовываться по центровым отверстиям.

Для устранения этого недостатка предлагается применять токарный поводковый самоцентрирующий патрон с эксцентриковыми кулачками.

Операционный эскиз приведен на рисунке 3.1.

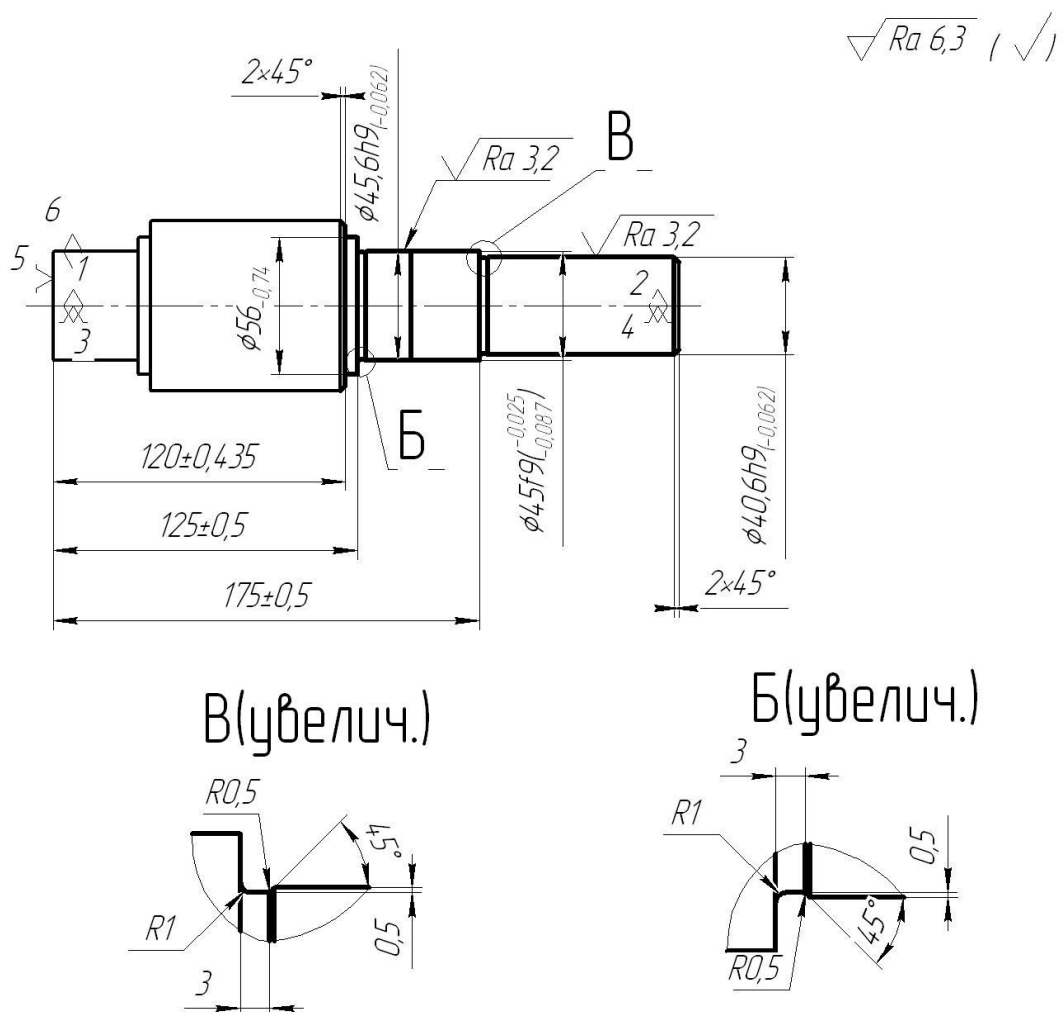


Рис. 3.1. Операционный эскиз

### 3.2 Расчёт сил.

Определим центробежную силу, возникающую при обработке:

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

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

где  $R = 0,70$  по условию;

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

где  $n = 400 \text{ мин}^{-1}$ .

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

отсюда  $\omega = \frac{v}{R}$ .

$$\omega = \frac{3,14 \cdot 400}{70} = 17,9 \text{ (рад/с)}.$$

$$P_{ц} = \frac{4 \cdot 17,9^2}{70} = 18,3, H$$

Рассчитаем зажимную силу крепления заготовки:

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

$$W = 18,3 \cdot 2 \cdot \cos 30^\circ = 31,7, H.$$

При токарной обработке

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

Для  $P_y : C_p = 300; x = 1; y = 0,75; n = -0,15$ . [11]

Для  $P_z : C_p = 2430; x = 0,9; y = 0,6; n = -0,3$ . [11]

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

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

$$K_{mp} = \left( \frac{980}{750} \right)^{0,75} = 1,22,$$

При

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

$$K_{p_z} = K_{mp} \cdot K_{yp_z} \cdot K_{p_z} \cdot K_{np_z} = 1,22 \cdot 0,94 \cdot 1,05 \cdot 1,03 = 1,24 .$$

$$K_{p_y} = K_{mp} \cdot K_{yp_y} \cdot K_{p_y} \cdot K_{np_y} = 1,22 \cdot 0,8 \cdot 1,5 \cdot 1,15 = 1,68 .$$

$$P_z = 10 \cdot 300 \cdot 0,3^{1,0} \cdot 0,2^{0,75} \cdot 88,7^{-0,15} \cdot 1,24 = 170,3 , \text{ Н.}$$

$$P_y = 10 \cdot 243 \cdot 0,3^{0,9} \cdot 0,2^{0,6} \cdot 88,7^{-0,3} \cdot 1,68 = 137,0 , \text{ Н.}$$

