



МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Тольяттинский государственный университет»  
Институт машиностроения  
Кафедра «Оборудование и технологии машиностроительного производства»

УТВЕРЖДАЮ

И.о. зав. кафедрой \_\_\_\_\_ А.В.Бобровский

«\_\_» \_\_\_\_\_ 2016 г.

## ЗАДАНИЕ

**на выполнение выпускной квалификационной работы  
(уровень бакалавра)**

**направление подготовки 15.03.05 «Конструкторско-технологическое обеспечение  
машиностроительных производств»  
профиль «Технология машиностроения»**

Студент Бакаев Максим Вячеславович гр. ТМбз-1101

1. Тема Технологический процесс изготовления штока подъемного механизма РТК
2. Срок сдачи студентом законченной выпускной квалификационной работы «\_\_» \_\_\_\_ 2016г.
3. Исходные данные к выпускной квалификационной работе годовая программа выпуска 6000 шт в год; режим работы участка – двухсменный
4. Содержание выпускной квалификационной работы (объем 40-60 с.)

*Титульный лист.*

*Задание. Аннотация. Содержание.*

*Введение, цель работы*

- 1) *Описание исходных данных*
- 2) *Технологическая часть работы*
- 3) *Проектирование приспособления и режущего инструмента*
- 4) *Безопасность и экологичность технического объекта*
- 5) *Экономическая эффективность работы*

*Заключение. Список использованных источников.*

*Приложения: технологическая документация*

## АННОТАЦИЯ

УДК 621.9.062.3-233.1

Бакаев М.В. Технологический процесс изготовления штока подъемного механизма РТК. Кафедра: Оборудование и технологии машиностроительного производства. ТГУ Тольятти, 2016 г.

Выпускная квалификационная работа посвящена проектированию эффективного технологического процесса изготовления штока подъемного механизма РТК.

Работа состоит из введения, пяти основных частей, заключения, списка использованных источников и приложений.

Во введении производится оценка актуальности работы и формулируется ее цель.

В первой части производится описание и анализ исходных данных, что позволит правильно сформулировать задачи работы.

Вторая часть посвящена разработке техпроцесса изготовления штока на основе известных приемов и методик проектирования.

Третья часть посвящена проектированию специальных станочного приспособления и режущего инструмента.

В четвертой части производится оценка безопасности и экологичности технического объекта.

Правильность выбранных решений подтверждается в пятой части работы путем расчета экономической эффективности работы.

## СОДЕРЖАНИЕ

|   |    |
|---|----|
| Введение, цель работы.....  | 6  |
| 1 Описание исходных данных.....   | 7  |
| 1.1 Анализ служебного назначения детали.....  | 7  |
| 1.2 Анализ технологичности детали.....  | 7  |
| 1.3 Задачи работы.....  | 8  |
| 2 Технологическая часть работы.....   | 10 |
| 2.1 Определение исходных параметров техпроцесса .....   | 10 |
| 2.2 Экономическое обоснование выбора метода получения заготовки .....                             | 11 |
| 2.3 Выбор методов обработки поверхностей.....   | 14 |
| 2.4 Определение припусков.....  | 15 |
| 2.5 Проектирование заготовки.....   | 20 |
| 2.6 Разработка технологического маршрута.....   | 20 |
| 2.7 План изготовления детали.....   | 21 |
| 2.8 Выбор средств технологического оснащения.....   | 21 |
| 2.9 Проектирование технологических операций.....  | 24 |
| 3 Проектирование приспособления и режущего инструмента.....                                       | 30 |
| 3.1 Проектирование приспособления .....   | 30 |
| 3.2 Проектирование режущего инструмента.....  | 37 |
| 4 Безопасность и экологичность технического объекта.....  | 41 |
| 4.1 Конструктивно-технологическая характеристика объекта.....                                     | 41 |
| 4.2 Идентификация производственно-технологических и эксплуатационных профессиональных рисков..... | 41 |
| 4.3 Методы и технические средства снижения профессиональных рисков.....                           | 45 |
| 4.4 Обеспечение пожарной и техногенной безопасности рассматриваемого технического объекта.....    | 48 |
| 4.5 Обеспечение экологической безопасности рассматриваемого технического объекта.....             | 52 |
| 4.6 Заключение по разделу «Безопасность и экологичность технического                              |    |

|   |    |
|---|----|
| объекта».....                             | 55 |
| 5 Экономическая эффективность работы..... | 56 |
| Заключение.....                           | 61 |
| Список использованных источников.....     | 62 |
| Приложения.....                           | 65 |

## ВВЕДЕНИЕ, ЦЕЛЬ РАБОТЫ

В условиях современного автоматизированного машиностроительного производства широкое применение получили робототехнические комплексы. Это объясняется их производственной гибкостью и относительной простотой эксплуатации.

Рассматриваемый в данной выпускной квалификационной работе шток является деталью подъемного механизма такого комплекса. Поэтому к данной детали предъявляются весьма жесткие требования по долговечности эксплуатации и надежности. Данные требования обеспечиваются, прежде всего, технологией изготовления штока. Кроме того технология изготовления должна обеспечить максимальное снижение затрат на изготовление.

В предлагаемой работе рассматривается один из вариантов технологического процесса изготовления штока на базе типового технологического процесса.

Цель выпускной квалификационной работы – обеспечение выпуска 6000 деталей в год, заданного качества и с наименьшими затратами.

## 1 Описание исходных данных

### 1.1 Анализ служебного назначения детали

Анализ служебного назначения детали проводим согласно методики [1].

Шток предназначен для передачи поступательного движения от поршня, закрепленного на одном конце штока, к рейке подъемного механизма, закрепленной на другом конце штока. Передача движения происходит через две резьбовые поверхности штока расположенные на его противоположных концах. Шток устанавливается в большом и малом цилиндрах.

Исходя из служебного назначения, шток испытывает циклические растягивающие и сжимающие нагрузки. При этом работа производится в условиях ограниченной смазки и высоком трении.

### 1.2 Анализ технологичности детали

Анализ технологичности детали необходим для выявления дальнейшего направления проектирования технологического процесса. Проводится согласно методики [1].

Шток изготовлен из силумина ГОСТ 2685-75.

Данный материал имеет следующий химический состав [2]: 4-5%Cu, 1%Fe. Физико-механические свойства: твердость HB 70;  $\sigma_s = 220$  МПа.

Данный материал с точки зрения технологичности является наиболее приемлемым вариантом для данной детали, т.к. имеет необходимые физико-механические свойства и хорошую обрабатываемость резанием. Кроме того, силумин является достаточно универсальным материалом с точки зрения заготовительного производства.

Поэтому заготовку штока можно получить литьем или штамповкой на прессе. Исходя из вышесказанного, с точки зрения получения заготовки деталь можно считать технологичной.

Проведем анализ технологичности конструкции штока с точки зрения технологичности его обработки. Конфигурация штока состоит из наружных и внутренних цилиндрических поверхностей, что позволяет при обработке

максимально использовать стандартное оборудование и режущий инструмент. Все радиусы закруглений, фаски и резьбы максимально унифицированы и могут быть обработаны стандартным инструментом. Исходя из этого можно сделать вывод о том, что механическая обработка не вызовет затруднений. Следует рассмотреть возможность изготовления штока непосредственно по типовому техпроцессу

Проанализируем технологичность базирования и закрепления заготовки при обработке. В качестве черновых баз для установки заготовки на первой операции лучше всего принять две наружные цилиндрические поверхности и торец. В дальнейшем за технологические базы можно принимать как наружные так и внутренние поверхности заготовки. При этом следует отметить, что измерительные базы детали можно использовать как технологические. следовательно, с точки зрения базирования и закрепления деталь можно считать технологичной.

С точки зрения механической обработки поверхностей шток также является технологичным. Это объясняется тем, что исходя из заданных конструктором требований к поверхностям, необходимо обрабатывать не все поверхности детали, так как заданная точность и шероховатость позволяет их получить на заготовительных операциях. Более точные поверхности необходимо подвергнуть более тщательной обработке, однако, как отмечалось ранее, затруднений при этом не возникнет.

Исходя из проведенного анализа видно, что шток по всем основным параметрам обладает достаточно высокой технологичностью.

### 1.3 Задачи работы

Исходя из проведенного анализа основными задачами являются:

- выбрать оптимальный метод получения заготовки;
- спроектировать технологический процесс исходя из типа производства;
- сократить время на обработку за счет применения современного

оборудования и оснастки;

– в случае необходимости провести проектирование режущего инструмента;

– спроектировать технологическую оснастку;

– оценить экономическую эффективность предложенных решений.

## 2 Технологическая часть работы

### 2.1 Определение исходных параметров техпроцесса

Для определения исходных параметров техпроцесса необходимо определить тип производства. Для этого воспользуемся методикой [3]. Исходя из объема выпуска детали 6000 штук в год и массы 2,06 кг тип производства среднесерийный.

Зная тип производства, исходные параметры техпроцесса определяем согласно рекомендаций [1, 4].

Принимаем последовательную стратегию организации техпроцесса с групповой формой организации и выпуском изделий периодическими партиями.

В качестве метода получения заготовки можно применить штамповку или литье. При проектировании заготовки выбор методов обработки следует производить табличным методом по коэффициентам удельных затрат. Метод определения припусков также табличный.

Технологический процесс разрабатывается на базе типового техпроцесса, со степенью проработкой до маршрутного техпроцесса, в отдельных случаях маршрутно-операционного. При этом маршрут обработки формируется по принципам экстенсивной и интенсивной концентрации операций.

Точность обработки обеспечивается методом работы на настроенном оборудовании.

Применяемые средства технологического оснащения: оборудование универсальное и с числовым программным управлением; приспособления универсальные, стандартные, универсально-сборные; режущие инструменты стандартные; средства контроля универсальные.

Расстановка металлорежущих станков на участке производится по типам и размерам станков.

Режимы резания и нормирование техпроцесса производится по общемашиностроительным нормативам.

## 2.2 Экономическое обоснование выбора метода получения заготовки

Как отмечалось ранее, в нашем случае целесообразно применять в качестве заготовки литье в кокиль или горячую штамповку.

Проведем сравнение общих затрат на изготовление штока для обоих методов по методике [5].

$$C_i = C_{3i} + C_{ОБР.i}, \quad (2.1)$$

где  $C_i$  - общие затраты;

$C_{3i}$  - затраты на получение заготовки;

$C_{ОБР.i}$  - затраты на обработку;

$i$  - номер варианта получения заготовки.

Индекс  $i=1$  для штамповки, индекс  $i=2$  для литья.

Стоимость заготовки определим по формулам:

$$C_{3i} = \frac{Ц_{M.i} \cdot M_{3.i}}{1000} K_{СП} \cdot K_T \cdot K_{СЛ}, \quad (2.2)$$

$$C_{3i} = \frac{Ц_{M.i} \cdot M_{Д.i}}{1000 \cdot K_{ИМ}} K_{СП} \cdot K_T \cdot K_{СЛ}, \quad (2.3)$$

где  $Ц_{M_i}$  – цена за тонну металла;

$M_{3i}$  – масса заготовки;

$M_{Дi}$  – масса детали;

$K_{ИМ}$  – коэффициент использования металла;

$K_{СП}$  – коэффициент, учитывающий способ получения заготовки;

$K_T$ ,  $K_{СЛ}$  – коэффициенты, учитывающие точность и сложность заготовки.

Расчет ведется для каждого варианта.

Масса детали:

$$M_{\sigma} = \frac{\pi}{4} (d_1^2 l_1 + d_2^2 l_2 + \dots) \cdot \rho, \quad (2.4)$$

где  $d_1, d_2 \dots$  – диаметры цилиндрических участков;

$l_1, l_2 \dots$  – длины цилиндрических участков;

$\rho$  – плотность материала.

$$M_{\sigma} = \frac{\pi}{4} (5,0^2 \cdot 1,5 - 3,3^2 \cdot 1,5 + 5,0^2 \cdot 17,9 - 3,0^2 \cdot 17,9 + 3,2^2 \cdot 2,1 - 1,4^2 \cdot 2,1) \cdot 0,00786 = 2,06$$

кг.

