

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

Институт машиностроения  
(наименование института полностью)

Кафедра «Оборудование и технологии машиностроительного производства»  
(наименование)

15.03.05 «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных  
производств»

(код и наименование направления подготовки / специальности)

Проектирование технологических процессов  
(направленность (профиль) / специализация)

## **ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА (БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА)**

на тему Технологический процесс изготовления оправки многофункциональной

Обучающийся

В.И. Барановский

(Инициалы Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

к.т.н., доцент В.А. Гуляев

(ученая степень (при наличии), ученое звание (при наличии), Инициалы Фамилия)

Консультанты

к.э.н., доцент О.М. Сярдова

(ученая степень (при наличии), ученое звание (при наличии), Инициалы Фамилия)

к.т.н., доцент А.Н. Москалюк

(ученая степень (при наличии), ученое звание (при наличии), Инициалы Фамилия)

Тольятти 2022

## Аннотация

Барановский В. И. выпускная квалификационная работа бакалавра Разработка технологического процесса изготовления детали «Оправка многофункциональная». Кафедра: Оборудование и технологии машиностроительного производства. ТГУ Тольятти, 2022. - 71 с.

Выпускная квалификационная работа бакалавра «Разработка технологического процесса изготовления детали «Оправка многофункциональная» содержит семьдесят одну страницу текста, в том числе пять иллюстраций, тринадцать таблиц, восемь листов чертежей в графической части, в приложениях представлены маршрутные и операционные карты и карты эскизов.

В работе решаются задачи:

- Установление типа производства, избрание стратегии проработки технологического процесса;
- Разработаны маршруты, на основании которых проводится обработка поверхностей детали «оправка многофункциональная»;
- Подобраны соответствующее оборудование для производства детали, технологическая оснастка и режущий инструмент;
- Разработаны технологический процесс производства детали «оправка многофункциональная».

## Содержание

|  |    |
|--|----|
| Введение.....  | 4  |
| 1 Анализ исходных данных.....                                      | 5  |
| 1.1 Назначение детали и условия её эксплуатации .....              | 5  |
| 1.2 Технологические характеристики детали.....                     | 7  |
| 1.3 Выбор параметров техпроцесса.....                              | 11 |
| 1.4 Формулировка задач работы.....                                 | 12 |
| 2 Разработка технологической части работы.....                     | 13 |
| 2.1 Проектирование заготовки.....                                  | 13 |
| 2.2 Проектирование плана изготовления.....                         | 20 |
| 2.3 Определение средств оснащения техпроцесса .....                | 22 |
| 2.4 Разработка технологических операций .....                      | 25 |
| 3 Проектирование станочного приспособления .....                   | 45 |
| 4 Проектирование режущего инструмента.....                         | 48 |
| 5 Безопасность и экологичность технического объекта .....          | 50 |
| 6 Экономическая эффективность работы .....                         | 55 |
| Заключение .....   | 58 |
| Список используемых источников.....                                | 59 |
| Приложение А Маршрутные карты .....                                | 61 |
| Приложение Б Операционные карты операции 020 и карты эскизов ..... | 65 |

## Введение

В настоящее время перед инженерами технологами в машиностроении стоит задача; - при существующем у предприятия ресурсе получить такой результат, который позволит этому производству осуществлять свою деятельность с минимумом затрат при сохранении необходимого качества изделий и с возможностью своего дальнейшего развития. Скорость и качество с которой будет производиться подготовка к производству новых видов продукции и выявление на ранних этапах проблем и исправление ошибочных решений являются при этом решающим фактором.

Эта задача имеет несколько путей решения. Это внедрение и применение автоматизации производства на всех этапах (проектирование изделия, подготовка к производству и управление производством), переоснащение производства с сокращением номенклатуры станочного парка. Примером служит модернизация на ижевском машиностроительном заводе цеха механической обработки деталей при котором, универсальные станки были заменены на обрабатывающие центры, при этом сократилось в разы время обработки и количество рабочих мест [10]. Применение более производительных технологических процессов и приёмов обработки (как пример; - применение лазерной резки с ЧПУ при раскрое листового металла). Смена технологии производства (применение аддитивных технологий с целью сокращения количества изготавливаемых деталей в авиастроении).

Успех в решении задачи зависит от квалификации персонала, оснащения производственных участков и стратегии развития принятой руководством.

Моими целями в данной работе является закрепление профессиональных навыков и создание технологического процесса, который должен обеспечивать достижение заданного качества при минимальной себестоимости изготовления оправки многофункциональной.

# 1 Анализ исходных данных

## 1.1 Назначение детали и условия её эксплуатации

Исходные данные для задания на преддипломную практику; - чертёж детали, представленный на рисунке 1. Объем выпуска деталей 3000 штук. В соответствии с заданием выполнен чертёж детали. Чертёж представлен в графической части в виде файла (.cdw) программы Компас-3D.