Крутящий момент, стремящийся повернуть заготовку

$$M_p = \frac{P_z d_1}{2} = \frac{170,3 \cdot 70}{2} = 605,5 , \text{ Н.} \quad (3.9)$$

Момент зажима, препятствующий провороту заготовки

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

Тогда

$$W^1 = \frac{K M_p}{f d_2} = \frac{K p_z \cdot d_1}{f d_2} , \quad (3.11)$$

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

$$K_{p_z} = 1,5 \cdot 1,2 \cdot 1,0 = 1,8 ; \quad K_{py} = 2,52 ; \quad f = 0,3$$

$$W_z^1 = \frac{K \cdot P_z \cdot d_1}{f \cdot d_2} = \frac{1,8 \cdot 154,7 \cdot 85}{0,3 \cdot 30,3} = 1157,3 , \text{ Н.}$$

Крутящий момент от силы  $P_y$

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

Момент, препятствующий этому

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

Зажимная сила

$$W_1 = \frac{W}{1 - \left( \frac{3 \ell_k}{M_k} \cdot f_1 \right)} = \frac{1157,3}{1 - \left( \frac{3 \cdot 13}{25} \cdot 0,1 \right)} = 1371,2 , \text{ Н.} \quad (3.15)$$

Осевая сила

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

$$Q = \frac{6574,8}{630 \cdot 0,031 \cdot \sin\left(18 + \frac{4 \cdot 0,025 \cdot 0,15}{3,14 \cdot 0,04}\right)} = 1083,9, \text{ Н.}$$

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

$$\text{Тогда } \alpha_0 = 2,31 \cdot 9,81 \frac{0,031}{0,04} = 17,6^\circ$$

### 3.3 Описание конструкции приспособления.

Приспособление фиксируется на переднем конце шпинделя станка. Крепление приспособления осуществляется по отверстиям шпинделя 4 болтами.

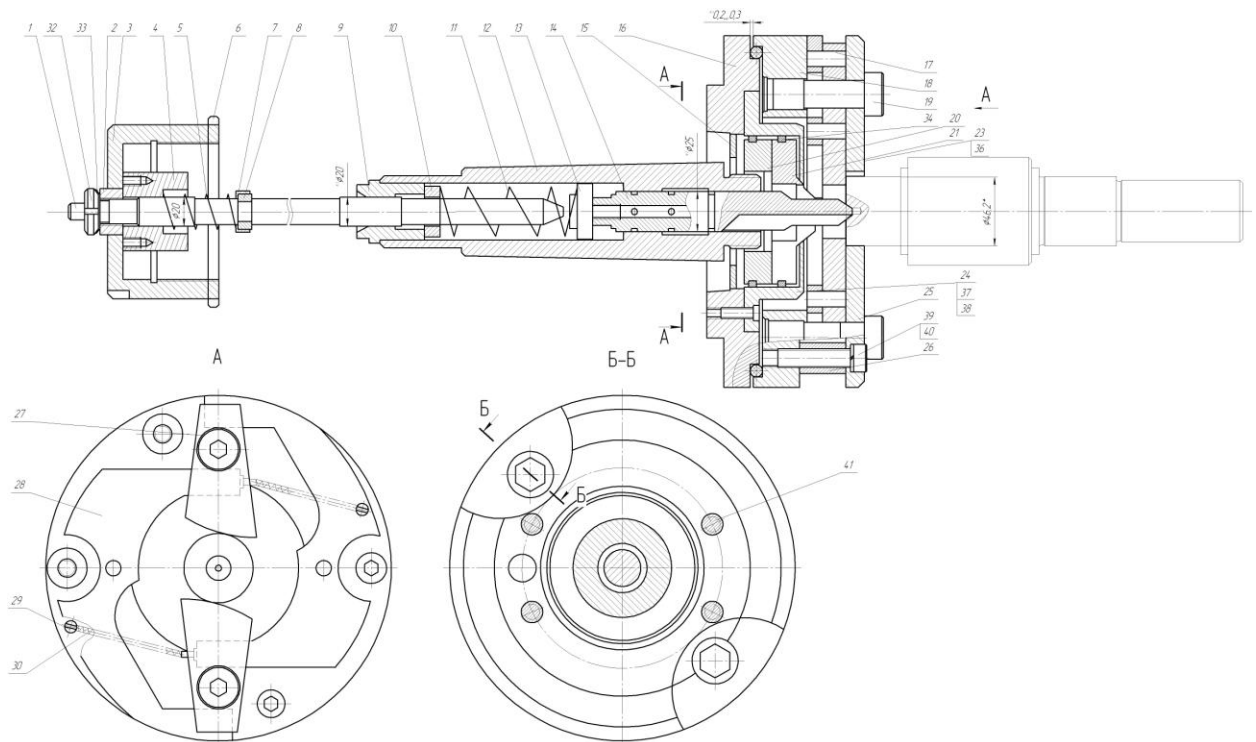


Рис. 3.2. Самозажимной поводковый патрон с эксцентриковыми кулачками

Принцип работы приспособления: заготовка базируется в центрах при помощи пиноли расположенной на задней бабке. Двигая центр 14 в левую сторону, преодолевается пружинное воздействие. В завершении этого движения цапга, которая перемещается совместно с центром, надвигается на осевой конус и зажимает центр. Кулачки, имеющие эксцентричную