Масса штампованной заготовки:

$$M_{31} = 0,785 \cdot (d_1^2 \cdot l_1 + d_2^2 \cdot l_2 + \dots) \cdot K_{шт} \cdot \rho \quad (2.5)$$

где  $d_1, d_2 \dots$  – диаметры цилиндрических участков штамповки;

$l_1, l_2 \dots$  – длины цилиндрических участков штамповки;

$K_{шт}$  – коэффициент, учитывающий уклоны, смещения штампа, радиусы перехода, облой.

$$M_{31} = 0,785 \cdot (5,4^2 \cdot 18 - 3,0^2 \cdot 18 + 4,6^2 \cdot 17,6 - 3,0^2 \cdot 17,6 + 3,5^2 \cdot 2,1) \cdot 1,05 \cdot 0,00786 = 2,16$$

кг.

Масса литой заготовки:

$$M_{32} = 0,785 \cdot (d_1^2 \cdot l_1 + d_2^2 \cdot l_2 + \dots) \cdot K_{л} \cdot \rho \quad (2.6)$$

где  $d_1, d_2 \dots$  – диаметры цилиндрических участков отливки;

$l_1, l_2 \dots$  – длины цилиндрических участков отливки;

$K_{л}$  – коэффициент, учитывающий уклоны, радиусы перехода, литники.

$$M_{32} = 0,785 \cdot (5,32^2 \cdot 18 - 3,0^2 \cdot 18 + 4,64^2 \cdot 17,6 - 3,0^2 \cdot 17,6 + 3,5^2 \cdot 2,1 - 1,1^2 \cdot 2,1) \cdot 1,05 \cdot 0,00786 = 2,12 \text{ кг.}$$

Коэффициент использования металла равен:

$$K_{ИМ.i} = \frac{M_{Д}}{M_3}. \quad (2.7)$$

$$K_{ИМ1} = \frac{2,06}{2,16} = 0,95$$

$$K_{ИМ2} = \frac{2,06}{2,12} = 0,97$$

Тогда стоимость заготовки для каждого метода получения:

$$C_{31} = \frac{20000 \cdot 2,16 \cdot 0,82 \cdot 1 \cdot 1,2}{1000} = 42,51 \text{ руб.}$$

$$C_{32} = \frac{20000 \cdot 2,12 \cdot 0,82 \cdot 1 \cdot 1}{1000} = 34,77 \text{ руб.}$$

Определим затраты на механическую обработку для каждого метода.

$$C_{ОБР.i} = \frac{C_{уд} \left( \frac{1}{K_{ИМ.i}} - 1 \right) M_{Д}}{K_{О}}, \quad (2.8)$$

где  $C_{уд}$  – удельные затраты на снятие 1 кг стружки при черновой обработке;

$K_{О}$  – коэффициент обрабатываемости материала.

Получим:

$$C_{ОБР1} = \frac{4 \cdot 2,06 \cdot \left( \frac{1}{0,95} - 1 \right)}{1} = 0,43 \text{ руб.}$$

$$C_{ОБР2} = \frac{4 \cdot 2,06 \cdot \left( \frac{1}{0,97} - 1 \right)}{1} = 0,26 \text{ руб}$$

Получаем следующие суммарные затраты для каждого метода:

$$C_1 = 42,51 + 0,43 = 42,94 \text{ руб.}$$

$$C_2 = 34,77 + 0,26 = 35,03 \text{ руб.}$$

Исходя из проведенных расчетов оптимальным методом получения заготовки является литье в кокиль.

### 2.3 Выбор методов обработки поверхностей

Методы обработки поверхностей выбираются исходя из заданных характеристик поверхности, и коэффициентов удельных затрат для их достижения. Для этого используем и данные [6, 7].

Результаты оформим в виде таблицы 2.1.

Таблица 2.1 - Методы обработки поверхностей

| № поверхности | Вид поверхности | Квалитет точности | Шероховатость $Ra$ | Последовательность обработки |
|---------------|-----------------|-------------------|--------------------|------------------------------|
| 1             | П               | 10                | 1,25               | Ф-Т-Тч-ТТ                    |
| 2             | Ц               | 6                 | 12,5               | Т-Тч-ТТ                      |
| 3             | П               | 12                | 12,5               | Т                            |
| 4             | Ц               | 12                | 12,5               | Т                            |
| 5             | Ц               | 12                | 12,5               | Т                            |
| 6             | П               | 12                | 12,5               | Ф                            |
| 7             | П               | 10                | 1,6                | С-3                          |
| 8             | Ц               | 6                 | 1,25               | С-3                          |
| 9             | ЦВ              | 10                | 6,3                | С-3                          |
| 10            | П               | 14                | 12,5               |                              |
| 11            | ЦВ              | 10                | 6,3                | С-3                          |
| 12            | П               | 10                | 2,5                | С-3                          |
| 13            | ЦВ              | 6                 | 1,25               | С-3                          |
| 14            | ЦВ              | 14                | 12,5               | С-3                          |
| 16            | РВ              | 10                | 3,2                | НР                           |
| 17            | П               | 12                | 12,5               | С-3                          |
| 18            | РВ              | 10                | 3,2                | НР                           |

В таблице использованы следующие обозначения: П – плоская поверхность; Ц – цилиндрическая поверхность; ЦВ – цилиндрическая внутренняя поверхность; РВ – резьбовая внутренняя поверхность; КВ – коническая внутренняя; Т – точение черновое; Тч – точение чистовое; Тт – точение тонкое; С – сверление; З – зенкервание; НР – нарезание резьбы.

#### 2.4 Определение припусков

Расчет припуска для обработки поверхностей самых точных поверхностей  $\varnothing 50h6^{+0,016}$  производим расчетно-аналитическим методом. Для расчетов используем справочные данные [8].

Минимальный припуск рассчитывается:

$$Z_{i\min} = a_{i-1} + \sqrt{\Delta_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2} \quad (2.9)$$

где  $i$  - индекс данного перехода;

$i-1$  - индекс предыдущего перехода;

$i+1$  - индекс последующего перехода;

$a$  - суммарная величина дефектного слоя;

$\Delta$  - суммарное отклонение формы и расположения поверхностей;

$\varepsilon$  - погрешность установки заготовки в приспособлении.

$$Z_{1\min} = a_0 + \sqrt{\Delta_0^2 + \varepsilon_1^2} = 0,3 + \sqrt{0,25^2 + 0^2} = 0,550$$

$$Z_{2\min} = a_1 + \sqrt{\Delta_1^2 + \varepsilon_2^2} = 0,12 + \sqrt{0,25^2 + 0^2} = 0,370$$

$$Z_{3\min} = a_{TO} + \sqrt{\Delta_{TO}^2 + \varepsilon_3^2} = 0,072 + \sqrt{0,25^2 + 0^2} = 0,97$$

Максимальный припуск рассчитывается:

$$Z_{i\max} = Z_{i\min} + 0,5 \cdot \sqrt{d_{i-1} + Td_i} \quad (2.10)$$

$$\begin{aligned}
Z_{1\max} &= Z_{1\min} + 0,5 \cdot \sqrt{d_0 + Td_1} = 0,550 + 0,5 \cdot \sqrt{0,62 + 0,25} = 0,890 \\
Z_{2\max} &= Z_{2\min} + 0,5 \cdot \sqrt{d_1 + Td_2} = 0,370 + 0,5 \cdot \sqrt{0,25 + 0,10} = 0,545 \\
Z_{3\max} &= Z_{3\min} + 0,5 \cdot \sqrt{d_{TO} + Td_3} = 0,097 + 0,5 \cdot \sqrt{0,10 + 0,039} = 0,167
\end{aligned}$$

Среднее значение припуска рассчитывается:

$$Z_{cpi} = \sqrt{Z_{i\max} + Z_{i\min}} \quad (2.11)$$

$$\begin{aligned}
Z_{cp1} &= \sqrt{Z_{1\max} + Z_{1\min}} = \sqrt{0,550 + 0,890} = 0,720 \\
Z_{cp2} &= \sqrt{Z_{2\max} + Z_{2\min}} = \sqrt{0,370 + 0,545} = 0,458 \\
Z_{cp3} &= \sqrt{Z_{3\max} + Z_{3\min}} = \sqrt{0,097 + 0,167} = 0,132
\end{aligned}$$

Минимальный и максимальный диаметры рассчитываются:

$$d_{(i-1)\min} = d_{i\max} + 2 \cdot Z_{i\min} \quad (2.12)$$

$$d_{(i-1)\max} = d_{(i-1)\min} + Td_{i-1} \quad (2.13)$$

Расчет начинаем с последнего перехода, для которого на чертеже задан размер.

$$\begin{aligned}
d_{3\min} &= 50,000 \\
d_{3\max} &= 50,016 \\
d_{2\min} &= d_{3\max} + 2 \cdot Z_{3\min} = 50,016 + 2 \cdot 0,097 = 50,210 \\
d_{2\max} &= d_{2\min} + Td_2 = 50,210 + 0,1 = 50,310 \\
d_{1\min} &= d_{2\max} + 2 \cdot Z_{2\min} = 50,31 + 2 \cdot 0,370 = 51,050 \\
d_{1\max} &= d_{1\min} + Td_1 = 51,05 + 0,250 = 51,300 \\
d_{0\min} &= d_{1\max} + 2 \cdot Z_{1\min} = 51,300 + 2 \cdot 0,550 = 52,400 \\
d_{0\max} &= d_{0\min} + Td_0 = 52,400 + 0,620 = 53,020
\end{aligned}$$

Средние значения диаметров рассчитываются:

$$d_{icp} = \sqrt{d_{i\max} + d_{i\min}} \quad (2.14)$$

$$d_{cp0} = \sqrt{d_{0\max} + d_{0\min}} = \sqrt{3,020 + 52,40} = 52,710$$

$$d_{cp1} = \sqrt{d_{1\max} + d_{1\min}} = \sqrt{1,300 + 51,050} = 51,175$$

$$d_{cp2} = \sqrt{d_{2\max} + d_{2\min}} = \sqrt{0,310 + 50,210} = 50,260$$

$$d_{cp3} = \sqrt{d_{3\max} + d_{3\min}} = \sqrt{0,016 + 50,000} = 50,008$$

Общий припуск на обработку рассчитывается:

$$2Z_{\min} = d_{0\min} - d_{3\max} \quad (2.15)$$

$$2Z_{\max} = 2Z_{\min} + Td_0 + Td_3 \quad (2.16)$$

$$2Z_{cp} = \sqrt{2Z_{\min} + 2Z_{\max}} \quad (2.17)$$

$$2Z_{\min} = 52,400 - 50,016 = 2,384$$

$$2Z_{\max} = 2,384 + 0,62 + 0,016 = 3,02$$

$$2Z_{cp} = 0,5 \times \sqrt{2,384 + 3,02} = 2,702$$

Результаты оформим в виде таблицы 2.2.