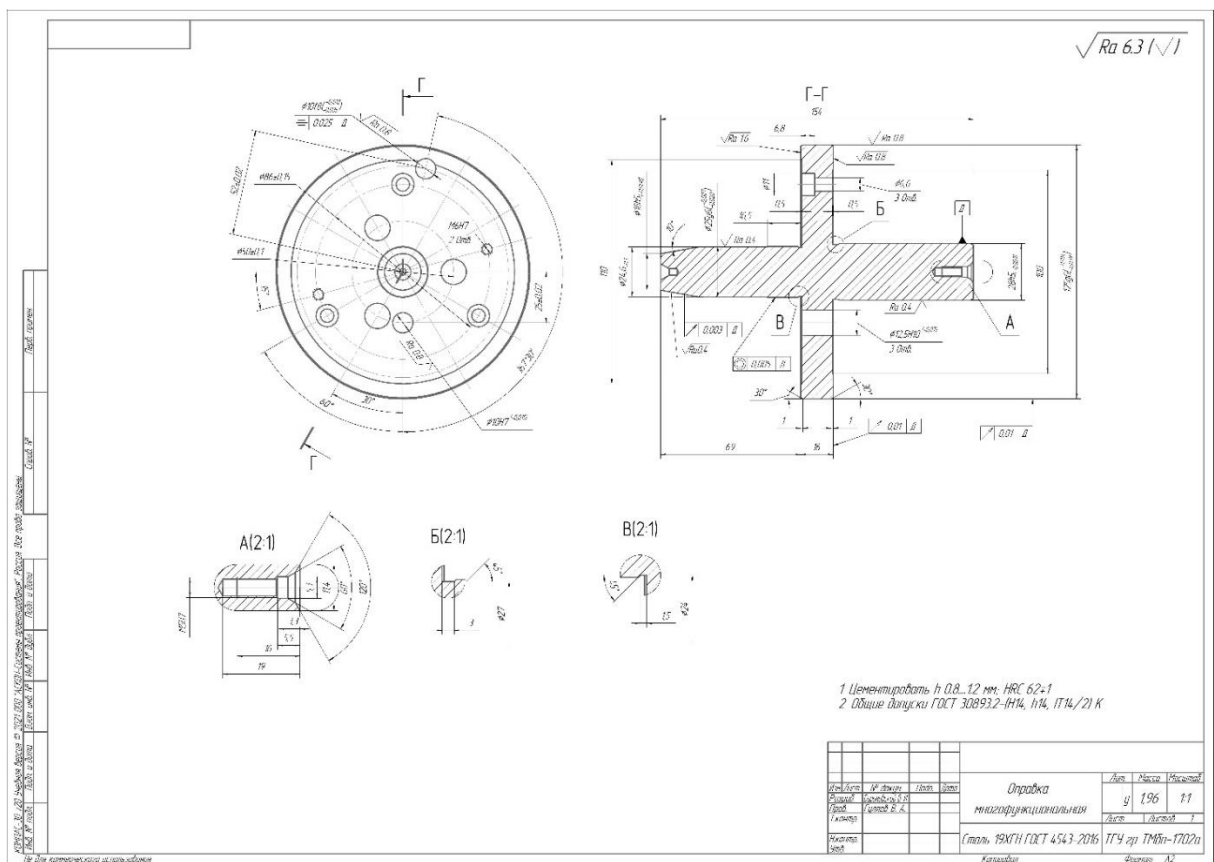


Рисунок 1 - Чертёж оправки многофункциональной

Оправка многофункциональная является приспособлением спутником и предназначена для жёсткого закрепления на ней детали не имеющей центровых отверстий и обработки её на нескольких станках или на одном, но в нескольких разных установках. Обрабатываемые детали во время обработки

базируются на поверхностях, выполненных с высокой степенью чистоты и точности. При этом они дополнительно закрепляются резьбовыми соединениями через отверстия в диске оправки. В виду того что во время обработки на деталь и на приспособление действуют достаточно большие радиальные и осевые нагрузки к материалу оправки предъявляются повышенные требования по износостойкости поверхностей и жёсткости во время работы с деталями.

Оправка многофункциональная во время эксплуатации подвергается износу в местах базирования на ней обрабатываемых деталей (погрешности предварительной обработки и попадание частиц абразивов и стружки), в местах базирования оправки на оборудовании (конические поверхности центровых отверстий). А также износу подвергаются резьбы М6 и М5 предназначенные для облегчения снятия с оправки обработанных деталей.

## **1.2 Технологические характеристики детали**

Деталь «Оправка многофункциональная» представляет собой ступенчатое тело вращения типа вал. Имеет следующие габаритные размеры: - максимальный диаметр 125 мм, максимальную длину 154 мм. По центру деталь имеет диск с просверленными в нём восемью отверстиями. Из них два имеют внутри резьбу М6, три диаметром 6,6 мм с цилиндрической цековкой диаметром 11 мм, пять имеют простую цилиндрическую форму диаметрами три по 12,5 мм, два по 10 мм и выточками глубиной 0,5 мм с двух сторон. Около диска проточены две канавки для выхода шлифовального круга и более полной посадки базируемой детали на торцы диска и цилиндрические поверхности цапф диаметрами 28 мм и 25 мм. Со стороны цапфы диаметром 25 мм выполнена коническая поверхность минимальным диаметром 18h5 и с углом на сторону 10 градусов.

Исходя из того, что средняя часть вала в виде диска имеет малую толщину 16мм при диаметре 125мм считаю, что расчёт жёсткости вала надо

провести по диаметру канавки 27 мм, которая проходит около диска.

$$\frac{L}{D} = \frac{154}{27} \approx 5.7.$$

По полученному результату делаю вывод о том, что деталь имеет среднюю жёсткость, достаточную для применения высоко производительных приёмов обработки.

Деталь «оправка многофункциональная» изготавливается из конструкционной качественной легированной стали 19ХГН ГОСТ 4543-2016. Благодаря повышенному содержанию в составе хрома, марганца и никеля сталь соответствует требованию высокой поверхностной твёрдости, коррозионной стойкости и высокой упругости при условии поверхностной цементации и закалки, подходит для деталей, работающих в условиях в повышенных нагрузок и поверхностного износа [2]. Используемая сталь была разработана и внедрена для объёмной холодной штамповки осадкой, высадкой, выдавливанием при производстве крестовин карданных валов.

«Химический состав стали и механические свойства стали 19ХГН представлены в таблицах 1 и 2.

Таблица 1 - Химический состав стали 19ХГН ГОСТ 4543-2016 в процентах.

| Элемент    | С         | S        | P     | Mo  | Ni       | Cr      | Mn      | Si        |
|------------|-----------|----------|-------|-----|----------|---------|---------|-----------|
|            |           | не более |       |     |          |         |         |           |
| Содержание | 0.18-0.21 | 0.035    | 0.035 | 0.1 | 0.7 -1,1 | 0.8-1.1 | 0.8-1,0 | 0.17-0.37 |

Таблица 2 - Физико-механические свойства стали 19ХГН ГОСТ4543-2016

|                |            |            |        |                    |                |
|----------------|------------|------------|--------|--------------------|----------------|
| $\sigma_{0,2}$ | $\sigma_B$ | $\delta_5$ | $\Psi$ | КСУ                | Твёрдость      |
| МПа            | МПа        | %          | %      | Дж/см <sup>2</sup> | НВ/НRC         |
| 930            | 1180-1520  | 7          | -      | 690» [3]           | 217НВ/55-63НRC |

«Обозначения в таблице **Ошибка! Источник ссылки не найден.**,  $\sigma_B$  предел кратковременной прочности в МПа  $\sigma_{0,2}$  предел текучести условный в МПа,  $\delta_5$  относительное удлинение при разрыве в процентах,  $\Psi$  - относительное сужение в процентах, КСУ - ударная вязкость в Дж/см<sup>2</sup>, НВ - твёрдость по Бринеллю и НRC - твёрдость по Роквеллу» [7].

Таблица 3 - Классификация поверхностей детали по служебному назначению

| «Назначение поверхности                    | Номер поверхности                        |
|--|--|
| Исполнительные поверхности (ИП)            | 1, 2, 3, 4, 7, 9, 12, 14, 16, 17, 18, 21 |
| Основные конструкторские базы (ОКБ)        | 5, 21, 24, 25                            |
| Вспомогательные конструкторские базы (ВКБ) | 1, 7, 10, 16, 17, 21                     |
| Свободные поверхности (СП)                 | Все остальные» [4]                       |

Исходя из чертежа провожу классификацию поверхностей детали для определения их назначения. При этом назначаю основные, вспомогательные конструкторские базы, исполнительные и свободные поверхности. Результаты заносим в таблицу 3. Расположение и нумерация поверхностей и баз на детали представлено на рисунке 2.