поверхность, прижимаются к заготовке пружинами 30, которые обеспечивают это взаимодействие. При включении привода станка, усилие между заготовкой и кулачками резко возрастает за счёт инерционных сил. Осуществляется проворот кулачков по часовой стрелке относительно своей оси. С переходом кулачка в точку контакта на больший радиус, этот проворот ещё незначительно растёт за счёт появления сил резания и появления деформаций в местах контакта кулачков.

Для разжима детали, по завершению обработки, достаточно просто остановить вращение шпинделя. Инерционные силы, которые появляются в точках касания заготовки с кулачками, тут же освобождают заготовку. Кулачки поворачиваются против часовой стрелки и заготовка удерживается за счёт центров. Когда выключается зажимной механизм задней бабки, обработанную заготовку снимают.

## 4 ПРОЕКТИРОВАНИЕ РЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА

На шпоночно-фрезерной операции 030 концевой фрезой фрезеруют шпоночный паз. В этом разделе спроектируем этот инструмент.

Эскиз операции представлен на рис. 4.1.

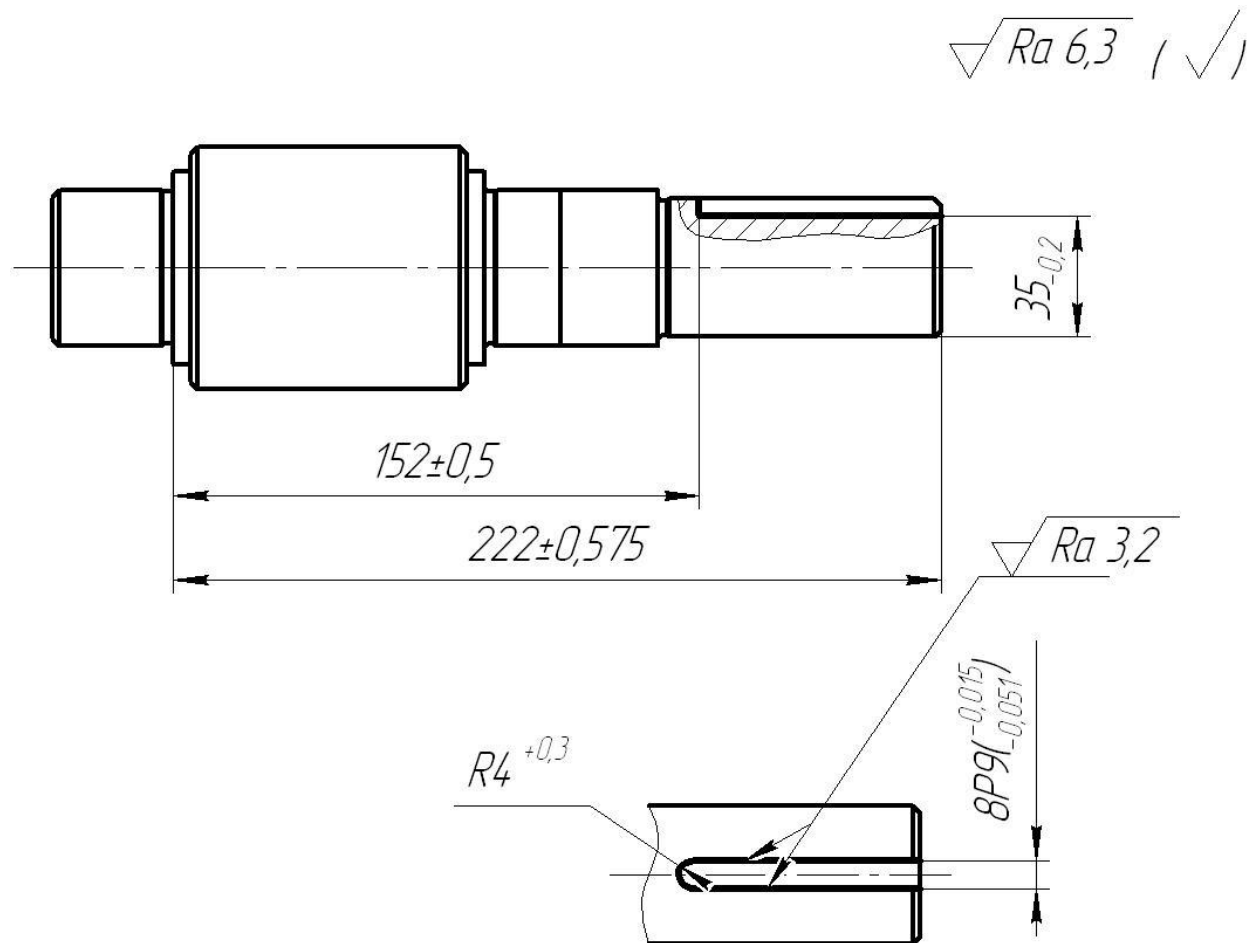


Рис. 4.1. Эскиз операции

В качестве материала концевой фрезы принимаем твердый сплав Т15К6 ГОСТ 3882-74. [13]

Диаметр концевой фрезы принимают равной ширине шпоночного паза.

$$D = B = 8 \text{ мм. [14]}$$

Таким образом, будет выполняться и размер скругления шпоночного паза  $R4^{+0,3}$ .