Таблица 2.2 - Припуски и операционные размеры

| №<br>перехо<br>да | Наименование<br>перехода | Точность     |              | Составляющие<br>припуска, мм |          |               | Припуск, мм |           |           | Предельные размеры, мм |           |           |
|-------------------|--------------------------|--------------|--------------|------------------------------|----------|---------------|-------------|-----------|-----------|------------------------|-----------|-----------|
|                   |                          | Квали<br>тет | $Td$ ,<br>мм | $a$                          | $\Delta$ | $\varepsilon$ | $Z_{min}$   | $Z_{max}$ | $Z_{cp.}$ | $d_{min}$              | $d_{max}$ | $d_{cp.}$ |
| 1                 | 2                        | 3            | 4            | 5                            | 6        | 7             | 8           | 9         | 10        | 11                     | 12        | 13        |
| 0                 | Отливка                  | 14           | 0,62         | 0,3                          | 0,25     | -             | -           | -         | -         | 52,400                 | 53,02     | 52,710    |
| 1                 | Точение черновое         | 12           | 0,25         | 0,12                         | 0,25     | 0             | 0,550       | 0,890     | 0,720     | 51,050                 | 51,3      | 51,175    |
| 2                 | Точение чистовое         | 9            | 0,10         | 0,072                        | 0,10     | 0             | 0,37        | 0,545     | 0,458     | 50,210                 | 50,310    | 50,260    |
| 3                 | Точение тонкое           | 6            | 0,016        | 0,015                        | 0,039    | 0             | 0,097       | 0,167     | 0,132     | 50                     | 50,016    | 50,008    |
| Общий припуск 2Z  |                          |              |              |                              |          |               | 1,017       | 1,602     | 1,31      |                        |           |           |

Исходя из рекомендаций п.2.1 припуски на обработку остальных поверхностей определяем табличным методом [9]. Для этого по таблицам [10] определяем минимальные припуски на обработку, а максимальные припуски определяем по формуле:

$$Z_{i\max} = Z_{i\min} + 0,5 \cdot \sqrt{d_{i-1}} + Td_{i-1} \quad (2.18)$$

Результаты расчетов оформим в виде таблицы 2.3.

Таблица 2.3 - Припуски на обработку

| № пов. | Наименование перехода | $2Z_{\min}$ | $2Z_{\max}$ |
|--------|-----------------------|-------------|-------------|
| 1      | 2                     | 3           | 4           |
| 1      | Фрезерование          | 0,45        | 0,81        |
|        | Точение чистовое      | 0,15        | 0,61        |
|        | Точение тонкое        | 0,06        | 0,10        |
| 2      | Точение               | 0,9         | 1,34        |
|        | Точение чистовое      | 0,3         | 0,45        |
|        | Точение тонкое        | 0,15        | 0,18        |
| 3      | Точение               | 0,4         | 0,71        |
| 4      | Точение               | 0,9         | 1,44        |
| 5      | Точение               | 0,9         | 1,34        |
| 6      | Фрезерование          | 0,45        | 0,81        |
| 7      | Сверление             | 0,4         | 0,69        |
|        | Зенкерование          | 0,12        | 0,27        |
| 8      | Сверление             | 1,00        | 1,24        |
|        | Зенкерование          | 0,25        | 0,34        |
| 9      | Сверление             | 0,8         | 1,04        |
|        | Зенкерование          | 0,20        | 0,25        |
| 11     | Сверление             | 1,00        | 1,35        |

Продолжение таблицы 2.3

| 1  | 2            | 3    | 4    |
|----|--------------|------|------|
|    | Зенкерование | 0,25 | 0,32 |
| 12 | Сверление    | 0,4  | 0,55 |
|    | Зенкерование | 0,12 | 0,27 |
| 13 | Сверление    | 1,00 | 1,35 |
|    | Зенкерование | 0,25 | 0,32 |
| 17 | Сверление    | 0,4  | 0,55 |
|    | Зенкерование | 0,12 | 0,27 |

### 2.5 Проектирование заготовки

Заготовка проектируется согласно рекомендаций [5] и справочных данных [10].

Основные параметры заготовки следующие:

- степень точности поверхности – 14;
- класс точности массы – 10;
- класс размерной точности – 9;
- ряд припусков – 7;
- сдвиг не более 1,0 мм;
- эксцентricность отверстий не более 1,0 мм.

Заготовка представлена на листе графической части.

### 2.6 Разработка технологического маршрута

Технологический маршрут изготовления штока формируем на базе анализа типовых технологических маршрутов [11, 12, 13]. При этом следует учесть конструктивные особенности детали, технологические возможности оборудования и ранее высказанные рекомендации.

Для наглядности маршрут обработки представим в виде таблицы 2.4.

Таблица 2.4 - Технологический маршрут

| №  | Метод обработки | Обрабатываемые поверхности | № опер. | Наименование операции  |
|----|-----------------|----------------------------|---------|------------------------|
| 1  | Фрезерование    | 1, 6                       | 005     | Фрезерно-центровальная |
| 2  | Сверление       |                            | 005     | Фрезерно-центровальная |
| 3  | Точение         | 2                          | 010     | Токарная               |
| 4  | Точение         | 5, 4                       | 015     | Токарная               |
| 5  | Точение         | 2, 1                       | 020     | Токарная               |
| 6  | Точение         | 2, 1                       | 025     | Токарная               |
| 7  | Сверление       | 7, 8, 9                    | 030     | Сверлильная            |
| 8  | Зенкерование    | 7, 8, 9                    | 035     | Сверлильная            |
| 9  | Резьбонарезание | 18                         | 040     | Сверлильная            |
| 10 | Сверление       | 11, 12, 13, 17             | 045     | Сверлильная            |
| 11 | Зенкерование    | 11, 12, 13, 17             | 050     | Сверлильная            |
| 12 | Резьбонарезание | 16                         | 055     | Сверлильная            |
| 13 | Моечная         | Все                        | 060     | Моечная                |
| 14 | Контрольная     | Все                        | 065     | Контрольная            |

### 2.7 План изготовления детали

План обработки детали формируется на основе полученного технологического маршрута изготовления и представляет собой графическое изображение маршрута обработки с указанием на каждой операции типа оборудования, схемы базирования и технологических требований. Более подробно требования к оформлению плана изготовления указаны в литературе [14].

План обработки входит в графическую часть работы.

### 2.8 Выбор средств технологического оснащения

К средствам технологического оснащения принято относить оборудование, режущий инструмент, мерительный инструмент и станочные

приспособления. В данном разделе произведем выбор всех перечисленных средств технологического оснащения необходимых для изготовления штока основываясь на рекомендациях [1].

Выбор оборудования производим согласно справочных данных [15, 16]. При наличии нескольких вариантов оборудования будем учитывать возможность обработки других деталей, стоимость и наличие системы ЧПУ.

При выборе режущих инструментов будем использовать справочные данные [15, 17, 18]. Также следует учесть, что режущий инструмент должен обеспечивать все заданные параметры обработки и иметь минимальную стоимость.

Выбор мерительного инструмента производим согласно справочных данных [15, 16, 19], с учетом его стоимости и максимальной универсальности.

При выборе приспособлений будем руководствоваться справочными данными [15, 20, 21]. При наличии нескольких вариантов будем учитывать технологические возможности приспособления (в нашем случае должны быть достаточно широкие) и стоимость.

Результаты выбора средств технологического оснащения оформим в виде таблицы 2.5.

Таблица 2.5 - Выбор средств технологического оснащения

| № оп. | Содержание             | Оборудование                      | Режущий инструмент                                     | Мерительный инструмент                                  | Приспособления         |
|-------|------------------------|-----------------------------------|--|---|------------------------|
| 1     | 2                      | 3                                 | 4  | 5   | 6                      |
| 005   | Фрезерно-центровальная | Фрезерно-центровальный<br>XZK8230 | Фрезы торцевые<br>ГОСТ1092-69<br>Ø100,<br>Зенковка Ø35 | Штангенциркуль<br>ШЦ-1<br>ГОСТ160-80<br>Калибр контроля | Тиски самоцентрирующие |

Продолжение таблицы 2.5

| 1   | 2                 | 3   | 4  | 5  | 6   |
|-----|-------------------|---|--|--|---|
|     |                   |   |  | центрового<br>отверстия                  |   |
| 010 | Токарная с<br>ЧПУ | Токарно-<br>винторезный<br>с ЧПУ ТНС-<br>10     | Резец<br>контурный<br>ГОСТ 18879-<br>73      | Штангенцир<br>куль<br>ШЦ-1<br>ГОСТ160-80 | Патрон<br>кулачковый<br>специальный         |
| 015 | Токарная с<br>ЧПУ | Токарно-<br>винторезный<br>с ЧПУ ТНС-<br>10     | Резец<br>контурный<br>ГОСТ 18879-<br>73      | Микрометр<br>МК-50<br>ГОСТ6507-<br>78    | Патрон<br>кулачковый<br>специальный         |
| 020 | Токарная с<br>ЧПУ | Токарно-<br>винторезный<br>с ЧПУ ТНС-<br>10     | Резец<br>контурный<br>ГОСТ 18879-<br>73      | Микрометр<br>МК-50<br>ГОСТ6507-<br>78    | Патрон<br>поводковый<br>ГОСТ8742-<br>75     |
| 025 | Токарная с<br>ЧПУ | Токарно-<br>винторезный<br>с ЧПУ ТНС-<br>10     | Резец<br>контурный<br>ГОСТ 18879-<br>73      | Микрометр<br>МК-50<br>ГОСТ6507-<br>78    | Патрон<br>поводковый<br>ГОСТ8742-<br>75     |
| 030 | Сверлильная       | Вертикально-<br>сверлильный<br>В-<br>1850FN/400 | Сверло-<br>цековка<br>специальное            | Калибр                                   | Скальчатый<br>кондуктор<br>ГОСТ 8522-<br>70 |
| 035 | Сверлильная       | Вертикально-<br>сверлильный<br>В-<br>1850FN/400 | Зенкер<br>комбинирова<br>нный<br>специальный | Калибр                                   | Скальчатый<br>кондуктор<br>ГОСТ 8522-<br>70 |
| 040 | Сверлильная       | Вертикально-                                    | Метчик                                       | Шагомер,                                 | Скальчатый                                  |

Продолжение таблицы 2.5

| 1   | 2           | 3   | 4  | 5                               | 6   |
|-----|-------------|---|--|---------------------------------|---|
|     |             | сверлильный<br>В-<br>1850FN/400                 | M14x1,5                                      | калибр<br>резьбовой             | кондуктор<br>ГОСТ 8522-<br>70               |
| 045 | Сверлильная | Вертикально-<br>сверлильный<br>В-<br>1850FN/400 | Сверло-<br>цековка<br>специальное            | Калибр                          | Скальчатый<br>кондуктор<br>ГОСТ 8522-<br>70 |
| 050 | Сверлильная | Вертикально-<br>сверлильный<br>В-<br>1850FN/400 | Зенкер<br>комбинирова<br>нный<br>специальный | Калибр                          | Скальчатый<br>кондуктор<br>ГОСТ 8522-<br>70 |
| 055 | Сверлильная | Вертикально-<br>сверлильный<br>В-<br>1850FN/400 | Метчик<br>M33x1,5<br>ГОСТ9150-81             | Шагомер,<br>калибр<br>резьбовой | Скальчатый<br>кондуктор<br>ГОСТ 8522-<br>70 |

### 2.9 Проектирование технологических операций

Рассчитаем режимы резания на операцию 015 токарную черновую токарную чистовую применяя таблично-аналитический метод [15].

Скорость резания определим по формуле:

$$v = \frac{C_v}{T^m t^x S^y} K_v, \quad (2.19)$$

где  $C_v$ ,  $m$ ,  $x$ ,  $y$  – коэффициенты и показатели степеней учитывающие конкретные условия обработки;

$$K_v = K_{MV} K_{PV} K_{IV}, \quad (2.20)$$

где  $K_{MV}$  – коэффициент, учитывающий влияние материала заготовки;  
 $K_{PV}$  – коэффициент, учитывающий состояние поверхности;  
 $K_{IV}$  – коэффициент, учитывающий материал инструмента.

Получим:

$$K_v = 0,8 \cdot 0,9 \cdot 2,5 = 1,8;$$

$$v = \frac{328}{60^{0,23} 1,2^{0,12} 0,6^{0,5}} 1,8 = 283,1 \text{ м/мин.}$$

Число оборотов шпинделя определяется по формуле:

$$n = \frac{1000V}{\pi d}, \quad (2.21)$$

где  $d$  – диаметр заготовки.

$$n = \frac{1000 \cdot 283,1}{\pi \cdot 50} = 1803 \text{ об/мин;}$$

По паспорту станка принимаем  $n = 2000$  об/мин.