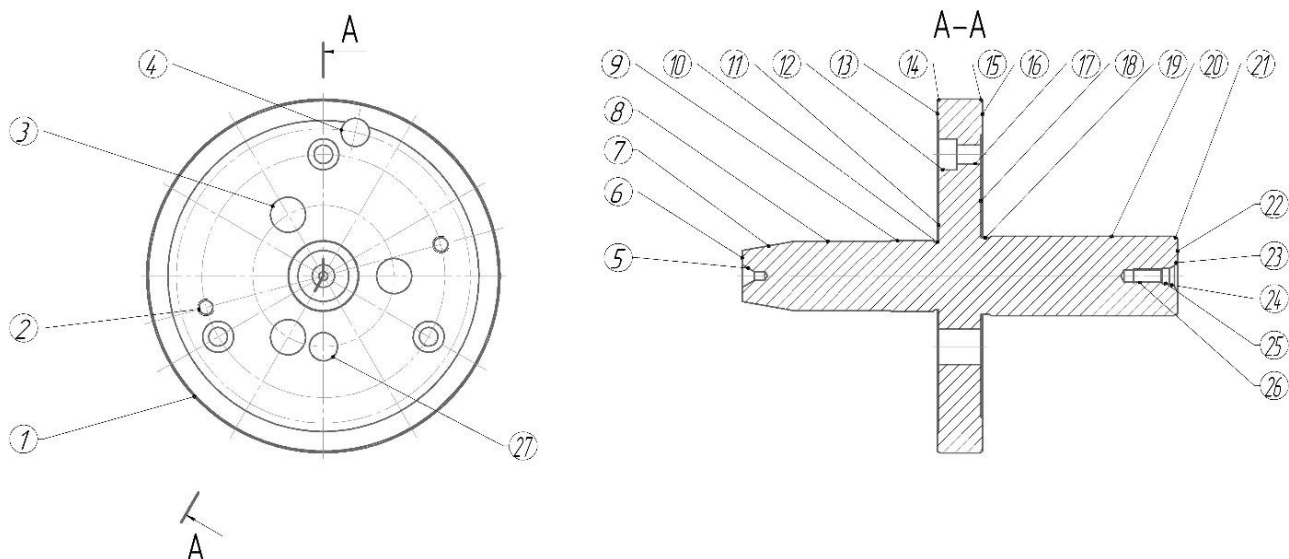


Рисунок 2 - Расположение и нумерация поверхностей на детали

Максимальное значение заданных параметров следующее:

- качества: IT5 - поверхности 7и 20;
- шероховатость: Ra 0,4 мкм на поверхности;
- допуск соосности для цилиндрической поверхности Д и цилиндрической поверхности 10 составляет 0,005мм;
- допуск радиального биения по торцу диска составляет 0,01мм относительно поверхности Д;
- допуск радиального биения для цилиндрической поверхности Д и цилиндрической поверхности 7 составляет 0,003 мм относительно оси Д.

Все «обрабатываемые поверхности расположены удобно для обработки как на обычных универсальных станках, так и на станках с ЧПУ, с помощью стандартного абразивного и режущего инструмента, выпускаемого большинством инструментальных заводов. Для нескольких поверхностей возможна обработка на проход. Все поверхности имеют удобный доступ для обработки и контроля. Контроль всех поверхностей и размеров детали возможен универсальным стандартным измерительным инструментом» [18].

«Для всех поверхностей детали приняты качества, шероховатости,

степени точности, соответствующие их служебному назначению. Следовательно, точность и шероховатость поверхностей детали заданы достаточно жёсткими, что позволяет обеспечить их исполнение на станках нормальной и повышенной точности» [19].

«Обрабатываемость стали при точении твёрдым сплавом  $K_v = 1,1$  и  $K_v = 1$  при обработке быстрорежущей сталью» [9]. Сталь имеет удовлетворительную обрабатываемость давлением (ковка, штамповка). Перед закалкой рабочих поверхностей материал детали необходимо подвергнуть цементации поверхностного слоя.

### 1.3 Выбор параметров техпроцесса

Определяю тип производства на основе исходных данных. По таблице в учебнике, при массе детали  $m = 1,96$  кг и годовой программе выпуска  $N = 3000$  деталей в год объем выпуска детали соответствует как среднесерийному, так и крупносерийному типу производства [3]. Для определения типа производства на основе коэффициента серийности  $K_c$  по формулам;

$$T_B = \frac{F_d \cdot 60}{N} \quad (1)$$

где  $T_B$  – «такт выпуска деталей;

$F_d$  - действительный годовой фонд времени работы

технологического оборудования  $F_d = 3900$ ;

$N$  - годовая программа выпуска, шт. /год» [12];

$$K_c = \frac{T_B}{T_{шт.ср}} \quad (2)$$

где  $T_{шт.ср}$  - среднее штучное время на операцию.

В базовом варианте техпроцесса  $T_{шт.ср} = 5,44$

$$T_B = \frac{3900 \cdot 60}{3000} = 78 \text{ мин.}$$

$$K_c = \frac{78}{5,44} = 14,34.$$

Исходя из того, что величина коэффициента серийности  $K_c$  больше 10, но меньше 20 определяю среднесерийное производство.

Определяю «объём партии запуска, шт., по формуле:

$$n = \frac{N \cdot a}{D}. \quad (3)$$

где  $N$  - годовая программа выпуска, шт./год;

$a$  - периодичность запуска в днях (3,6,12,24 дня);

$D$  - количество рабочих дней» [15].

Принимаем,  $a = 12$ , в 2022 году  $D=247$  рабочих дней. Тогда;

$$n = \frac{3000 \cdot 12}{247} \approx 146 \text{ детали.}$$

Принимаем объём партии 146 шт.

#### 1.4 Формулировка задач работы

В соответствии с заданием на практику необходимо решить следующие задачи:

- определить «тип производства и выбрать стратегию разработки техпроцесса;
- выбрать оптимальный метод получения заготовки и маршруты обработки поверхностей;
- разработать технологический маршрут и схемы базирования заготовки;
- выбрать оборудование, приспособления, режущий инструмент, средства контроля;
- рассчитать припуски на обработку и спроектировать заготовку;

- определить содержание операций, рассчитать режимы резания и время на обработку;
- разработать технологическую документацию и графические материалы.
- разработать режущий инструмент для одной или нескольких операций  
техпроцесса.
- спроектировать станочное приспособление для одной или нескольких операций» [9] техпроцесса.
- проанализировать технологический процесс на предмет его безопасности и экологичности и разработать меры по поддержанию их на необходимом уровне.
- оценить экономическую эффективность проектируемого технологического процесса.

Из проведённого анализа условий эксплуатации, конструкция детали, применяемого материала, а также технических требований к точности, износостойкости прихожу к выводу что изготовления на этапе механической обработки детали понадобится оборудование повышенной и высокой точности, соответствующие средства измерения и контроля. Деталь достаточно жёсткая и технологичная.

## 2 Разработка технологической части работы

### 2.1 Проектирование заготовки

Для получения заготовки в среднесерийном производстве используются прокат, литьё и различного рода штампованные или кованные заготовки. При этом штамповка может быть выполнена, как горячим объёмным способом, так и холодным объёмным [11].

Исходя из материала из которого изготавливается деталь заготовки, полученные методом литья не рассматриваю по причине того, что сталь 19ХГН не предназначена для литья.

У детали большая разница в размерах по диаметру поэтому, при обработке заготовки полученной отрезкой проката коэффициент использования материала будет крайне низким. Штампованные заготовки по всем параметрам являются более предпочтительными. Поэтому выбираю способ изготовления заготовок с помощью горячей объёмной штамповки. Но для проверки стоимости получения заготовки пересчитаю и стоимость отрезкой из проката.

«Стоимость заготовки, получаемой горячей штамповкой на прессе определяется по формуле:

$$C_{\text{заг}} = C_{\text{ш}} \cdot h_{\text{т}} \cdot h_{\text{с}} \cdot h_{\text{в}} \cdot h_{\text{м}} \cdot h_{\text{п}} \quad (4)$$

где  $C_{\text{ш}}$  - базовая стоимость 1 т заготовки при штамповке на прессах,

$h_{\text{т}}$  - коэффициент, зависящий от класса точности заготовки;

$h_{\text{с}}$  - коэффициент, зависящий от группы сложности штамповки;

$h_{\text{в}}$  - коэффициент, учитывающий массу штамповки;

$h_{\text{м}}$  - коэффициент, учитывающий марку материала штамповки;

$h_{\text{п}}$  - коэффициент, учитывающий объем производства

штамповок» [3].