Производительность фрезерной обработки зависит от грамотного подбора сечения фрезы, так как диаметр инструмента влияет на сечение

среза. Она будет по идентичной глубине фрезерования и подаче тем меньше, чем более большое сечение имеет концевая фреза.

Тип концевой фрезы принимаем острозаточенный. Высоту зуба фрезы определяют из условий: чем выше  $h$ , тем выше количество возможных переточек инструмента, то есть растёт долговечность инструмента; но с ростом  $h$  становится меньше прочность зуба. Определим  $h$ : [14]

$$h = K \frac{D}{Z}, \quad (4.1)$$

где  $K = 0,9...1,2$ . [14]

Примем  $K = 1,0$ .

Концевые фрезы с большим количеством зубьев имеют более мягкие условия резания, поэтому примем

$$Z = 4.$$

Тогда

$$h = 1,0 \frac{8}{4} = 2, \text{ мм.}$$

Рассчитаем радиус закругления: [14]

$$r = \sqrt{K_c \frac{S_z t}{\pi}}.$$

$$K_c = \frac{F_{\text{факт.кан}}}{F_{\text{стр}}}.$$

$$K_c = 2,0...4,5. [14]$$

Примем  $K_c = 3$ .

Из условия  $S_z = 0,025; t = 5$ .

Тогда

$$r = \sqrt{3 \frac{0,025 \cdot 4}{3,14}} = 0,31. \text{ Примем } r = 0,3.$$

Заточку осрозаточенного зуба проводят по задней поверхности.

Рассчитаем величину стачивания

$$h' = (0,6...0,7)h.$$

$$h' = (0,6...0,7)2 = 0,12...0,14, \text{ мм.}$$



Примем  $h' = 0,13$ .

## 5 БЕЗОПАСНОСТЬ И ЭКОЛОГИЧНОСТЬ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБЪЕКТА

Рабочие, в процессе выполнения своих должностных обязанностей, могут подвергать себя рискам, и в итоге могут получить производственные травмы. В этом разделе представлено задействованное в технологическом процессе оборудование, а также вредные воздействия, которые могут возникнуть при несоблюдении техники безопасности. Также описаны мероприятия, выполнение которых сведёт к минимуму получение производственных травм.

Тема нашей работы: «Разработка технологического процесса изготовления вала-шестерни робота-манипулятора модели RM-14»

Анализ был проведен в соответствии с методикой, указанной в источнике [18].

### 5.1 Назначение участка

Описываемый участок предназначается для изготовления детали «Вал-шестерня робота-манипулятора модели RM-14».

### 5.2 Планировка рассматриваемого участка

Производственная площадь представляет собой участок, который занят производственным оборудованием и местами для рабочих, расположенные возле этого оборудования.

Вспомогательная площадь представляет собой участок, на котором располагаются вспомогательные подразделения. Ими могут выступать инструментальные и ремонтные службы, склады, лаборатории, служебно-бытовые помещения, а также межцеховые магистральные проезды.