Уточняем скорость резания по формуле:

$$V_\delta = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} \quad (2.22)$$

$$\text{Получим, } V_\delta = \frac{\pi \cdot 50 \cdot 2000}{1000} = 314 \text{ м/мин.}$$

Определим силу резания:

$$P_Z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p \quad (2.23)$$

где  $C_p$ ,  $x$ ,  $y$ ,  $n$ ,  $K_p$  – коэффициенты и показатели степени учитывающие условия обработки и геометрию инструмента.

$$K_p = K_{MP} K_{\phi P} K_{\gamma P} K_{rP} \cdot \quad (2.24)$$

В нашем случае получим:

$$K_p = 1 \cdot 1 \cdot 1,25 \cdot 1 = 1,25;$$

$$P_z = 10 \cdot 81 \cdot 1,5^1 \cdot 0,6^{0,75} \cdot 314^0 \cdot 1,25 = 1035,4 \text{ Н.}$$

Определим мощность резания:

$$N = \frac{P_z \cdot v}{1020 \cdot 60} \quad (2.25)$$

$$N = \frac{1035,4 \cdot 314}{1020 \cdot 60} = 5,3 \text{ кВт.}$$

$$N_{\text{шт}} = N_{\text{ст}} \cdot \eta \quad (2.26)$$

$$N_{\text{шт}} = 10 \cdot 0,75 = 7,5 \text{ кВт}$$

Условие  $N_{\text{рез}} \leq N_{\text{шт}}$  выполняется.

Для остальных операций режимы резания определяем табличным методом [22] с использованием справочных данных [22, 23].

Определяем скорость резания по формуле:

$$V = V_T \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3, \quad (2.27)$$

где  $V_T$  – табличное значение скорости резания;

$K_1$  – коэффициент, зависящий от обрабатываемого материала;

$K_2$  – коэффициент, зависящий от стойкости и марки твердого сплава;

$K_3$  – коэффициент, зависящий от вида обработки (при точении); от размеров обработки (при фрезеровании); от отношения длины к диаметру (при сверлении).

Определяем частоту вращения по формуле:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D}. \quad (2.28)$$

Результат вычислений корректируется в соответствии с техническими характеристиками оборудования, принимается действительное значение частоты вращения шпинделя  $n_d$ .

Определяем действительную скорость резания по формуле:

$$V_D = \frac{\pi \cdot D \cdot n_D}{1000}, \quad (2.29)$$

где  $n_d$  – действительная частота вращения.

Определяем длину резания и длину рабочего хода инструмента по формуле:

$$L_{p.x} = l_1 + l_{рез} + l_2, \quad (2.30)$$

где  $l_1$  – длина врезания инструмента, мм;

$l_{рез}$  – длина резания, мм;

$l_2$  – длина перебега инструмента, мм.

Определяем нормы времени по формуле:

$$T_0 = \frac{L_{PX}}{S_0 \cdot n_D}; \quad (2.31)$$

Определяем силы резания по формуле:

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p \quad (2.32)$$

где  $C_p$ ,  $x$ ,  $y$ ,  $n$ ,  $K_p$  – коэффициенты и показатели степени учитывающие условия обработки и геометрию инструмента.

$$K_p = K_{MP} K_{\phi P} K_{\gamma P} K_{rP} \cdot \quad (2.33)$$

$$P_0 = C_p \cdot d^x \cdot S_0^y \cdot K_p, \quad (2.34)$$

где  $d$  – диаметр сверла, мм;

$S_0$  – подача на оборот, мм/об;

$C_p$ ,  $x$ ,  $y$ ,  $K_p$  – коэффициенты, учитывающие конкретные факторы процесса резания.

Результаты расчетов оформим в виде таблицы 2.6.

Таблица 2.6 - Режимы резания

| Номер перехода                        | $S_0(S_z)$<br>мм/об(мм/зуб) | $V$<br>м/мин | $n$<br>об/мин | $L_{px}$<br>мм | $T_0$<br>мин |
|---------------------------------------|-----------------------------|--------------|---------------|----------------|--------------|
| 1                                     | 2                           | 3            | 4             | 5              | 6            |
| Операция 005 – Фрезерно-центровальная |                             |              |               |                |              |
| 1                                     | (0,12)                      | 198          | 630           | 55             | 0,06         |
| 2                                     | 0,15                        | 21           | 1000          | 6              | 0,04         |
| Операция 010 – Токарная               |                             |              |               |                |              |
| 1                                     | 0,6                         | 314          | 2000          | 205            | 0,5          |
| Операция 015 – Токарная               |                             |              |               |                |              |
| 1                                     | 0,6                         | 314          | 2000          | 18             | 0,1          |
| Операция 020 – Токарная               |                             |              |               |                |              |
| 1                                     | 0,2                         | 126          | 2000          | 18             | 0,15         |

Продолжение таблицы 2.6

| 1                          | 2    | 3   | 4    | 5  | 6    |
|----------------------------|------|-----|------|----|------|
| Операция 025 - Токарная    |      |     |      |    |      |
| 1                          | 0,06 | 216 | 2000 | 18 | 0,6  |
| Операция 030 - Сверлильная |      |     |      |    |      |
| 1                          | 0,5  | 57  | 1800 | 30 | 0,3  |
| Операция 035 - Сверлильная |      |     |      |    |      |
| 1                          | 0,3  | 63  | 2000 | 30 | 0,18 |
| Операция 040 - Сверлильная |      |     |      |    |      |
| 1                          | 1,5  | 11  | 350  | 15 | 0,15 |
| Операция 045 - Сверлильная |      |     |      |    |      |
| 1                          | 0,75 | 39  | 350  | 23 | 0,13 |
| Операция 050 - Сверлильная |      |     |      |    |      |
| 1                          | 0,8  | 40  | 350  | 23 | 0,13 |
| Операция 055 - Сверлильная |      |     |      |    |      |
| 1                          | 1,5  | 20  | 200  | 23 | 0,16 |

### 3 Проектирование приспособления и режущего инструмента

#### 3.1 Проектирование приспособления

Спроектируем трехкулачковый самоцентрирующий патрон для 010 токарной операции. На данной операции выполняется точение наружных поверхностей по 12 квалитету точности.

Схема базирования и операционные размеры, которые должны быть обеспечены на данной операции, представлены на рисунке 3.1. Режимы резания, режущий инструмент и другие исходные данные берем из п.2 данной работы

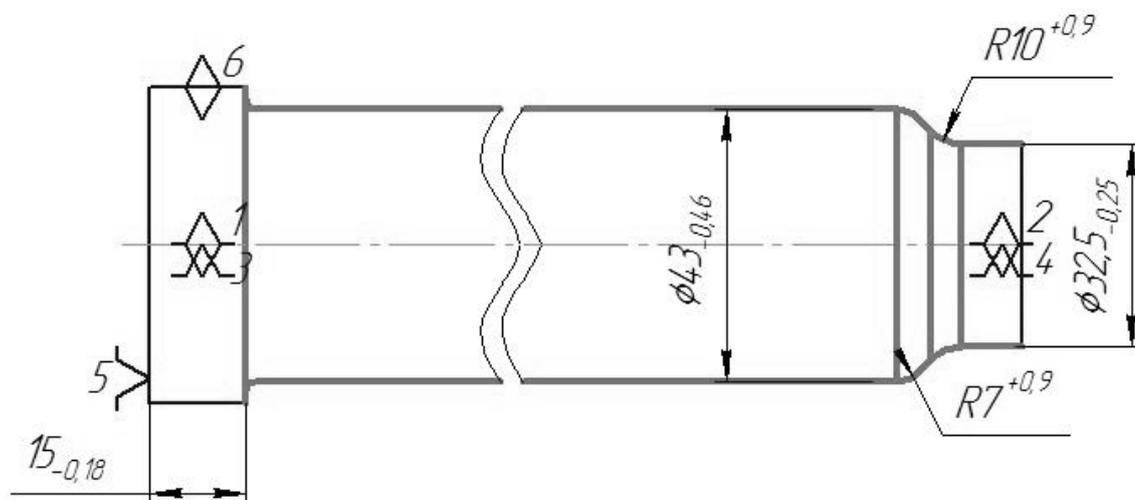


Рисунок 3.1 - Операционный эскиз

Расчет производим согласно методики [24] и справочных данных [20, 21].

Сначала необходимо рассчитать составляющие силы резания:

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

где  $K_p$  - коэффициент, учитывающий фактические условия обработки.

В нашем случае получим:

$$P_Y = 10 \cdot 243 \cdot 1,2^{0,9} \cdot 0,6^{0,6} \cdot 314^{-0,3} \cdot 0,9 = 484 \text{ Н};$$

$$P_Z = 10 \cdot 300 \cdot 1,2^{1,0} \cdot 0,6^{0,75} \cdot 314^{-0,15} \cdot 0,9 = 1080 \text{ Н}.$$



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

где  $K$  - коэффициент запаса.

Данный коэффициент рассчитывается:

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

где  $K_0$  - гарантированный коэффициент запаса;

$K_1$  - коэффициент, учитывающий увеличение сил резания из-за случайных неровностей на обрабатываемых поверхностях заготовки;

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

$K_3$  - учитывает увеличение сил резания при прерывистом резании;

$K_4$  - характеризует постоянство силы, развиваемой зажимным механизмом;

$K_5$  - характеризует эргономику немеханизированного зажимного механизма;

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

Подставив полученные данные имеем:

$$W = \frac{2 \cdot 1,8 \cdot 1080 \cdot 53}{0,3 \cdot 53} = 45619 \text{ Н.}$$

Момент от составляющей  $P_Y$ :

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

Сила зажима равна:

$$M_3 = \frac{2}{3} \cdot W \cdot f \cdot d_2 \quad (3.7)$$

Тогда сила зажима равна:

$$W = \frac{2 \cdot 2,52 \cdot 484 \cdot 18}{3 \cdot 0,3 \cdot 53} = 7989 \text{ Н.}$$

Из двух полученных значений силы зажима выбираем наибольшую  $W = 45619 \text{ Н.}$

Следует учесть, что величина усилия зажима прикладываемая к постоянным кулачкам увеличится:

$$W_1 = \frac{W}{\left(1 - \left(3 \cdot \frac{l_k}{H_k}\right) \cdot f_1\right)} \quad (3.8)$$

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

$H_k$  - длина направляющей постоянного кулачка;

$f$  - коэффициент трения в направляющих постоянного кулачка и корпуса.

В нашем случае получаем:

$$W_1 = \frac{45619}{\left(1 - \left(3 \cdot \frac{62}{80}\right) \cdot 0,1\right)} = 59439 \text{ Н.}$$

Далее проводим расчёт зажимного механизма. При этом необходимо учесть, что проектируемый патрон является самоцентрирующим, поэтому на механизм, приводящий в движение кулачки, накладывается условие одновременности движения. Для его обеспечения применим один источник движения.

При применении рычажного зажимного механизма исходное усилие на силовом приводе рассчитывается по формуле:

$$Q = \frac{W_1}{i_c} \quad (3.9)$$

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

Для рычажного зажимного механизма:

$$i = \frac{A}{B} \quad (3.10)$$

где  $A$  и  $B$  - плечи рычага.

Тогда для нашего случая получим:

$$Q = \frac{59439}{2,5} = 23776 \text{ Н.}$$

Исходное усилие может быть создано пневматическим или гидравлическим вращающимся цилиндром

Наиболее простым вариантом является пневматический силовой привод, попытаемся применить его. Сразу следует отметить, что диаметр поршня не должен превышать 120 мм.

Диаметр поршня для рабочей штоковой полости определяется по формуле:

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

где  $P$  - избыточное давление рабочей среды;

$d$  – диаметр штока.

Для пневмоцилиндра получим:

$$D = \sqrt{\frac{1,27 \cdot 23776}{0,4} + 30^2} = 277 \text{ мм.}$$

Диаметр слишком велик, поэтому применим гидравлический привод.