«Для данного расчёта массу заготовки  $Q$  определим следующим образом:

$$Q = q \cdot K \text{ кг} \quad (5)$$

где  $q$  - масса детали, кг;

$K$  - расчётный коэффициент, устанавливаемый в соответствии с приложением [7, табл. 20]

При получении заготовок штамповкой принимаю 1,6. Тогда масса заготовки будет равна

$$Q = 1,96 \cdot 1,6 = 3,14 \text{ кг.} \text{» [19]}$$

«При моделировании в программе Компас-3D получена масса заготовки равная 2,83 кг, что косвенно подтверждает правильность выбора коэффициента.

Базовая стоимость заготовок С4 горячей штамповки на апрель 2022 года равняется в среднем 106 рублей за килограмм.

Расчётный коэффициент  $h_T = 1,0$  - для штамповок повышенной точности.

Данная штамповка относится к группе сложности С2. Для С2 и группы сталей» [15] с содержанием легирующих добавок свыше 3 процентов коэффициент  $h_c=1,0$ .

Для группы сталей с высоким содержанием легирующих элементов до пяти процентов включительно расчётный коэффициент  $h_b = 1,15$ .

Для группы сталей с высоким содержанием легирующих элементов до пяти процентов включительно расчётный коэффициент  $h_m = 1,25$ .

Объём принимаю равным годовой программе выпуска, тогда расчётный коэффициент  $h_n=1$ .

Подставив полученные значения, провожу вычисление:

$$C_{\text{заг}} = 106 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,15 \cdot 1,25 \cdot 1 = 152,38 \text{ руб/кг}$$

Полученную стоимость килограмма заготовки перемножаю на её массу.

$$C_{\text{заг}} = 152,38 \cdot 3,14 = 478,46 \text{ руб.}$$

«Стоимость заготовки из проката. Средняя цена на прокат из стали 19ХГН,  $S_{\text{пр}} = 66500$  рублей за тонну или 66,5 рублей за кг. Формула для расчёта;

$$C_{\text{заг}} = C_{\text{пр}} \cdot h_{\text{ф}} \quad (6)$$

где  $C_{\text{пр}}$  - цена одного кг материала заготовки, руб.;

$h_{\text{ф}}$  коэффициент, учитывающий форму заказа металлопроката  
принимаем равным» [5] 1,03

$$C_{\text{заг}} = 66,5 \cdot 1,03 = 68,495$$

Находим массу заготовки из проката приняв размеры  $\emptyset 130 \times 158$ .

$$V_{\text{пр}} = \frac{3,14 \cdot 130^2 \cdot 158}{4} = 2096107 \text{ мм}^3$$

$$Q_{\text{пр}} = 7,8 \cdot 2096107 \cdot 10^{-6} = 16,35 \text{ кг}$$

Полученную стоимость килограмма заготовки перемножаем на её массу получим:

$$C_{\text{заг}} = 68,495 \cdot 16,35 = 1119,86 \text{ руб.}$$

Полученная стоимость заготовки из проката в два раза превышает штампованную. Соответственно выбор штампованной заготовки был верным.

Для проектирования заготовки определяю маршруты обработки поверхностей детали исходя из чертежа. При этом учитываю материал детали его физико-химические свойства и состояние, расположение поверхностей и их форму, и шероховатость, точность размеров. Условием назначения промежуточных переходов является, то что каждый последующий переход должен повышать точность размеров от двух до четырёх квалитетов для черновых операций и на один - два квалитета для чистовых операций. Результат выбора маршрутов обработки заносу в таблицу 5

Таблица 5 - Маршруты обработки поверхностей

| «№ поверхности | Квалитет точности | Шероховатость Ra | Последовательность обработки» [2]                       |
|----------------|-------------------|------------------|---|
| 1              | 6                 | 0,8              | Тчер (14) + Тп. чис. (12) + Тчис (10) + Шчер(8)+Шчис(6) |
| 2              | 7                 | 2,5              | Св. (10)+Резьб.(7)                                      |
| 3              | 10                | 1,6              | Св. (12) +Разв. (10)                                    |
| 4              | 8                 | 0,8              | Св. (12) + Зчер. (10) + Разв.чис. (8)                   |
| 5              | 10                | 2,5              | Св. (10)  |
| 6              | 14                | 6,3              | Тчер (14)   |
| 7              | 5                 | 0,4              | Тчер (11) + Тчис (9) + Шчер(7)+Шчис(5)                  |
| 8              | 10                | 6,3              | Тчер (14) + Тчис (10)                                   |
| 9              | 6                 | 0,4              | Тчер (12) + Тчис (10) + Шчер(8)+Шчис(6)                 |
| 10             | 14                | 6,3              | Тчер (14)   |
| 11             | 14                | 6,3              | Тчер (14)   |
| 12             | 14                | 6,3              | Св. (14)  |
| 13             | 14                | 1,6              | Тчер (14) + Тчис (14) + Ш (14)                          |
| 14             | 14                | 6,3              | Тчер (14)   |
| 15             | 14                | 6,3              | Тчер (14)   |
| 16             | 14                | 0,8              | Тчер (14) + Тчис (14) + Ш (14)                          |
| 17             | 14                | 6,3              | Св. (14)  |
| 18             | 14                | 6,3              | Тчер (14)   |
| 19             | 5                 | 0,4              | Тчер (14)   |
| 20             | 14                | 6,3              | Тчер (11) + Тчис (9) + Шчер(7)+Шчис(5)                  |
| 21             | 14                | 6,3              | Тчер (14)   |
| 22             | 14                | 6,3              | Тчер (14)   |
| 23             | 14                | 6,3              | Св. (14)  |
| 24             | 14                | 6,3              | Св. (14)  |
| 25             | 14                | 6,3              | Св. (14)  |
| 26             | 7                 | 2,5              | Св. (10)+Резьб.(7)                                      |
| 27             | 7                 | 0,8              | Св. (10) + Зчер. (8) + Разв.чис. (7)                    |

Исходя из полученных маршрутов обработки приступаю к проектированию заготовки детали. Выбираю отдельный метод её изготовления штамповкой выдавливанием на горизонтально-ковочной машине. Выбранный метод изготовления заготовки подходит для материала детали, позволяет добиться необходимой точности и технологичности при изготовлении детали.

Исходя из «выбранного техпроцесса и оборудования для изготовления



заготовки, и предъявляемых требований к точности размеров поковки» [5, прил.19]. Для выбранного метода поковки принимаю класс точности Т4.

При «назначении группы стали определяющим является среднее массовое содержание углерода 0,2% и легирующих элементов (Si, Mn, Cr, Ni) свыше 2 процентов и до 5 процентов. В соответствии с ГОСТ 7505-89 принимаю для рассматриваемой стали группу М2» [5 табл. 1].

«Степень сложности определяют путём вычисления отношения массы  $G_{\Pi}$  поковки к массе геометрической фигуры, в которую вписывается форма поковки. При определении размеров описывающей поковку геометрической фигуры допускается исходить из увеличения в 1,05 раза габаритных линейных размеров детали, определяющих положение её обработанных поверхностей.