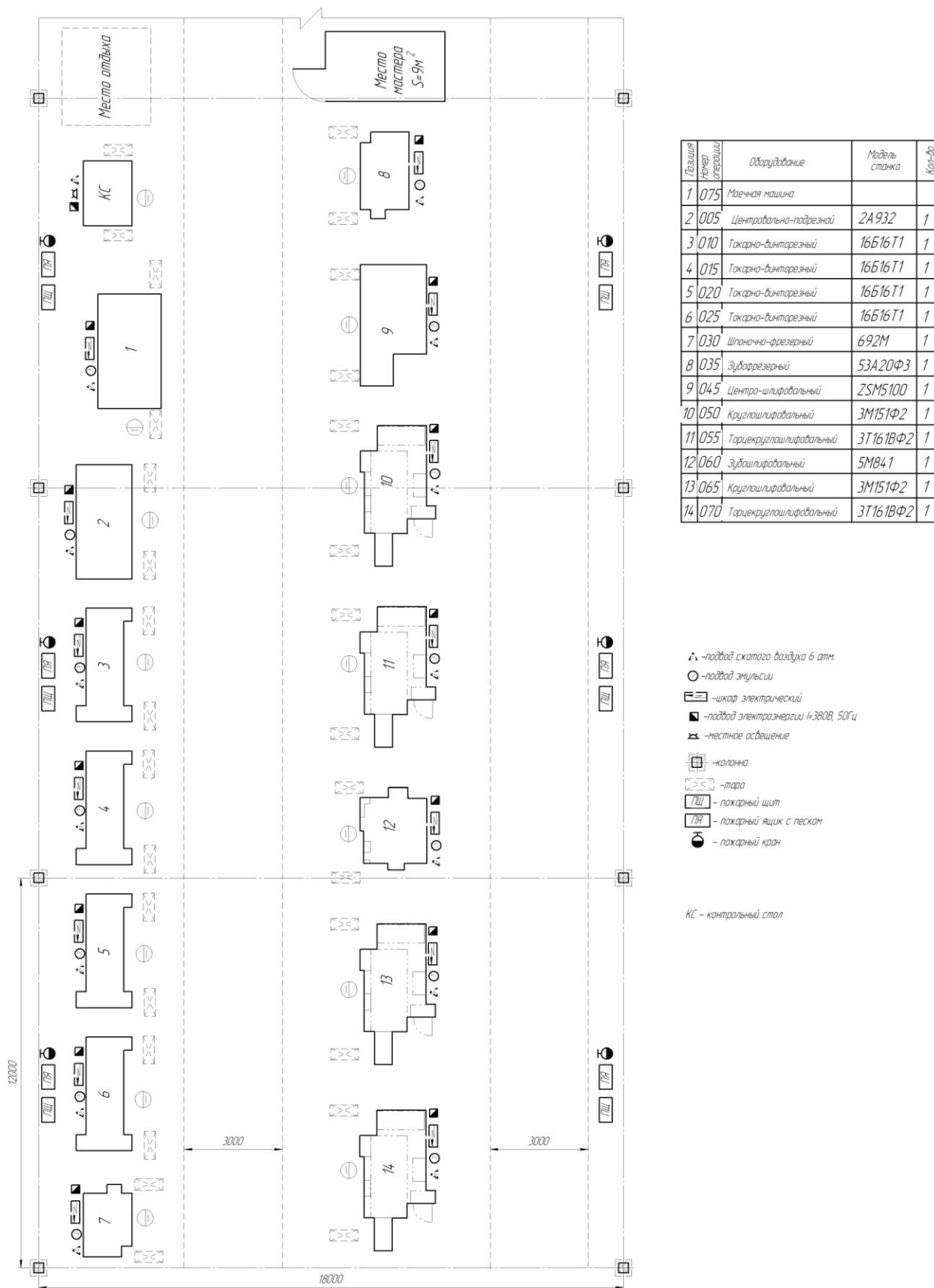


Рисунок 5.1 – План участка

### 5.3 Состав оборудования

Наименование и количество оборудования представлено в таблице 5.1.

Таблица 5.1 – Состав оборудования

№ п/п	Оборудование	Количество, шт
1	Центровально-подрезной станок 2А932	1
2	Токарно-винторезный станок 16Б16Т1	4
3	Шпоночно-фрезерный станок 692М	1
4	Зубофрезерный станок с ЧПУ 53А20Ф3	1
5	Центрошлифовальный станок ZSM5100	1
6	Круглошлифовальный станок с ЧПУ 3М151Ф2	2
7	Торцекруглошлифовальный станок с ЧПУ 3Т161ВФ2	2
8	Зубошлифовальный станок 5М841	1
Итого:		13

Таблица 5.2 – Технологический маршрут обработки детали «Вал-шестерня робота-манипулятора модели RM-14»

Наименование цеха	Номер операции	Наименование операции	Применяемое оборудование	Содержание операции
Кузнечный	000	Заготовительная	КГШП	Получение заготовки
Механический	005	Предварительное точение и выполнение центровых отверстий	Центровально-подрезной станок 2А932	Окончательное точение поверхностей: 1, 14 Окончательное сверление поверхностей 21
Механический	010	Точение предварительное	Токарно-винторезный станок 16Б16Т1	Предварительное точение поверхностей: 1, 2, 23, 24, 21, 25, 26, 27
Механический	015	Точение предварительное	Токарно-винторезный станок 16Б16Т1	Предварительное точение поверхностей: 3, 4, 5, 6, 7, 8, 12, 13, 14, 15, 16, 20, 21, 22
Механический	020	Точение окончательное	Токарно-винторезный станок 16Б16Т1	Окончательное точение поверхностей: 1, 2, 23, 24, 21, 25, 26, 27

Продолжение таблицы 5.2

Механический	025	Точение окончательное	Токарно-винторезный станок 16Б16Т1	Окончательное точение поверхностей: 3, 4, 5,6, 7, 8, 12, 13, 14, 15, 16, 20, 21, 22
Механический	030	Фрезерование окончательное	Шпоночно-фрезерный станок 692М	Окончательное фрезерование поверхностей: 18, 19, 20
Механический	035	Фрезерование окончательное	Зубофрезерный станок с ЧПУ 53А20Ф3	Окончательное фрезерование поверхностей: 15, 16, 17
Термический	040	Термообработка	-	Закалка заготовки
Механический	045	Шлифование центровых отверстий окончательное	Центрошлифовальный станок ZSM5100	Окончательное шлифование поверхностей: 21
Механический	050	Круглое шлифование предварительное	Круглошлифовальный станок с ЧПУ 3М151Ф2	Предварительное шлифование поверхностей: 10, 13
Механический	055	Круглое и торцовое шлифование предварительное	Торце круглошлифовальный станок с ЧПУ 3Т161ВФ2	Предварительное шлифование поверхностей: 2, 3
Механический	060	Шлифование зубьев окончательное	Зубошлифовальный станок 5М841	Окончательное шлифование поверхностей: 15, 16
Механический	065	Круглое шлифование окончательное	Круглошлифовальный станок с ЧПУ 3М151Ф2	Окончательное шлифование поверхностей: 10, 13
Механический	070	Круглое и торцовое шлифование окончательное	Торце круглошлифовальный станок с ЧПУ 3Т161ВФ2	Окончательное шлифование поверхностей: 2, 3
Механический	075	Мойка	-	Промывка, обдувка, сушка заготовки
Механический	080	Контроль	-	Контроль основных параметров согласно рабочему чертежу