Тогда получим:

$$D = \sqrt{\frac{1,27 \cdot 23776}{5,0} + 30^2} = 78,3 \text{ мм.}$$

Принимаем диаметр поршня 80 мм.

Расчёт погрешности установки заготовки в приспособление выполняется после разработки конструкции патрона и простановки размеров.

Погрешность установки определяется по формуле:

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

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

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

$\varepsilon_{\text{ПР}}$ , - погрешность элементов приспособления, зависящая от точности их изготовления.

На рисунке 3.3 представлена размерная схема патрона с рычажным зажимным механизмом.

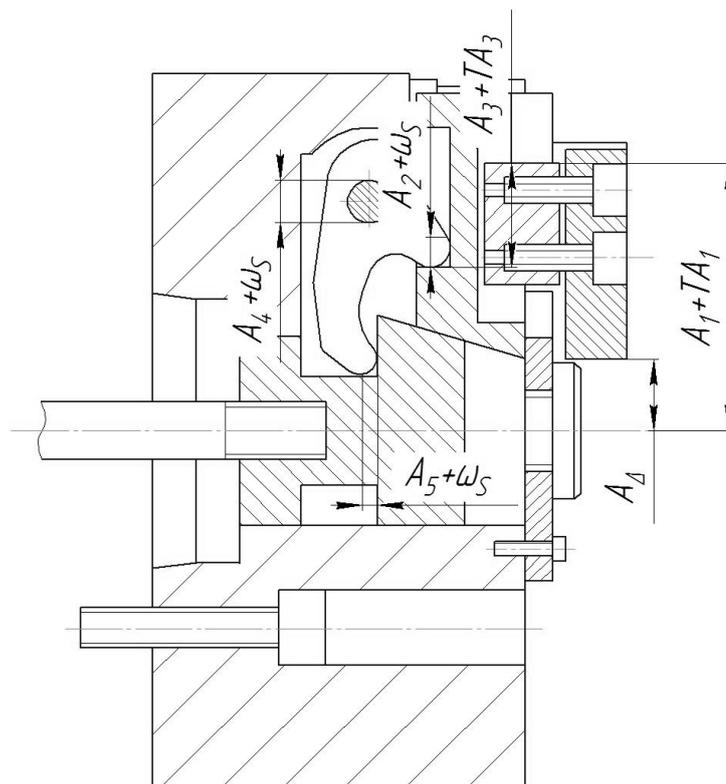


Рисунок 3.3 - Размерная схема патрона с рычажным зажимным механизмом

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

где  $\omega_{A\Delta}$  - колебания замыкающего размера  $A_{\Delta}$ ,  
 $\Delta_1, \Delta_3$  - погрешности, возникающие вследствие не точности изготовления  
размеров  $A_1$  и  $A_3$ ;  
 $\Delta_2, \Delta_4, \Delta_5$  - погрешности из-за колебания зазоров в сопряжениях.

Погрешность установки не должна превышать величин: для чистовой  
обработки:

$$\varepsilon_y^{доп} = 0,3 \cdot Td \quad (3.14)$$

где  $Td$  - технологический допуск на операционный размер.

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

$$\varepsilon_y = 0,5 \sqrt{0,025^2 + 0,015^2 + 0,018^2 + 0,015^2 + 0,015^2} = 0,02 \text{ мм.}$$

$$\varepsilon_y^{доп} = 0,3 \cdot 0,3 = 0,09 \text{ мм.}$$

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

Опишем конструкцию приспособления и принцип его работы.

Приспособление состоит из патрона и силового привода. Патрон  
содержит корпус 1, в котором установлен рычажный зажимной механизм,  
состоящий из рычагов 2 установленных на осях 3. Один конец рычагов  
закреплен с тягой 9, а другой с постоянными кулачками 4, на которых  
установлены сменные кулачки 6. К выходному концу шпинделя патрон  
крепится винтами 19.

Силовой привод содержит: вращающийся корпус 15, с крышкой 13,  
которая установлена на двух подшипниках 21 в неподвижном корпусе 11,  
который закреплен на заднем конце передней бабки. В полости корпуса 15  
расположены поршень 14 и шток 16. На выступе задней крышки смонтирована  
муфта 12 для подвода рабочей жидкости.

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

### 3.2 Проектирование режущего инструмента

При нарезании резьбы на операции 040 сверлильной довольно часто возникают проблемы связанные со смятием резьбы стружкой при нарезании стандартными метчиками, поэтому необходимо произвести расчет и проектирование метчика с учетом особенностей материала детали.

Для резбонарезания необходим машинный метчик с прямыми стружечными канавками. Нарезание резьбы метчиком должно обеспечивать шероховатость поверхности  $Ra=2,5$  мкм, степень точности 10Н.

Проведем расчет основных конструктивных элементов метчика.

Расчет будем производить по методике, изложенной в [25, 26].

К конструктивным и геометрическим параметрам относятся: число зубьев, форма и длина стружечных канавок, длина заборной части и ее угол, величина обратной конусности калибрующей части, форма и размер хвостовика, общая длина метчика, угол заточки метчика.

Число зубьев выбирается в зависимости от обрабатываемого материала и диаметра нарезаемой резьбы  $z=3$ .

Канавки прямые стружкоотводные.

Размеры канавки:

$$d=14 \text{ мм};$$

$$r=7,35 \text{ мм};$$

$$r_1=2,80 \text{ мм}.$$

Профиль канавки №6.

Диаметр сердцевины метчика:

$$d_c = 0,4 \cdot d \quad (3.15)$$

где  $d$  – диаметр резьбы.

$$d_c = 0,4 \cdot 14 = 5,6 \text{ мм.}$$

Так как резьба нарезается в сквозном отверстии, то угол в плане  $\varphi$  определяется по следующей формуле:

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{a \cdot z}{P} \quad (3.16)$$

где  $z$  – число зубьев;

$P$  – шаг резьбы;

$a$  – толщина срезаемого слоя.

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{0,11 \cdot 3}{1,5} = 0,22 \text{ мм.}$$

$$\varphi = 12^{\circ} 4'$$

Длина заборной части определяется по формуле:

$$l_2 = 4 \dots 6 \cdot P \quad (3.17)$$

где  $P$  – шаг резьбы/

$$l_2 = 4 \dots 6 \cdot 1,5 = 6 \dots 9 \quad l_2 = 8 \text{ мм.}$$

Длина калибрующей части определяется по формуле:

$$l_1 = l_3 - l_2 \quad (3.18)$$

где  $l_2$  - длина заборной части;

$l_3$  - длина рабочей части.

$$l_1 = 30 - 8 = 22 \text{ мм.}$$

Для уменьшения трения калибрующая часть должна иметь обратную

конусность по всему профилю резьбы, величина ее выбирается по таблицам [26].

Обратная конусность на 100 мм длины равна 0,3 мм.

Размеры хвостовика:

$$d_2=10,20 \text{ мм};$$

$$r=4,5 \text{ мм};$$

$$l_2=7 \text{ мм}.$$

Для экономии инструментального материала хвостовик делают из стали 40Х с последующей его сваркой с рабочей частью. Расстояние  $l_4$  от торца переднего до места сварки определяется по формуле:

$$l_4 = l_3 + 11 \quad (3.19)$$

$$l_4 = 30 + 11 = 41 \text{ мм}.$$

Общая длина метчика определяется по формуле:

$$L = l_2 + l_7 + l_{\text{изд}} + l_0 + l_6 \quad (3.20)$$

где  $l_2$  - длина заборной части;

$l_{\text{изд}}$  - длина нарезаемой резьбы;

$l_7$  - величина выхода калибрующей части метчика из изделия;

$l_6$  - длина вхождения метчика во вспомогательный инструмент;

$l_0$  - расстояние от вспомогательного инструмента до изделия.

$$L = 8 + 3 + 30 + 14 + 18 = 73 \text{ мм}.$$

$$L_{\text{СТ}} = 95 \text{ мм}.$$

Примем конструктивно  $L_{\text{СТ}} = 95 \text{ мм}$ .

Передний угол выбирается в зависимости от обрабатываемого материала  $\gamma = 30^\circ$ .

Величина заднего угла зависит от назначения метчика обрабатываемого

материала  $\alpha = 5^\circ$ .

Затылование определяется по формуле:

$$K = b \cdot \operatorname{tg} \alpha \quad (3.21)$$

где  $b$  – ширина зуба;

$\alpha$  – задний угол.

$$K = 3 \cdot \operatorname{tg} 5 = 0,26 \text{ мм.}$$

Степень точности метчика выбирается в зависимости от точности нарезаемой, вида посадки и физико-механических свойств обрабатываемого материала.

Степень точности метчика Н2.

По рекомендациям [26] находим основные размеры резьбы. Диаметр наружный  $d=14$  мм; средний  $d_2=13,101$  мм; внутренний  $d_1=12,286$  мм,  $P=1,5$  мм.

С учетом степени точности метчика Н2 выбираем отклонения диаметров: средний  $d_2=13,101^{+0,190}$  мм; внутренний  $d_1=12,286^{0,300}$  мм.

Отклонение половины угла профиля  $\pm 25'$ .

## 4 Безопасность и экологичность технического объекта

### 4.1 Конструктивно-технологическая характеристика объекта

Таблица 4.1 - Технологический паспорт объекта

| № п/п | Технологический процесс | Технологическая операция, вид выполняемых работ | Наименование должности работника, выполняющего технологический процесс, операцию | Оборудование, устройство, приспособление | Материалы, вещества |
|-------|-------------------------|---|--|--|---------------------|
| 1     | Точение                 | Токарная операция                               | Оператор станков с ЧПУ   | Токарно-винторезный с ЧПУ TNC-10         | Силумин, СОЖ        |
| 2     | Сверление               | Сверлильная операция                            | Сверловщик   | Вертикально-сверлильный В-1850FN/400     | Силумин, СОЖ        |
| 3     | Фрезерование            | Фрезерно-центровальная                          | Фрезеровщик  | Фрезерно-центровальный XZK8230           | Силумин, СОЖ        |

### 4.2 Идентификация производственно-технологических и эксплуатационных профессиональных рисков

Таблица 4.2 – Идентификация профессиональных рисков

| №<br>п/п | Производственно-<br>технологическая<br>и/или<br>эксплуатационно-<br>технологическая<br>операция, вид<br>выполняемых работ | Опасный и /или<br>вредный<br>производственный<br>фактор   | Источник опасного и /<br>или вредного<br>производственного<br>фактора |
|----------|---|---|---|
| 1        | 2   | 3   | 4   |
| 1        | Токарная операция   | Движущиеся машины<br>и механизмы;<br>подвижные части<br>производственного<br>оборудования;<br>передвигающиеся<br>изделия, заготовки;<br>повышенная<br>температура<br>поверхностей<br>оборудования,<br>материалов;<br>повышенный уровень<br>шума на рабочем<br>месте; повышенное<br>значение напряжения<br>в электрической цепи,<br>замыкание которой<br>может произойти<br>через тело человека;<br>острые кромки, | Токарно-винторезный с<br>ЧПУ TNC-10                                   |

Продолжение таблицы 4.2

| 1 | 2                    | 3   | 4                                    |
|---|----------------------|---|--------------------------------------|
|   |                      | заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок, инструментов и оборудования; монотонность труда.  |                                      |
| 2 | Сверлильная операция | Движущиеся машины и механизмы; подвижные части производственного оборудования; передвигающиеся изделия, заготовки; повышенная температура поверхностей оборудования, материалов; повышенный уровень шума на рабочем месте; повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека; острые кромки, | Вертикально-сверлильный В-1850FN/400 |

Продолжение таблицы 4.2

| 1 | 2                  | 3   | 4                              |
|---|--------------------|---|--------------------------------|
|   |                    | заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок, инструментов и оборудования; монотонность труда.  |                                |
| 3 | Фрезерная операция | Движущиеся машины и механизмы; подвижные части производственного оборудования; передвигающиеся изделия, заготовки; повышенная температура поверхностей оборудования, материалов; повышенный уровень шума на рабочем месте; повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека; острые кромки, | Фрезерно-центровальный XZK8230 |