Рассчитаем массу описывающей фигуры по формуле:

$$G_{\Phi} = 1,05 \cdot \rho \cdot V_{\Phi} \cdot 10^{-6} \quad (7)$$

где  $\rho$  - плотность стали, кг/м<sup>3</sup>,

$V_{\Phi}$  – объём цилиндра, мм<sup>3</sup>» [1];

$$V_{\Phi} = \frac{\pi}{4} (D_{\Phi}^2 \cdot L_{\Phi}) \quad (8)$$

где  $D_{\Phi}$  - диаметральный размер описываемого цилиндра, мм;

$L_{\Phi}$  - линейный размер описываемого цилиндра, мм;

$$V_{\Phi} = \frac{3,14}{4} \cdot (125^2 \cdot 154) = 1888906,25 \text{ мм}^3$$

$$G_{\Phi} = 1,05 \cdot 7,8 \cdot 1888906,25 \cdot 10^{-6} = 15,47 \text{ кг}$$

Соотношение массы поковки и массы описывающей фигуры будет иметь следующее значение:

$$\frac{G_{\Pi}}{G_{\Phi}} = \frac{3,14}{15,47} = 0,203$$

«Согласно ГОСТ 7505-89 такому значению отношения соответствует

степень сложности поковки С3.

Конфигурация поверхности разъёма штампа для фланца является плоской и обозначается буквой П» [5, табл.1].

«По табл. 2 нахожу, что массе поковки от 1,8 до 3,2 кг при группе стали М2, степени сложности С3 и классе точности Т4 соответствует исходный индекс 13» [6. с. 57].

«Основные припуски и допуски на размеры детали в зависимости от массы, класса точности, группы стали, степени сложности и шероховатости детали принимаю по ГОСТ 7505-89. Дополнительные припуски назначаю по таблицам 4, 5» [5].

«Дополнительный припуск, учитывающий смещение по плоскости разъема штампа, по классу точности Т4 составляет 0,3 мм.

Дополнительный припуск учитывающий изогнутость поковки составляет 0,4 мм» [3].

Допуск на смещение разъема штампа 0,6 мм по таблице 9 [5].

Вычисляю размеры заготовки:

- размер 2А

$$25 + (2 \cdot 2,5) = 29 \text{ мм};$$

- размер Б. Так как у размера Б две поверхности с разными параметрами

чистоты обработки, то рассчитываю два припуска;

$$16 + (2,3 + 2,5) = 20,8 \text{ мм};$$

Принимаем размер 21 мм.

-размер В

$$154 + (2,3 + 2,3) = 158,6 \text{ мм};$$

- размер 2Г

$$18 + 2 \cdot 2,5 = 23 \text{ мм};$$

-размер 2Д

$$28 + 2,5 \cdot 2 = 32 \text{ мм};$$

- размер 2Е

$$125 + 2 \cdot 2,8 = 130,6 \text{ мм}$$

- размер 2Ж. Размер является разностью полусумм размеров Б и В, и равен 69.2 мм. Допуск устанавливаю согласно пункта 5,5 ГОСТ 7505-89 как согласованный с заказчиком

Результаты выбора припусков и допусков представлены в таблице 6. Чертеж полученной заготовки представлен в графической части на листе формата А2 в виде файла cdw.

Таблица 6 - Допуски, предельные отклонения и размеры исходной заготовки, мм

| «Параметры детали |            |                       | Параметры заготовки    |                     |                                 |
|-------------------|------------|-----------------------|------------------------|---------------------|---------------------------------|
| пов.              | размер, мм | шероховатость Ra, мкм | припуск на сторону, мм | допуск, мм          | размер, мм» [4]                 |
| 2А                | ∅28        | 0,4                   | $Z_1=1,9+0,6=2,5$      | $2,2^{+1,4}_{-0,8}$ | $\emptyset 33^{+1,8}_{-0,8}$    |
| Б                 | 16         | 0,8                   | $Z_2=1,9+0,6=2,5$      | $2,2^{+1,4}_{-0,8}$ | $21^{+1,4}_{-0,8}$              |
| Б                 | 16         | 1,6                   | $Z_3=1,7+0,6=2,3$      | $2,2^{+1,4}_{-0,8}$ | $21^{+1,4}_{-0,8}$              |
| В                 | 154        | 6,3                   | $Z_4=1,7+0,6=2,3$      | $2,8^{+1,8}_{-1,0}$ | $158,6^{+1,4}_{-0,8}$           |
| 2Г                | ∅25        | 0,4                   | $Z_5=1,9+0,6=2,5$      | $2,2^{+1,4}_{-0,8}$ | $\emptyset 30^{+1,4}_{-0,8}$    |
| 2Д                | ∅18        | 0,4                   | $Z_6=1,9+0,6=2,5$      | $2,2^{+1,4}_{-0,8}$ | $\emptyset 23^{+1,4}_{-0,8}$    |
| 2Е                | ∅125       | 0,8                   | $Z_7=2,2+0,6=2,8$      | $2,8^{+1,8}_{-1,0}$ | $\emptyset 130,6^{+1,8}_{-1,0}$ |
| Ж                 | 69,2       | 0,4                   | $Z_7=2,0$              | $2,0^{+1,0}_{-1,0}$ | $69,2^{+1,0}_{-1,0}$            |

## 2.2 Проектирование плана изготовления

На данном этапе проектирую технологический план изготовления детали - перечень технологических операций, необходимых для превращения исходной заготовки в готовую деталь. Для облегчения последующей работы предварительно разрабатываю технологический маршрут

«Описание технологического маршрута обработки детали по каждой операции с описанием номера и наименования операции, выбором обрабатываемых поверхностей на каждой операции и применяемого оборудования с последующим занесением результатов выбора в таблицу 6» [1].

Таблица 7 - Технологический маршрут изготовления детали

| «Номер операции» | Наименование, модель оборудования                | Наименование операции | Номер обрабатываемых поверхностей» [1]                  |
|------------------|--|-----------------------|---|
| 010              | Горизонтально-ковочная машина                    | Заготовительная       | -   |
| 020              | Токарный обрабатывающий центр SBL 300 CNC        | Токарная              | 5, 6, 22, 23, 24, 25, 26                                |
| 030              | Токарный обрабатывающий центр SBL 300 CNC        | Токарная              | 1, 7, 8, 9, 10, 11, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, |
| 040              | Координатно-расточный станок СКР 400 с ЧПУ       | Сверлильная           | 2, 3, 4, 12, 17, 27.                                    |
| 050              | -  | Термическая           | 1-27.   |
| 060              | Стол контрольный                                 | Контрольная           | 1-27.   |
| 070              | универсальный круглошлифовальный станок ОШ-525Ф3 | Круглошлифовальная    | 1, 7, 9, 13, 16, 20                                     |
| 080              | универсальный круглошлифовальный станок ОШ-525Ф3 | Круглошлифовальная    | 1, 7, 9, 16, 20.  |

Продолжение Таблицы 7

| «Номер операции» | Наименование, модель оборудования                         | Наименование операции | Номер обрабатываемых поверхностей» [1] |
|------------------|---|-----------------------|--|
| -                | универсальный круглошлифовальный станок ОШ-525Ф3          | Круглошлифовальная    | -                                      |
| 090              | Координатно-расточный станок СКР 400                      | Сверлильная           | 4, 27                                  |
| 100              | Электрохимический станок для удаления заусенец Sk-ЕСМ450D | Слесарная             | все поверхности                        |
| 110              | Камерная моечная машина                                   | Моечная               | 1-27.                                  |
| 120              | Стол контрольный  | Контрольная           | 1-27.                                  |

В соответствии с разработанным технологическим маршрутом «проектирую план изготовления детали, который представлен в графической части работы. План изготовления детали выполняю в соответствии с требованиями ЕСКД. Соответственно на плане указаны наименование и номер для каждой операции, применяемое оборудование, операционные эскизы» [15] детали с обозначением баз в том положении что деталь занимает в приспособлении станка на каждой операции, «операционных размеров, получаемой шероховатости, технических требований. Обрабатываемые поверхности на каждой операции выделяю линиями двойной толщины» [3], зелёный цвет в программе.