Так как были модернизированы технологические операции 020 точение окончательное и 030 фрезерование окончательное, то идентификацию по рискам будем проводить только эти операции.

#### 5.4 Анализ вредных производственных факторов.

Таблица 5.3 – Вредные производственные факторы

№ п/п	Технологические операции	Вредные производственные факторы	Мероприятия, которые позволят уменьшить вредные воздействия
1	Точение окончательное	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Отлетающая стружка</li> <li>2. Высокая температура поверхности обрабатываемой заготовки</li> <li>3. Испарения СОЖ при механической обработке</li> <li>4. Высокий уровень вибраций и шума при работе оборудования</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Установка защитного экрана. Ношение защитных очков, специальной одежды. Использование скребкового и одношнекового транспортера для удаления стружки.</li> <li>2. Использование СОЖ на синтетической основе.</li> <li>3. Установка отопительно-вентиляционного оборудования.</li> <li>4. Использование акустических экранов, противозумных наушников, закрывающих ушную раковину снаружи. Установка на оборудовании виброизолирующих опор.</li> </ol>
2	Фрезерование окончательное	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Отлетающая стружка</li> <li>2. Высокая температура поверхности обрабатываемой заготовки и инструмента</li> <li>3. Испарения СОЖ при механической обработке</li> <li>4. Высокий уровень вибраций и шума при работе оборудования</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Ношение защитных очков, специальной одежды. Наличие защитного экрана. Удаление отходов в металлическую тару с последующей утилизацией по мере наполнения емкости.</li> <li>2. Использование СОЖ на синтетической основе.</li> <li>3. Установка отопительно-</li> </ol>

Продолжение таблицы 5.3

			вентиляционного оборудования. 4. Использование акустических экранов, противошумных наушников, закрывающих ушную раковину снаружи. Установка на оборудования виброизолирующих опор.
--	--	--	--

В процессе выполнения данного раздела был проанализирован состав вредных и опасных факторов на описываемом производстве, предложены меры, которые помогут снизить воздействия опасных и вредных факторов.

## 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.

Особенностью совершенствования технологического объекта является то, что предлагается совершенствовать токарную и шпоночно-фрезерную операции базового варианта. На токарной операции совершенствование коснулось замены приспособления. Вместо токарного трехкулачкового патрона с ручным зажимом предлагается автоматизированное приспособление. На шпоночно-фрезерной операции было предложено использование цельного твердосплавного режущего инструмента вместо быстрорежущего, что позволило повысить его стойкость в 2 раза. Более полное описание изменяемых операций базового и проектного вариантов представлено в предыдущих разделах, поэтому описывать их еще раз нет необходимости.

Кроме описания изменяющихся технических параметров процесса изготовления, для проведения расчетов, связанных с определением экономической эффективности, потребуется знание программы выпуска, которая была выдана руководителем работы и составляет 5000 штук в год.

Так как масса заготовки и способ ее получения не меняются в ходе совершенствования технологического процесса изготовления детали, поэтому расходы, связанные с основными материалами проводить не целесообразно, потому что они останутся без изменения и на результат всех расчетов оказывать влияния не будут.

Для определения всех остальных параметров данного раздела будет применена следующая методика расчета [18]:

– методика расчета капитальных вложений в основное технологическое оборудование;



- методика определения технологической себестоимости;
- методика калькулирования себестоимости;
- методика экономического обоснования эффективности предлагаемых мероприятий.

Расчеты по представленным методикам проводились с применением пакета программного обеспечения Microsoft Excel.

Для проведения соответствующих расчетов, кроме описания технологии изготовления и программного обеспечения, также необходимы следующие значения:

- стоимостные, эксплуатационные и размерные характеристики оборудования, оснастки и инструмента, так как данные величины напрямую оказывают влияние на итоговые результаты расчета;

- нормативные и тарифные значения расходных параметров, таких как вода, электроэнергия, сжатый воздух и т.д.;

- часовые тарифные ставки основных рабочих, занятых на выполнении анализируемой операции.

Используя все необходимые данные, были получены значения: удельных капитальных вложений на единицу продукции, технологической и полной себестоимости, по сравниваемым вариантам, которые представлены на рисунке 6.1.

Анализируя представленные на рисунке 6.1 значения, можно сказать, что при изменении технологического процесса увеличатся удельные затраты на единицу продукции на 39,60 руб., что составит 75,4%. Это связано с тем, что возникает необходимость приобретения нового приспособления и инструмента, а также появляются затраты, связанные с проектированием совершенствований технологического процесса.