Продолжение таблицы 4.2

| 1 | 2 | 3  | 4 |
|---|---|--|---|
|   |   | заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок, инструментов и оборудования; монотонность труда. |   |

4.3 Методы и технические средства снижения профессиональных рисков

Таблица 4.3 – Методы и средства снижения воздействия опасных и вредных производственных факторов

| № п/п | Опасный и / или вредный производственный фактор | Организационные методы и технические средства защиты, снижения, устранения опасного и / или вредного производственного фактора   | Средства индивидуальной защиты работника |
|-------|---|--|--|
| 1     | 2   | 3  | 4  |
| 1     | Движущиеся машины и механизмы                   | Проведение всех видов инструктажей; проведение обучения персонала; контроль за соблюдением правил безопасности выполнения работ; | Каска                                    |

Продолжение таблицы 4.3

| 1 | 2   | 3   | 4  |
|---|---|---|--|
|   |   | <p>применение<br/>оградительных<br/>устройств;<br/>использование<br/>соответствующих<br/>знаков безопасности.</p>   |  |
| 2 | <p>Подвижные части<br/>производственного<br/>оборудования;<br/>передвигающиеся изделия,<br/>заготовки</p> | <p>Проведение всех<br/>видов инструктажей;<br/>проведение обучения<br/>персонала; контроль<br/>за соблюдением<br/>правил безопасности<br/>выполнения работ;<br/>использование<br/>оградительных<br/>устройств;<br/>использование<br/>устройств<br/>автоматической<br/>сигнализации и<br/>автоматической<br/>остановки;<br/>дистанционное<br/>управление;<br/>использование знаков<br/>безопасности.</p> | <p>Каска, очки<br/>защитные,<br/>спецодежда,<br/>спецобувь,<br/>головные уборы</p> |
| 3 | <p>Повышенная температура<br/>поверхностей</p>  | <p>Проведение всех<br/>видов инструктажей;</p>  | <p>Рукавицы<br/>комбинированные</p>  |

Продолжение таблицы 4.3

| 1 | 2  | 3   | 4   |
|---|--|---|---|
|   | оборудования, материалов   | проведение обучения персонала; контроль за соблюдением правил безопасности выполнения работ; ограждение оборудования.   | или перчатки с полимерным покрытием                             |
| 4 | Повышенный уровень шума на рабочем месте   | Проведение всех видов инструктажей; проведение обучения персонала; контроль за соблюдением правил безопасности выполнения работ; подналадка оборудования; применение систем звукоизоляции, звукопоглощения и глушителей | Наушники противозумные или вкладыши противозумные (беруши)      |
| 5 | Повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека | Проведение всех видов инструктажей; проведение обучения персонала; контроль за соблюдением правил безопасности выполнения работ; применение систем  | Деревянный трап, диэлектрический коврик; спецодежда, спецобувь. |

Продолжение таблицы 4.3

| 1 | 2  | 3  | 4  |
|---|--|--|--|
|   |  | защитного заземления, применение систем защитного отключения, применение знаков безопасности и предупредительных плакатов.       |  |
| 6 | Острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок, инструментов и оборудования | Проведение всех видов инструктажей; проведение обучения персонала; контроль за соблюдением правил безопасности выполнения работ. | Рукавицы комбинированные или перчатки с полимерным покрытием |
| 7 | Монотонность труда   | Соблюдение режима работы и отдыха.   |  |

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

4.4.1 Идентификация опасных факторов пожара

Таблица 4.4 – Идентификация классов и опасных факторов пожара

| № п/п | Участок, подразделение         | Оборудование   | Класс пожара  | Опасные факторы пожара   | Сопутствующие проявления факторов пожара  |
|-------|--------------------------------|--|---|--|---|
| 1     | 2                              | 3  | 4   | 5  | 6   |
| 1     | Участок механической обработки | Токарно-винторезный с ЧПУ TNC-10 Вертикально-сверлильный В-1850FN/400 Фрезерно-центровальный ХЗК8230 | Пожары, связанные с воспламенением и горением жидкостей или плавящихся твердых веществ и материалов (В) | Пламя и искры; тепловой поток; повышенная температура окружающей среды; повышенная концентрация токсичных продуктов горения и термического разложения; пониженная концентрация кислорода; снижение видимости в | Образующиеся в процессе пожара осколки, части разрушившихся технологических установок производственного и инженерно-технического оборудования; вынос (замыкание) высокого электрического напряжения |

Продолжение таблицы 4.4

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5    | 6  |
|---|---|---|---|------|--|
|   |   |   |   | дыму | на токопроводящие части технологических установок, оборудования. |

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

Таблица 4.5 - Технические средства обеспечения пожарной безопасности

| Первичные средства пожаротушения | Мобильные средства пожаротушения | Стационарные установки систем пожарной тушения | Средства ва пожарной автоматики | Пожарное оборудование | Средства индивидуальной защиты и спасения людей при пожаре | Пожарный инструмент (механизированный и немеханизированный) | Пожарные сигнализация, связь и оповещение |
|----------------------------------|----------------------------------|--|---------------------------------|-----------------------|--|---|---|
| 1                                | 2                                | 3  | 4                               | 5                     | 6  | 7   | 8   |
| Огнетушители, пожар              | Пожарные автомобили,             | Оборудование для                               | Прибор приемно-                 | Пожарные гидранты,    | Респираторы, противогазы,                                  | Ломы, багры, топоры, лопаты,                                | Автоматические извеща-                    |

Продолжение таблицы 4.5

| 1                                      | 2   | 3                                      | 4  | 5  | 6                                      | 7  | 8    |
|--|---|--|--|--|--|--|------|
| ные<br>щиты,<br>ящики<br>с пес-<br>ком | Пожар<br>ные<br>автоци-<br>стерны<br>пожар<br>ные<br>авто-<br>лестни-<br>цы | пен-<br>ного<br>пожар<br>отуше-<br>ния | контро-<br>льный<br>пожар<br>ный,<br>технич-<br>еские<br>средст-<br>ва<br>опове-<br>щения<br>и<br>управ-<br>ления<br>эвакуа-<br>цией | пожар<br>ные<br>краны;<br>пожар<br>ные<br>рукава<br>пожар<br>ные<br>стволы<br>пожар<br>ные<br>пенос-<br>месите-<br>ли. | фильтрую-<br>щие<br>самоспаса-<br>тели | комплект<br>диэлектри-<br>ческий,<br>ручной<br>механизир-<br>ованный<br>пожарный<br>инструмент | тели |

4.4.3 Организационные (организационно-технические) мероприятия по предотвращению пожара

Таблица 4.6 – Организационные (организационно-технические) мероприятия по обеспечению пожарной безопасности

| Наименование технологического процесса, оборудования технического объекта  | Наименование видов реализуемых организационных (организационно-технических) мероприятий  | Предъявляемые требования по обеспечению пожарной безопасности, реализуемые эффекты   |
|--|--|--|
| Токарная, Токарно-винторезный с ЧПУ TNC-10;<br>Сверлильная, Вертикально-сверлильный В-1850FN/400;<br>Фрезерная, Фрезерно-центровальный XZK8230 | Контроль за правильной эксплуатацией оборудования, содержание в исправном состоянии оборудования, проведение инструктажа по пожарной безопасности, применение автоматических устройств обнаружения, оповещения и тушения пожаров | Проведение инструктажей по пожарной безопасности, запрет на курение и применение открытого огня в недопозволенных местах, соблюдение мер пожарной безопасности при проведении ремонтных работ, применение средств пожаротушения, применение средств пожарной сигнализации и средств извещения о пожаре |

#### 4.5 Обеспечение экологической безопасности рассматриваемого технического объекта

По виду реализуемого производственно-технологического процесса, и осуществляемой функциональной эксплуатацией техническим объектом -

необходимо провести идентификацию негативных экологических факторов, результаты которой отражены в таблице 4.7.

Таблица 4.7 – Идентификация экологических факторов технического объекта

| Наименование технического объекта, технологического процесса | Структурные составляющие технического объекта, технологического процесса (производственного здания или сооружения по функциональному назначению, технологические операции, оборудование), энергетическая установка транспортное средство и т.п. | Воздействия на технический объект (вредные и опасные выбросы в окружающую среду) | Воздействие на гидросферу (образующие сточные воды, забор воды из источников водоснабжения) | Воздействие на литосферу (почву, растительный покров, недра) (образование отходов, выемка плодородного слоя почвы, отчуждение земель, нарушение и загрязнение растительного покрова и т.д.) |
|--|---|--|---|---|
| 1  | 2   | 3  | 4   | 5   |
| Токарная   | Токарно-винторезный с ЧПУ ТНС-10  | Пары СОЖ   | Механические примеси, нефтепродукты, СОЖ  | Стружка, ветошь   |
| Сверлильная  | Вертикально-сверлильный В-1850FN/400  | Пары СОЖ   | Механические примеси, нефтепродук-  | Стружка, ветошь   |

Продолжение таблицы 4.7

| 1         | 2                                     | 3        | 4            | 5                  |
|-----------|---------------------------------------|----------|--------------|--------------------|
|           |                                       |          | ты, СОЖ      |                    |
| Фрезерная | Фрезерно-<br>центровальный<br>XZK8230 | Пары СОЖ | Механические | Стружка,<br>ветошь |

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

Таблица 4.8 – Разработанные организационно-технические мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия технического объекта на окружающую среду.

|   |   |
|---|---|
| Наименование<br>технического<br>объекта   | Токарная операция, Сверлильная операция; Фрезерная операция   |
| 1   | 2   |
| Мероприятия по<br>снижению<br>негативного<br>антропогенного<br>воздействия на<br>атмосферу  | Применение электростатических фильтров.   |
| Мероприятия по<br>снижению<br>негативного<br>антропогенного<br>воздействия на<br>гидросферу | Применение песколовков, механических фильтров, отстойников, флотационных установок, применение нейтрализации. |

Продолжение таблицы 4.8

| 1   | 2  |
|---|--|
| Мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия на литосферу | Отправка стружки на переплавку, отправка ветоши на утилизацию на перерабатывающие заводы |

4.6 Заключение по разделу «Безопасность и экологичность технического объекта»

В разделе «Безопасность и экологичность технического объекта» приведена характеристика технологического процесса изготовления штока подъемного механизма РТК, перечислены технологические операции, должности работников, оборудование, применяемые сырьевые технологические и расходные материалы, комплектующие изделия и производимые изделия.

Проведена идентификация профессиональных рисков по осуществляемому технологическому процессу, выполняемым технологическим операциям, видам производимых работ.

Разработаны организационно-технические мероприятия, включающие технические устройства снижения профессиональных рисков, подобраны средства индивидуальной защиты для работников.

Разработаны мероприятия по обеспечению пожарной безопасности технического объекта. Проведена идентификация класса пожара и опасных факторов пожара и разработка средств, методов и мер обеспечения пожарной безопасности. Разработаны средства, методы и меры обеспечения пожарной безопасности. Разработаны мероприятия по обеспечению пожарной безопасности на техническом объекте.

Идентифицированы экологические факторы и разработаны мероприятия по обеспечению экологической безопасности на техническом объекте.

## 5 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.

Для выполнения данного раздела, будем использовать описанные условия и рассчитанные параметры технологического процесса изготовления детали «Шток подъемного механизма». Особый интерес из этой информации для экономической эффективности работы представляют изменения, а точнее отличия между сравниваемыми вариантами. Поэтому считаем необходимым указать только эти изменения, которые, в конечном счете, и позволят сделать вывод о целесообразности описанных изменений. Краткое описание сравнений по вариантам представлено в виде таблицы 5.1.