### 2.3 Определение средств оснащения техпроцесса

«Для каждой операции с учётом схемы базирования выбираю станочное приспособление. Так как производство крупносерийное то предпочтение отдаю механизированным специализированным групповым переналаживаемым приспособлениям для обработки однотипных заготовок, отличающихся размерами и некоторыми конструктивными элементами» [8, 9, 14].

Выбираю «режущий инструмент для каждой операции. При выборе руководствуюсь методом обработки, конфигурацией и расположением поверхности, состоянием обрабатываемой поверхности, видом обработки (черновая, чистовая и т.д.). Предпочтение отдаём стандартным и нормализованным конструкциям» [4, 6, 14].

Произвожу «выбор контрольно-измерительных средств для каждой операции. В соответствие с типом производства предпочтения отдаём калибрам и шаблонам, а также другим стандартным и нормализованным средствам контроля» [7].

Таблица 8 – Выбор средств технологического оснащения.

| «Наименование и номер операции» | Наименование и модель оборудования   | Наименование станочного приспособления  | Наименование и размер инструмента, номер стандарта или чертежа           | Наименование и типоразмер измерительного средства номер стандарта или чертежа» [1] |
|---------------------------------|--|---|--|--|
| 010 Заготовительная             | Горизонтально-штамповочная машина  | –   | –  | –  |
| 020 Токарная                    | Токарный обрабатывающий центр SBL 300 CNC с наклонной станиной одношпиндельный | Токарный гидравлический патрон диаметром 170 мм с проходным отверстием 43 мм, | Резец токарный проходной сборный с механическим креплением для наружного | Калибр-пробка Пр, Не, 24997-2004<br>Шаблон ГОСТ 2534-79                            |

Продолжение таблицы 8

| «Наименование и номер операции | Наименование и модель оборудования        | Наименование станочного приспособления   | Наименование и размер инструмента, номер стандарта или чертежа   | Наименование и типоразмер измерительного средства номер стандарта или чертежа» [1] |
|--------------------------------|---|--|--|--|
| -                              | -   | <p>максимальной частотой вращения 4000 об/мин.<br/>Кулачки с проточкой.<br/>Резьбонарезной патрон.</p> | <p>точения<br/>SSSCL2020M12<br/>SCMT120408-TP<br/>IA80M пластина для точения</p> <p>Сверло специальное центровочное<br/>ГОСТ 14952-75</p> <p>Сверло центровочное<br/>2317-0118 Тип А<br/>P6M5 ГОСТ 14952-75. Мечик машинный M5<br/>2620-1123 ГОСТ 3266-81.<br/>Быстросменная резьбонарезная цанга с обгонной муфтой DIN371-GT12 M5 6x4.9.<br/>Держатель инструмента VDI с компенсацией по длине для метчиков VDI30-TC312-55.</p> | Штангенциркуль ШЦ-1 ГОСТ 166-80.   |
| 030 Токарная                   | Токарный обрабатывающий центр SBL 300 CNC | Токарный поводковый патрон с   | Резец токарный проходной сборный с механическим  | Штангенциркуль ШЦ-1 ГОСТ 166-80.   |

Продолжение таблицы 8

| «Наименование и номер операции | Наименование и модель оборудования   | Наименование станочного приспособления   | Наименование и размер инструмента, номер стандарта или чертежа   | Наименование и типоразмер измерительного средства номер стандарта или чертежа» [1] |
|--------------------------------|--------------------------------------|--|--|--|
| 030 Токарная                   | с наклонной станиной одношпиндельный | плавающим центром, центр вращающийся   | креплением для наружного точения WWLNR2020M08<br>Пластина WNMG060404-GM IP4325 из сплава - IP4325 Резец канавочный QFKD2020R13-60L с пластиной QСMB060008N-MT CA5220 для отрезки и точения канавок. SDJCL2020K11 резец для наружного точения         | -  |
| 040 Координатно-расточная      | Координатно-расточный станок СКР 40  | Базирующее приспособление с пневмоприводом фрезерный SK40-MTB1-50 патрон DIN69871 с резьбой для инструмента с конусом Морзе №1, SK40-ER11Mx100 цанговый патрон DIN69871 мини, SK40-TC312-59 Gr.1 быстросменный резьбонарезной патрон | Сверло 2301-3787 А1 ГОСТ 10903 -77. Развёртка 2-12,5 Н10 ГОСТ 1672-2016 Сверло комбинированное Сверло спиральное 2300-0174 ГОСТ 10902-77. Мечик машинный М6 2621-1155 ГОСТ 3266-81 Сверло 2301-3575 А1 ГОСТ 10903-77. Зенкер 2320-2555 ГОСТ 12489-71 | Калибр-пробка ГОСТ14827-69   |
| 050 Термическая                | -                                    | -  | -  | -  |
| 060 Контрольная                | Стол контрольный                     | -  | -  | -  |



Продолжение таблицы 8

| «Наименование и номер операции» | Наименование и модель оборудования                        | Наименование станочного приспособления | Наименование и размер инструмента, номер стандарта или чертежа           | Наименование и типоразмер измерительного средства номер стандарта или чертежа» [1] |
|---------------------------------|---|--|--|--|
| 070<br>Круглошлифовальная       | универсальный круглошлифовальный станок ОШ-525Ф3 с ЧПУ    | Конус центра № 4 по ГОСТ 13211-67      | Круг шлифовальный 500x203x50 25A F40 N 5 V 35 м/с 2кл. ГОСТ Р 52781-2007 | Калибр-скоба ГОСТ 18355-73<br>Прибор активного контроля тип - «Консор-07АК»        |
| 080<br>Круглошлифовальная       | универсальный круглошлифовальный станок ОШ-525Ф3 с ЧПУ    | Конус центра № 4 по ГОСТ 13211-67      | Круг шлифовальный 500x203x50 25A F80 N 5 V 50 м/с 2кл. ГОСТ Р 52781-2007 | Калибр-скоба ГОСТ 18355-73,<br>Приспособление для контроля биения<br>ГОСТ 8453-75  |
| 100<br>Слесарная                | Электрохимический станок для удаления заусенец Sk-ЕСМ450D | -                                      | -  | -  |
| 110<br>Моечная                  | Камерная моечная машина                                   | -                                      | -  | -  |
| 120<br>Контрольная              | Стол контрольный  | -                                      | -  | -  |

После определения средств оснащения техпроцесса перехожу к расчёту технологических операций для проверки правильности выбора.

## 2.4 Расчёт технологических операций

«Величина припуска влияет на себестоимость изготовления детали. При увеличенном припуске повышаются затраты труда, расход материала и другие производственные расходы, а при уменьшенном приходится повышать точность заготовки, что также увеличивает стоимость изготовления детали.