Не смотря на то, что удельные капитальные вложения возрастают, при этом технологическая и полная себестоимость уменьшаются на 32,9% и 34,11%, соответственно. Это вызвано тем, что замена приспособления и инструмента, и увеличение режимов резанья приводит к сокращению

трудоемкости совершенствуемых операций, и как следствие – к уменьшению заработной платы и расходов на содержание и эксплуатацию оборудования.

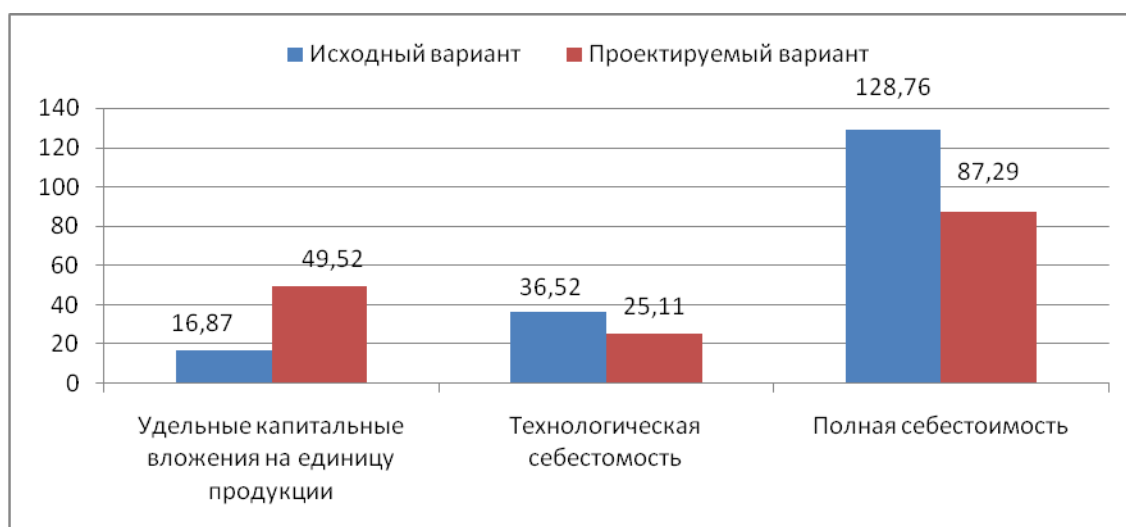


Рисунок 6.1 – Величины удельных капитальных вложений, технологической и полной себестоимости по вариантам, руб.

В виду того, что расчеты показали положительные изменения в себестоимости изготовления, возникает необходимость провести расчеты с точки зрения экономической целесообразности внедрения данных мероприятий в производство. Чтобы подтвердить или опровергнуть целесообразность, необходимо определить следующие показатели:

- чистая прибыль;
- срок окупаемости;
- чистый дисконтируемый доход;
- индекс доходности

Полученные значения позволят сделать окончательный вывод о целесообразности данного проекта.

Для определения перечисленных показателей также будет использован пакет программного обеспечения Microsoft Excel. Результаты проведенных расчетов представлены в таблице 6.1

Таблица 6.1 – Значения показателей эффективности внедрения

№	Наименование показателей	Условное обозначение, единица измерения	Значение показателей
1	Чистая прибыль	$P_{чист}$ , руб.	312676
2	Срок окупаемости инвестиций	$T_{ок}$ , лет	3
3	Чистый дисконтированный доход	$\Delta_{инт} = ЧДД$ , руб.	101100
4	Индекс доходности	$ИД$ , руб.	1,23

Анализируя полученные в ходе расчетов данные, можно сделать заключение о целесообразности предлагаемого мероприятия по совершенствованию токарной и протяжной операций, как это описано выше.

Как видно из таблицы 6.1, окупаемость проекта наступит в течение 3-х лет, что позволяет говорить о необходимости внедрения данного предложения. В данном случае выполняется условие, о не превышении порога срока окупаемости в 4 года.

Еще один показатель, также подтверждающий необходимость внедрения, это индекс доходности, величина которого должна находиться в интервале от 1,12 до 1,25 руб./руб. В нашем случае этот показатель находится в середине этого интервала – 1,23 руб./руб.

И наконец, чистый дисконтированный доход или интегральный экономический эффект составляет 101100 рублей. Данная величина по расчетам получилась положительной, что дает право, также говорить о необходимости внедрения предлагаемого мероприятия по совершенствованию технологического процесса.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе выполнения выпускной квалификационной работы нами был спроектирован технологический процесс изготовления вала-шестерни робота-манипулятора модели RM-14 заданного качества. Техпроцесс оснащен современными средствами технологического оснащения. На токарную операцию спроектировано автоматизированное станочное приспособление. На шпоночно-фрезерную операцию спроектирован режущий инструмент – фреза концевая из твердого сплава.