Таблица 5.1 – Краткая сравнительная характеристика вариантов ТП

| Базовый вариант  | Проектируемый вариант   |
|--|---|
| 1  | 2   |
| <u>Операция 005.</u> На фрезерно-центровальном станке, модель ХЗК8230 выполняется фрезерование торцов и сверление центровых фасок. Инструмент – фрезы торцовые Ø100 мм, ТТ8К6 ГОСТ 1092-69; зенковка Ø 35мм, Р6М5. Приспособление – призмы и прихват с ручным зажимом. | <u>Операция 005.</u> На фрезерно-центровальном станке, модель ХЗК8230 выполняется фрезерование торцов и сверление центровых фасок. Инструмент – фрезы торцовые Ø100 мм, ТТ8К6 ГОСТ 1092-69; зенковка Ø 35мм, Р6М5. Приспособление – тиски самоцентрирующие с механическим ключом. |
| <u>Операция 010.</u> На токарном станке с ЧПУ, модель 1М63БФ101, выполняется точение шеек и торцов.  | <u>Операция 010.</u> На токарно-винторезном станке с ЧПУ, модель ТНС-10, выполняется точение шеек и   |

Продолжение таблицы 5.1

| 1  | 2  |
|--|--|
| <p>Инструмент – резец контурный, ВК4.<br/>                     Приспособление – токарный 3-х кулачковый патрон.<br/> <u>Операция 040</u>. На вертикально-сверлильном станке, модель В-1850FN/400 выполняется нарезание резьбы. Инструмент – метчик М14×1,5, Р6М5. Приспособление – тиски самоцентрирующие, пневматические.</p> | <p>торцов. Инструмент – резец контурный, ВК4 с напылением.<br/>                     Приспособление – токарный 3-х кулачковый патрон.<br/> <u>Операция 040</u>. На вертикально-сверлильном станке, модель В-1850FN/400 выполняется нарезание резьбы. Инструмент – метчик М14×1,5 с измененной геометрией режущей части, Р6М5.<br/>                     Приспособление – тиски самоцентрирующие, пневматические.</p> |
| <p>Материал детали – Силунин – литье</p>   |  |
| <p>Тип производства – среднесерийный<br/>                     Условия труда – нормальные.<br/>                     Форма оплата труда – повременно-премиальная.</p>  |  |

Кроме представленных сравнительных параметров, для экономического обоснования нам понадобятся программа выпуска и трудоемкость выполнения операций, которые представлены в таблице 5.2.

Таблица 5.2 – Краткое описание дополнительных исходных данных для экономического обоснования по сравниваемым вариантам

| № | Показатели   | Условное обозначение, единица измерения | Значение показателей |           |
|---|--|---|----------------------|-----------|
|   |  |   | Базовый              | Проектный |
| 1 | Годовая программа выпуска                            | $P_G, шт.$                              | 6000                 | 6000      |
| 2 | Норма штучного времени, в том числе и машинное время | $T_{шт}^{005}, мин.$                    | 1,0                  | 0,5       |
|   |  | $T_{маш}^{005}, мин.$                   | 0,1                  | 0,1       |
|   |  | $T_{шт}^{010}, мин.$                    | 1,0                  | 0,7       |
|   |  | $T_{маш}^{010}, мин.$                   | 0,8                  | 0,5       |
|   |  | $T_{шт}^{040}, мин.$                    | 0,5                  | 0,38      |
|   |  | $T_{маш}^{040}, мин.$                   | 0,27                 | 0,15      |

С учетом представленных изменений необходимо экономически обосновать целесообразность их внедрения, для этого, применяя методику «Экономического обоснования совершенствования технологического процесса механической обработки» [28], последовательно определим: капитальные вложения, полную себестоимость и экономическую эффективность.

Все экономические значения для проведения необходимых расчетов были получены на кафедре «Управление инновациями и маркетинг» от консультанта раздела.

Далее, применяя программное обеспечение MicrosoftExcel и имеющиеся данные, были получены следующие значения:

- капитальные вложения в проектируемый вариант, учитывающие приобретение нового оборудования, замену оснастки и инструмента, а также затраты на проектирование, которые составляют  $K_{ВВ.ПР} = 127050,28$  руб. Они учитывают только вложения применительно к заданной программе выпуска;

- полная себестоимость выполнения рассматриваемых операций по

вариантам:  $C_{ПОЛН(БАЗ)} = 31,85$  руб.,  $C_{ПОЛН(ПР)} = 20,16$  руб. Представленные значения не учитывают затраты, связанные материалами, т.к. согласно описанию, ни материал, ни метод получения заготовки не были изменены, поэтому не могут оказывать влияния по конечный результат.

Все вышеперечисленное, является достаточным материалом для проведения завершающего этапа – экономического обоснования. Согласно представленной ранее методике [28] выполним этот этап по следующему алгоритму:

$$P_{Р.ОЖ} = \Delta_{УГ} = (C_{ПОЛН(БАЗ)} - C_{ПОЛН(ПР)}) \cdot P_{Г} \text{ руб.} \quad (5.1)$$

$$P_{Р.ОЖ} = \Delta_{УГ} = (31,85 - 20,16) \cdot 6000 = 70140 \text{ руб.}$$

$$H_{ПРИБ} = P_{Р.ОЖ} \cdot K_{НАЛ} \text{ руб.} \quad (5.2)$$

$$H_{ПРИБ} = 70140 \cdot 0,2 = 14028 \text{ руб.}$$

$$P_{Р.ЧИСТ} = P_{Р.ОЖ} - H_{ПРИБ} \text{ руб.} \quad (5.3)$$

$$P_{Р.ЧИСТ} = 70140 - 14028 = 56112 \text{ руб.}$$

$$T_{ОК.РАСЧ} = \frac{K_{ВВ.ПР}}{P_{Р.ЧИСТ}} + 1, \text{ года} \quad (5.4)$$

$$T_{ОК.РАСЧ} = \frac{127050,28}{56112} + 1 = 3,264 = 4 \text{ года}$$

$$D_{ДИСК.ОБЩ} = P_{Р.ЧИСТ.ДИСК}(T) = \sum_1^T P_{Р.ЧИСТ} \cdot \frac{1}{(1+E)^t}, \text{ руб.} \quad (5.5)$$

$$D_{\text{ДИСК.ОБЩ}} = P_{\text{Р.ЧИСТ.ДИСК}}(T) = 56112 \cdot \left( \frac{1}{(1+0,2)^1} + \frac{1}{(1+0,2)^2} + \frac{1}{(1+0,2)^3} + \frac{1}{(1+0,2)^4} \right) =$$

$$= 145217,86 \text{ руб.}$$

$$\mathcal{E}_{\text{ИНТ}} = \mathcal{ЧДД} = D_{\text{ОБЩ.ДИСК}} - K_{\text{ВВ.ПР}} \text{ руб.} \quad (5.6)$$

$$\mathcal{E}_{\text{ИНТ}} = \mathcal{ЧДД} = 145217,86 - 127050,28 = 18167,58 \text{ руб.}$$

$$ИД = \frac{D_{\text{ОБЩ.ДИСК}} \text{ руб.}}{K_{\text{ВВ.ПР}} \text{ руб.}} \quad (5.7)$$

$$ИД = \frac{145217,86}{127050,28} = 1,14 \text{ руб./руб.}$$

Расчеты доказали целесообразность предлагаемых изменений по операциям 005, 010 и 040 технологического процесса изготовления детали «Шток подъемного механизма». В результате чего предприятие имеет возможность получить дополнительную прибыль от снижения себестоимости на 36,7%, в размере 56112 руб., а также достичь экономического эффекта положительной величины – 18167,57 руб.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Результатом выполнения данной выпускной квалификационной работы является достижение сформулированной во введении цели - обеспечение выпуска 6000 деталей в год, заданного качества и с наименьшими затратами.

Для ее достижения был проведен анализ исходных данных, основываясь на котором проведено проектирование заготовки и технологического процесса изготовления штока. При этом применено современное технологическое оборудование и средства оснащения, что существенно расширит производственные возможности и позволит производить обработку широкой номенклатуры изделий.

Сделаны расчеты припусков, режимов резания исходя из типа производства.

С целью снижения затрат на изготовление произведено проектирование станочного приспособления и режущего инструмента.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 Горбачевич, А.Ф. Курсовое проектирование по технологии машиностроения: учебное пособие для вузов/ А.Ф. Горбачевич, В.А. Шкред. М: – ООО ИД «Альянс.», 2007 – 256 с.
- 2 [www.vniinstrument.ru](http://www.vniinstrument.ru)
- 3 Ковшов, А. Н. Технология машиностроения : учеб. для вузов / А. Н. Ковшов. - Изд. 2-е, испр. ; Гриф УМО. - Санкт-Петербург [и др.] : Лань, 2008. - 319 с.
- 4 Суслов, А. Г. Технология машиностроения : учеб. для вузов / А. Г. Суслов. - 2-е изд., перераб. и доп. ; Гриф МО. - Москва : Машиностроение, 2007. - 429 с.
- 5 Боровков, В.М. Заготовки в машиностроении : учеб. пособие для вузов по спец. 1201 "Технология машиностроения" / В. М. Боровков [и др.] ; ТГУ. - Гриф УМО; ТГУ. - Тольятти : ТГУ, 2007. - 67 с. : ил. - 34-00.
- 6 Технология машиностроения : учеб. пособие для вузов. В 2 кн. Кн. 1. Основы технологии машиностроения / Э. Л. Жуков [и др.] ; под ред. С. Л. Мурашкина . - Изд. 3-е, стер. ; Гриф МО. - Москва : Высш. шк., 2008. - 278 с.
- 7 Технология машиностроения : учеб. пособие для вузов. В 2 кн. Кн. 2. Производство деталей машин / Э. Л. Жуков [и др.] ; под ред. С. Л. Мурашкина. - Изд. 3-е, стер. ; Гриф МО. - Москва : Высш. шк., 2008. - 295 с. : ил. - Библиогр.: с. 292-293.
- 8 Справочник технолога-машиностроителя. В 2 т. Т. 1 / А. М. Дальский [и др.] ; под ред. А. М. Дальского [и др.]. - 5-е изд., испр. - Москва : Машиностроение-1, 2003. - 910 с.
- 9 Расторгуев Д. А. Проектирование технологических операций [Электронный ресурс] : электрон. учеб.-метод. пособие / Д. А. Расторгуев ; ТГУ ; Ин-т машиностроения ; каф. "Оборудование и технологии машиностроит. пр-ва". - Тольятти : ТГУ, 2015. - 140 с.

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

11 Лебедев, В. А. Технология машиностроения : Проектирование технологий изготовления изделий : учеб. пособие для вузов / В. А. Лебедев, М. А. Тамаркин, Д. П. Гепта. - Гриф УМО. - Ростов-на-Дону : Феникс, 2008. - 361 с.

12 Технология машиностроения : учеб. пособие для вузов / под ред. М. Ф. Пашкевича. - Минск : Новое знание, 2008. - 477 с.

13 Маталин А. А. Технология машиностроения : учеб. для студ. вузов, обуч. по спец. 151001 напр. "Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроит. производств" / А. А. Маталин. - Изд. 3-е, стер. ; Гриф УМО. - Санкт-Петербург [и др.] : Лань, 2010. - 512 с.

14 Расторгуев Д. А. Разработка плана изготовления деталей машин : учеб.-метод. пособие / Д. А. Расторгуев ; ТГУ ; Ин-т машиностроения ; каф. "Оборудование и технологии машиностроит. пр-ва". - ТГУ. - Тольятти : ТГУ, 2013. - 51 с.

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

16 Панов, А.А. Обработка металлов резанием: Справочник технолога / А.А.Панов, В.В.Аникин, Н.Г. Байм и др.; под общ. ред. А.А. Панова. – М. : Машиностроение, 1988.

17 Булавин, В.В. Режущий инструмент [Электронный ресурс] : учебно-методическое пособие. - Электрон. дан. - Пенза : ПензГТУ (Пензенский государственный технологический университет), 2009. — 100 с.