Аналитический метод определения припусков базируется на анализе производственных погрешностей, возникающих при конкретных условиях

обработки заготовки» [17].

Придерживаясь следующей рекомендации: «каждый последующий метод механической обработки повышает точность размера поверхности на 4 - 2 качества и уменьшает значение параметра шероховатости поверхности приблизительно в 2 раза [16] и начиная с чистовой обработки, повышение точности обработки происходит не более чем на один два качества. Произведём расчёт припусков на обработку проводим для» [17] радиусной проточки диаметром  $28h5$ .

Последовательность переходов; - проточить начерно IT 12-13, проточить начисто IT 11-12Э шлифовать начерно IT7-9, шлифовать начисто IT5-7.

«Минимальный припуск на обработку цилиндрической поверхности вращения;

$$2z_{i.min} = 2 \left( (R_z + h)_{i-1} + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2} \right), \quad (9)$$

где  $R_z$ - высота неровностей на переходе, мкм;

$h$  - глубина дефектного поверхностного слоя на переходе, мкм;

$\rho$  - суммарное пространственное отклонение на переходе, мкм»

[19].

$$\rho = \sqrt{\rho_{кор}^2 + \rho_{см}^2} \quad (10)$$

где  $\rho_{кор}$  – «общая величина коробления заготовки, мкм;

$\rho_{см}$  - общая величина смещения заготовки, мкм;

$\varepsilon_i$  - погрешность установки заготовки, мкм.

$R_{z_{i-1}} = 100$  мкм после штамповки;

$h_{i-1} = 200$  мкм» [3].

«Коробление цилиндрической поверхности учитываю, как в

диаметральном, так и в осевом его сечении, поэтому

$$\rho_{\text{кор}} = \sqrt{(\Delta_{\text{к}} \cdot d)^2 + (\Delta_{\text{к}} \cdot l)^2} \quad (11)$$

где  $\Delta_{\text{к}}$  – удельная кривизна заготовок, мкм на 1мм длины после штамповки на ГКМ.

$$\Delta_{\text{к}} = 6 \text{ мкм.}$$

$d=28, l=69$  – диаметр и длина проточки соответственно, мм» [3].

$$\rho_{\text{кор}} = \sqrt{(6 \cdot 28)^2 + (6 \cdot 69)^2} = 447 \text{ мкм}$$

Учитывая, что суммарное смещение поверхности в заготовке относительно наружной её поверхности представляет геометрическую сумму в двух взаимно перпендикулярных плоскостях, получаю:

$$\rho_{\text{см}} = \sqrt{\left(\frac{\delta_{\text{Б}}}{2}\right)^2 + \left(\frac{\delta_{\text{Е}}}{2}\right)^2} = \sqrt{\left(\frac{2200}{2}\right)^2 + \left(\frac{2800}{2}\right)^2} = 1780 \text{ мкм}$$

Таким образом, суммарное значение пространственного отклонения заготовки:

$$\rho = \sqrt{447^2 + 1780^2} = 1835 \text{ мкм}$$

Для оставшихся видов обработки остаточные пространственные отклонения находим по формуле:

$$\rho_{\text{ост}} = k_{\text{у}} \cdot \rho_{\text{заг}} \quad (12)$$

где:  $k_{\text{у}}$  - коэффициент уточнения формы

При чистовом точении;

$$\rho_{\text{ост}} = 0,06 \cdot 1835 = 110 \text{ мкм}$$

Черновое шлифование;

$$\rho_{\text{ост}} = 0,04 \cdot 1835 = 73,4 \text{ мкм}$$

Чистовое шлифование

$$\rho_{\text{ост}} = 0,02 \cdot 1835 = 36,7 \text{ мкм}$$

Находим погрешность установки заготовки:

$$\varepsilon_y = \sqrt{\varepsilon_0^2 + \varepsilon_3^2} \quad (13)$$

Погрешность установки при обработке поверхностей в центрах. На первом переходе погрешность базирования в радиальном направлении создаётся погрешностью зацентровки, то есть смещением оси центровых гнёзд относительно оси заготовки. Погрешность базирования определяю по справочнику [17, с 42]

$$\varepsilon_\delta = \Delta_{\text{ц}} = 180 \text{ мкм}$$

Для обеспечения постоянства положения деталей в осевом направлении применяю плавающий центр

Погрешность закрепления определяю по формуле

$$\varepsilon_3 = C \cdot \left(\frac{P}{9.8}\right)^{0.5} \quad (14)$$

где: - C коэффициент учитывающий размер центрального гнезда [19]

принимаям 2,9;

- P усилие зажима (Н) принимаю 5000 Н.

$$\varepsilon_z = 2,9 \cdot \left(\frac{5000}{9,8}\right)^{0,5} = 29,3 \text{ мкм}$$

$$\varepsilon_y = \sqrt{180^2 + 29,3^2} = 182 \text{ мкм}$$

Для обеспечения постоянства положения деталей в осевом направлении применяем на токарной и шлифовальной операциях применяется плавающий центр. Поэтому «погрешность установки на следующих переходах  $\varepsilon_i = 0$

На основании записанных в таблице данных производим расчёт минимальных значений межоперационных припусков, пользуясь основной формулой:

$$2Z_{min}^i = 2 \left( (R_z + h)_{i-1} + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2} \right), \quad (15)$$

Минимальные припуски» [1];

- проточить начисто;

$$2Z_{min}^i = 2 \left( (80 + 150) + \sqrt{110^2 + 0^2} \right) = 680 \text{ мкм},$$

- шлифовать начерно;

$$2Z_{min}^i = 2 \left( (25 + 50) + \sqrt{73,4^2 + 0^2} \right) = 287 \text{ мкм},$$

- шлифовать начисто;

$$2Z_{min}^i = 2 \left( (6,3 + 20) + \sqrt{36,7^2 + 0^2} \right) = 126 \text{ мкм}.$$

Находим минимальный припуск для первого перехода [19].

$$2Z_{min}^1 = D_{min}^{зар} - [D_{max}^{дет} + \sum_{i=2}^{i=k} 2Z_{min}^1 + \sum Td^i] \quad (16)$$

$$2Z_{min}^i = 32,2 - (28 + (0,126 + 0,2868 + 0,680) + (0,021 + 0,052 + 0,130)) = 2,904 \text{ мм.}$$

Максимальные припуски нахожу по формуле:

$$2Z_{max}^i = 2Z_{min}^i + Td^i + Td^{i-1} \quad (17)$$

Нахожу  $2Z_{max}^i$  для чернового точения:

$$2Z_{max}^i = 2,904 + 2,2 + 0,13 = 5,234 \text{ мм}$$

Нахожу  $2Z_{max}^i$  для чистового точения:

$$2Z_{max}^i = 0,680 + 0,052 + 0,130 = 0,862 \text{ мм}$$

Нахожу  $2Z_{max}^i$  для чернового шлифования:

$$2Z_{max}^i = 0,287 + 0,021 + 0,052 = 0,36 \text{ мм}$$

Нахожу  $2Z_{max}^i$  для чистового шлифования:

$$2Z_{max}^i = 0,126 + 0,009 + 0,021 = 0,156 \text{ мм}$$

Нахожу припуск  $Z_{cp}$ , эта величина необходима для расчёта скорости резания, так как  $t$  глубина резания равна припуску  $Z$ . Расчёт ведём по формуле:

$$Z_{cp} = \frac{Z_{max} + Z_{min}}{2}. \quad (18)$$

Величины припусков  $Z_{min}$  и  $Z_{max}$  нахожу простым делением припусков

$2Z_{max}^{пр}$  и  $2Z_{min}^{пр}$  на два. Полученные припуски и операционные размеры обработки поверхности диаметром 28h5 занесу в таблицу 9.