В работе выполнен анализ экологичности и безопасности, а также рассчитана экономическая эффективность.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Клепиков, В.В. Технология обработки зубчатых колес: монография / В.В. Клепиков. – М.:ИНФРА-М, 2017. – 409 с.
2. Иванов, И.С. Технология машиностроения: учеб пособие. – 2-е изд. перераб. и доп. – М.:ИНФРА-М, 2016. – 240 с.
3. Базаров, Б.М. Основы технологии машиностроения: учебник / Б.М. Базаров. – 3-е изд. перераб. и доп. – М.:ИНФРА-М, 2016. – 683 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. ГОСТ 7505-89. Поковки штампованные. Допуски, припуски и кузнечные напуски. – 36 с.
6. ГОСТ 2590-2006. Прокат сортовой стальной горячекатаный круглый. – 10 с.
7. Зубченко, А.С. Марочник сталей и сплавов / Под общ. ред. А.С. Зубченко. 2-е издание доп. и испр. М.: Машиностроение, 2003. – 784 с.
8. Режимы резания металлов: Справочник/ Ю.В.Барановский, Л.А.Брахман, А.И.Гадалевич и др. – М.: НИИТавтопром, 1995. – 456 с.
9. Мещерякова В. Б. Металлорежущие станки с ЧПУ [Электронный ресурс] : учеб. пособие / В. Б. Мещерякова, В. С. Стародубов. - Москва : ИНФРА-М , 2017. - 336 с.
10. 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.
11. Зубарев Ю. М. Расчет и проектирование приспособлений в машиностроении [Электронный ресурс] : учебник / Ю. М. Зубарев. - Санкт-Петербург : Лань, 2015. - 320 с.

12. Иванов И. С. Расчет и проектирование технологической оснастки в машиностроении [Электронный ресурс] : учеб. пособие / И. С. Иванов. - Москва : ИНФРА-М, 2015. - 198 с.
13. ГОСТ 3882-74. Сплавы твердые спеченные. Марки. – 10 с.
14. Солоненко В. Г. Резание металлов и режущие инструменты [Электронный ресурс] : учеб. пособие / В. Г. Солоненко, А. А. Рыжкин. - Москва : ИНФРА-М, 2016. - 416 с.
15. Режущий инструмент. Эксплуатация: Учебное пособие / Е.Э. Фельдштейн, М.А. Корниевич. - М.: НИЦ ИНФРА-М; Мн.: Нов. знание, 2014. - 256 с.
16. Резание металлов и режущие инструменты: Учебное пособие / В.Г. Солоненко, А.А. Рыжкин. - М.: НИЦ ИНФРА-М, 2016. - 416 с.
17. Горина Л. Н. Промышленная безопасность и производственный контроль [Электронный ресурс] : электрон. учеб. пособие / Л. Н. Горина, М. И. Фесина, Т. Ю. Фрезе ; ТГУ ; Ин-т машиностроения ; каф. "Управление пром. и экол. безопасностью". - Тольятти : ТГУ, 2014. - 271 с.
18. Краснопевцева И. В. Экономика и управление машиностроительным производством [Электронный ресурс] : электрон. учеб.-метод. пособие / И. В. Краснопевцева, Н. В. Зубкова ; ТГУ ; Ин-т финансов, экономики и управления ; каф. "Торговое дело и управление производством". - Тольятти : ТГУ, 2014. - 183 с.
19. ГОСТ 19265-73. Прутки и полосы из быстрорежущей стали. Технические условия. – 22 с.
20. ГОСТ Р 52781-2007. Круги шлифовальные и заточные. Технические условия. – 30 с.

## ПРИЛОЖЕНИЯ















														6		6			
Дубл.																			
Взам.																			
Подп.																			
														6		6			
А	цех	Уч	РМ	Опер.	Код, наименование операции	Обозначение документа													
Б	Код, наименование оборудования					СМ	Проф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Кшт	Тпз	Тшт			
А01	ХХ	ХХХХ	070	4130	Торцевкруглошлифовальнаячистовая с ЧПУ ИОТ №76														
Б02	38	1300	1		Торцекруглошлифовальный с ЧПУ ХШ4-104Ф201	19630	322	1	1	1	1	142	1						
О03	Шлифовать поверхность 2, выдерживая размер $\varnothing 45^{+0.018}_{+0.002}$ ; шлифовать поверхность 3, выдерживая размер $222 \pm 0,575$ .																		
О04	396110 Патрон поводковый; 397130 Шлифовальный круг 1 250' 30' 76.2 24А М16 К6 V 40м/с 2кл ГОСТ Р 52781-2007;																		
О05	394630 Прибор активного контроля БВ-6060-УНВ- 40 ГОСТ Р 8.671 – 2009.																		
А06	ХХ	ХХХХ	075	0120	Промывка	60201.00001;	ИОТ №59												
Б07	Х74306	Промывочный агрегат М2 – 400				2	17405	204	24	1	1	1	142						
О08	Очистить поверхности детали																		
А09	ХХ	ХХХХ	080	0180	Маркирование гравированием	ИОТ №91													
Б10	Плита 1-1-600 х 300 ГОСТ 10905 – 86					2	11629	204	24	1	1	1	142						
О11	Маркировать: номер чертежа, марку материала и дату изготовления.																		
А12	ХХ	ХХХХ	085	0200	Контроль	60103.00003; 20103.00003	ИОТ №91												
Б13	Х92122	Контрольная плита 1 – 1- 600 х 300				4	12950	204	14										
О14	Контролировать не менее 50% всех размеров																		
МК																			