18 Кожевников, Д.В. Режущий инструмент [Электронный ресурс] : учебник / Д.В. Кожевников, В.А. Гречишников, С.В. Кирсанов [и др.]. - Электрон. дан. - М. : Машиностроение, 2014. — 520 с.

19 Болтон У. Карманный справочник инженера-метролога. / У Болтон – М : Издательский дом «Додэка-XXI», 2002 – 384 с.

20 Станочные приспособления : справочник. В 2 т. Т. 1 / редсовет: Б. Н. Вардашкин (пред.) [и др.] ; ред. тома Б. Н. Вардашкин [и др.]. - Москва : Машиностроение, 1984. - 592 с.

21 Станочные приспособления : справочник. В 2 т. Т. 2 / редсовет: Б. Н. Вардашкин (пред.) [и др.] ; ред. тома Б. Н. Вардашкин [и др.]. - Москва : Машиностроение, 1984. - 655 с.

22 Прогрессивные режущие инструменты и режимы резания металлов : справочник / под общ. ред. В. И. Баранчикова. - Москва : Машиностроение, 1990. - 399 с.

23 Режимы резания металлов : справочник / Ю. В. Барановский [и др.] ; под ред. А. Д. Корчемкина. - 4-е изд., перераб. и доп. - Москва : НИИТавтопром, 1995. - 456 с.

24 Ермолаев В.В. Технологическая оснастка. Лабораторно-практические работы и курсовое проектирование: учеб. пособ. – М.: Изд-во «Академия», 2012. – 320 с.

25 Шагун, В. И. Металлорежущие инструменты : учеб. пособие для студ. вузов / В. И. Шагун. - Гриф УМО. - Москва : Машиностроение, 2008. - 423 с.

26 Справочник конструктора-инструментальщика / В. И. Баранчиков [и др.] ; под общ. ред. В. А. Гречишникова, С. В. Кирсанова. - 2-е изд., перераб. и доп. - Москва : Машиностроение, 2006. - 541 с.

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

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

## ПРИЛОЖЕНИЕ А

Спецификации к сборочным чертежам

| Формат                     | Зона       | Поз.     | Обозначение             | Наименование                | Кол.      | Примечание |
|----------------------------|------------|----------|-------------------------|-----------------------------|-----------|------------|
|                            |            |          |                         |                             |           |            |
| <u>Документация</u>        |            |          |                         |                             |           |            |
| A1                         |            |          | 16.07.ТМ.524.008.000.СБ | Сборочный чертеж            |           |            |
| <u>Детали</u>              |            |          |                         |                             |           |            |
| A4                         | 1          |          | 16.07.ТМ.524.008.001    | Корпус патрона              | 1         |            |
| A4                         | 2          |          | 16.07.ТМ.524.008.002    | Рычаг                       | 3         |            |
| A4                         | 3          |          | 16.07.ТМ.524.008.003    | Ось                         | 3         |            |
| A4                         | 4          |          | 16.07.ТМ.524.008.004    | Постоянный кулачок          | 3         |            |
| A4                         | 5          |          | 16.07.ТМ.524.008.005    | Сухарь                      | 3         |            |
| A4                         | 6          |          | 16.07.ТМ.524.008.006    | Сменный кулачок             | 3         |            |
| A4                         | 7          |          | 16.07.ТМ.524.008.007    | Упор                        | 1         |            |
| A4                         | 8          |          | 16.07.ТМ.524.008.008    | Крышка                      | 1         |            |
| A4                         | 9          |          | 16.07.ТМ.524.008.009    | Тяга                        | 1         |            |
| A4                         | 10         |          | 16.07.ТМ.524.008.010    | Плунжер                     | 1         |            |
| A4                         | 11         |          | 16.07.ТМ.524.008.011    | Корпус неподвижный          | 1         |            |
| A4                         | 12         |          | 16.07.ТМ.524.008.012    | Муфта                       | 1         |            |
| A4                         | 13         |          | 16.07.ТМ.524.008.013    | Крышка                      | 1         |            |
| A4                         | 14         |          | 16.07.ТМ.524.008.014    | Поршень                     | 1         |            |
| A4                         | 15         |          | 16.07.ТМ.524.008.015    | Корпус гидроцилиндра        | 1         |            |
| A4                         | 16         |          | 16.07.ТМ.524.008.016    | Шток                        | 1         |            |
| <u>Стандартные изделия</u> |            |          |                         |                             |           |            |
|                            | 17         |          |                         | Винт М8х30<br>ГОСТ 14475-80 | 6         |            |
| 16.07.ТМ.524.008.000       |            |          |                         |                             |           |            |
| Изм.                       | Лист       | № докум. | Подп.                   | Дата                        |           |            |
| Разраб.                    | Бакаев     |          |                         |                             | Лит.      | Лист       |
| Пров.                      | Логинов    |          |                         |                             | Д         | 1          |
| Н.контр.                   | Виткалов   |          |                         |                             | Листов    |            |
| Утв.                       | Бабровский |          |                         |                             | 2         |            |
| Станочное приспособление   |            |          |                         |                             | ТМБз-1101 |            |

| Формат | Зона | Поз. | Обозначение | Наименование                  | Кол. | Примечание |
|--------|------|------|-------------|-------------------------------|------|------------|
|        |      | 18   |             | Винт М5х20<br>ГОСТ 14475-80   | 3    |            |
|        |      | 19   |             | Винт М14х70<br>ГОСТ 11738-84  | 3    |            |
|        |      | 20   |             | Кольцо<br>ОСТ 92-8969-78      | 1    |            |
|        |      | 21   |             | Подшипник 904<br>ГОСТ 8338-75 | 2    |            |
|        |      | 22   |             | Прокладка<br>ГОСТ 14475-80    | 3    |            |
|        |      | 23   |             | Прокладка М5<br>ГОСТ 12202-66 | 2    |            |
|        |      | 24   |             | Манжета<br>ГОСТ 8752-79       | 3    |            |
|        |      | 25   |             | Демпфер<br>ГОСТ 8754-79       | 2    |            |
|        |      | 26   |             | Шайба<br>ГОСТ 11872-89        | 1    |            |
|        |      | 27   |             | Гайка М20<br>ГОСТ 15526-70    | 2    |            |
|        |      | 28   |             | Прокладка<br>ГОСТ 14475-80    | 2    |            |
|        |      | 29   |             | Винт М8х1<br>ГОСТ 13897-68    | 1    |            |
|        |      | 30   |             | Винт М8х25<br>ГОСТ 14475-80   | 6    |            |
|        |      | 31   |             | Прокладка<br>ГОСТ 14475-80    | 1    |            |
|        |      | 32   |             | Винт М5х30<br>ГОСТ 14475-80   | 5    |            |

|              |              |              |              |              |
|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| Инд. № подл. | Подп. и дата | Взам. инв. № | Инд. № дубл. | Подп. и дата |
|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|

|      |      |          |       |      |                      |      |
|------|------|----------|-------|------|----------------------|------|
| Изм. | Лист | № докум. | Подп. | Дата | 16.07.ТМ.524.008.000 | Лист |
|      |      |          |       |      |                      | 2    |

## ПРИЛОЖЕНИЕ Б

### Маршрутные карты



| А    | Шех  | Уч | РМ | Опер | Код, наименование операции | СМ | проф. | Р | УТ | КР | КОИД | Обозначение документа |    |     |
|------|--|----|----|------|----------------------------|----|-------|---|----|----|------|-----------------------|----|-----|
|      |  |    |    |      |                            |    |       |   |    |    |      | ЕН                    | ОП | Кшт |
| Б    | Код, наименование оборудования   |    |    |      |                            |    |       |   |    |    |      |                       |    |     |
| А 19 | XX XX XX 015 4110 Токарная   |    |    |      |                            |    |       |   |    |    |      |                       |    |     |
| Б 20 | 381101 Токарный ТНС-10 3 18217 422 1Р 1 1 1 1200 1 0,45  |    |    |      |                            |    |       |   |    |    |      |                       |    |     |
| 0 21 | Точить последовательно поверхности 3, 4, 5 $15 \pm 0,09$ ; $\phi 4,3 \pm 0,23$ ; $\phi 32 \pm 0,12$ .  |    |    |      |                            |    |       |   |    |    |      |                       |    |     |
| Т 22 | 396110 Патрон 3-х кулачковый ГОСТ 2675-80; 392101 Резец контурный ОСТ 2И10.1-83 ВК4;   |    |    |      |                            |    |       |   |    |    |      |                       |    |     |
| 23   | 393311 Штангенциркуль ШЦ-2 ГОСТ 160-80.  |    |    |      |                            |    |       |   |    |    |      |                       |    |     |
| 24   |  |    |    |      |                            |    |       |   |    |    |      |                       |    |     |
| А 25 | XX XX XX 020 4110 Токарная   |    |    |      |                            |    |       |   |    |    |      |                       |    |     |
| Б 26 | 381101 Токарный ТНС-10 3 18217 422 1Р 1 1 1 1200 1 0,34  |    |    |      |                            |    |       |   |    |    |      |                       |    |     |
| 0 27 | Точить поверхности 1, 2 $215,08 \pm 0,04$ ; $\phi 50,167^{+0,033}$ ;   |    |    |      |                            |    |       |   |    |    |      |                       |    |     |
| Т 28 | 396110 Патрон поводковый ГОСТ 8742-75; 392871 Центр вращающийся Г ОСТ 8742-75; 392101 Резец контурный ОСТ 2И10.1-83 ВК4; 393410 Микрометр МК50 ГОСТ 6507-78. |    |    |      |                            |    |       |   |    |    |      |                       |    |     |
| 29   |  |    |    |      |                            |    |       |   |    |    |      |                       |    |     |
| 30   |  |    |    |      |                            |    |       |   |    |    |      |                       |    |     |
| А 31 | XX XX XX 025 4110 Токарная   |    |    |      |                            |    |       |   |    |    |      |                       |    |     |
| Б 32 | 381101 Токарный ТНС-10 3 18217 422 1Р 1 1 1 1200 1 0,82  |    |    |      |                            |    |       |   |    |    |      |                       |    |     |
| 0 33 | Точить поверхности 1, 2 $21 \pm 0,04$ ; $\phi 50^{+0,016}$ ;   |    |    |      |                            |    |       |   |    |    |      |                       |    |     |
| Т 34 | 396110 Патрон поводковый ГОСТ 8742-75; 392871 Центр вращающийся Г ОСТ 8742-75; 392101 Резец контурный ОСТ 2И10.1-83 ВК4; 393410 Микрометр МК50 ГОСТ 6507-78. |    |    |      |                            |    |       |   |    |    |      |                       |    |     |
| 35   |  |    |    |      |                            |    |       |   |    |    |      |                       |    |     |
| 36   |  |    |    |      |                            |    |       |   |    |    |      |                       |    |     |
| А 37 | XX XX XX 030 4120 Сверлильная  |    |    |      |                            |    |       |   |    |    |      |                       |    |     |
| Б 38 | 381213 Сверлильный В-1850FN/400 3 18632 422 1Р 1 1 1 1200 1 0,76   |    |    |      |                            |    |       |   |    |    |      |                       |    |     |
| 0 39 | Сверлить поверхности 7, 8, 9 в размер $207,7^{+0,15}$ ; $\phi 19,7 \pm 0,016$ ; $\phi 13,77 \pm 0,021$ .   |    |    |      |                            |    |       |   |    |    |      |                       |    |     |
| Т 40 | 396171 Приспособление специальное; 391801 Сверло-цековка специальное Р6М5;   |    |    |      |                            |    |       |   |    |    |      |                       |    |     |
| 41   | 393110 Калибр гладкий.   |    |    |      |                            |    |       |   |    |    |      |                       |    |     |
| МК   |  |    |    |      |                            |    |       |   |    |    |      |                       |    |     |





## ПРИЛОЖЕНИЕ В

### Операционные карты