Таблица 9. - Припуски и операционные размеры обработки поверхности диаметром 28h5

| Номер перехода     | Наименование перехода | Точность |           | Составляющие припуска, мкм |     |     |            | Припуск, мм    |                |               | Предельные размеры, мм |           |          |
|--------------------|-----------------------|----------|-----------|----------------------------|-----|-----|------------|----------------|----------------|---------------|------------------------|-----------|----------|
|                    |                       | Квалитет | $Td$ , мм | $R_z$                      | h   | p   | $\epsilon$ | $Z_{min}^{пр}$ | $Z_{max}^{пр}$ | $Z_{cp}^{пр}$ | $d_{min}$              | $d_{max}$ | $d_{cp}$ |
| 0                  | Заготовка             | 16       | 2.2       | 160                        | 200 | 0   | 0          | -              | -              | -             | 32,2                   | 34,8      | 33,5     |
| 1                  | Черновое точение      | 11       | 0,130     | 80                         | 160 | 469 | 182        | 1,452          | 2,617          | 2.0345        | 29,166                 | 29,296    | 29,231   |
| 2                  | Чистовое точение      | 9        | 0,052     | 25                         | 100 | 14  | 0          | 0,340          | 0,431          | 0,3855        | 28,434                 | 28,486    | 28,460   |
| 3                  | Черновое шлифование   | 7        | 0,021     | 10                         | 50  | 9   | 0          | 0,143          | 0,180          | 0.1615        | 28,126                 | 28,147    | 28,137   |
| 4                  | Чистовое шлифование   | 5        | 0,009     | 6.3.                       | 20  | 9.4 | 0          | 0,063          | 0,078          | 0,0705        | 27,991                 | 28,0      | 27,996   |
| Общий припуск $2Z$ |                       |          |           |                            |     |     |            | 3,996          | 6,612          | 5,304         | -                      |           |          |

На основе полученных данных вычерчиваю размерную схему припусков и допусков поверхности диаметром 28h5, которая наглядно демонстрирует их величины и расположение. Занесу полученные значения допусков и припусков в таблицу 10. Схема припусков и допусков представлена на рисунке 3





|    |                           |              |       |        |         |
|----|---------------------------|--------------|-------|--------|---------|
| 8  | Чистовое точение          | 0,1          | 0.185 | 0.35   | 0.2675  |
| 9  | Черновое точение          | 0,21         | 1.635 | 2.63   | 2.1325  |
| 9  | Чистовое точение          | 0,084        | 0.28  | 0.427  | 0.3535  |
| 9  | Черновое шлифование       | 0,033        | 0.09  | 0.147  | 0.1185  |
| 9  | Чистовое шлифование       | 0,013        | 0.035 | 0.0565 | 0.04575 |
| 10 | Прорезание канавки        | 0,52         | 0.64  | 0.925  | 0.7825  |
| 11 | Прорезание канавки        | 0,25(±0,125) | 0.875 | 1.125  | 1.0     |
| 12 | Сверление отверстия       | 0,42         | 5,5   | 5,71   | 5,605   |
| 13 | Черновое подрезание торца | 0.74(±0.37)  | 1.3   | 1.6    | 1.45    |
| 13 | Чистовое подрезание торца | 0.74(±0.37)  | 0.7   | 1.1    | 0.9     |

Продолжение таблицы 10

| Номер поверхности | Наименование перехода            | Допуск мм    | $Z_{min}$ мм | $Z_{max}$ мм | $Z_{cp}^{np}$ мм |
|-------------------|----------------------------------|--------------|--------------|--------------|------------------|
| 13                | Шлифование торца                 | 0.74(±0.37)  | 0.15         | 0.25         | 0.2              |
| 16                | Черновое подрезание торца        | 0.43(±0.215) | 1.2          | 1.6          | 1.4              |
| 16                | Чистовое подрезание торца        | 0.43(±0.215) | 0.65         | 0.95         | 0.8              |
| 16                | Черновое шлифование торца        | 0.43(±0.215) | 0.2          | 0.25         | 0.225            |
| 16                | Чистовое шлифование торца        | 0.43(±0.215) | 0.1          | 0.15         | 0.125            |
| 17                | Сверление                        | 0,25         | 3,3          | 3,425        | 3,3625           |
| 18                | Прорезание канавки               | 0,25(±0,125) | 0.875        | 1.125        | 1.0              |
| 19                | Прорезание канавки               | 0,52         | 0.64         | 0.925        | 0.7825           |
| 20                | Черновое точение                 | 0,13         | 1,452        | 2,617        | 2,0345           |
| 20                | Чистовое точение                 | 0,052        | 0,34         | 0,431        | 0,3855           |
| 20                | Черновое шлифование              | 0,021        | 0,143        | 0,180        | 0,1615           |
| 20                | Черновое шлифование              | 0,009        | 0,063        | 0,078        | 0,0705           |
| 22                | Подрезание торца                 | 0,3(±0,15)   | 1,8          | 3,2          | 2,5              |
| 23                | Сверление центрального отверстия | 0,36         | 5,7          | 5,88         | 5,79             |
| 24                | Сверление центрального отверстия | 0,36         | 3,985        | 4,165        | 4,075            |
| 25                | Сверление центрального отверстия | 0,3          | 2,65         | 2,8          | 2,725            |
| 26                | Сверление                        | 0,1          | 2,1          | 2,15         | 2,125            |
| 27                | Нарезание резьбы                 | 0,012        | 0,4          | 0,412        | 0,406            |
| 28                | Сверление отверстия              | 0,15         | 4,6          | 4,675        | 4,6375           |
| 29                | Зенкерование отверстия           | 0,058        | 0,254        | 0,3          | 0,277            |
| 30                | Разворачивание отверстия         | 0,022        | 0,071        | 0,089        | 0,08             |

Аналитически рассчитываю режимы резания обработки поверхностей 5, 6, 22, 23, 24, 25, 26, 27, на операции токарная 020 с ЧПУ по программе на станках А и Б. Стойкость инструмента назначаю равной 60 минут для точения твёрдосплавным резцом, 25 минут для сверления центровочных и отверстия под резьбу и 90 минут для нарезания резьбы метчиком согласно справочника [19]. Поправочные коэффициенты принимаю для сплава Т15К6 и быстрорежущей стали Р6М5.

Глубина резания для подрезания торца (поверхность б) во время токарной обработки  $t$  равно  $Z$  равно 2.5 мм,  $S$  равно 0,4 мм, диаметр поверхности 23 мм.

$$V = \frac{C_v}{T^{m_t} \cdot t^x \cdot S^y} \cdot K_v \quad (19)$$

где  $C_v$ - поправочный коэффициент  $C_v$  равно 350 [19];

$T$  - стойкость инструмента в минутах  $T$  равно 60 мин;

$t$  - глубина резания, мм;

$S$  – подача 0,4 мм/об

$m, x, y$  - показатели степени  $m$  равен 0,2,  $x$  равен 0,15,  $y$  равен 0,35

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{nv} \cdot K_{uv}, \quad (20)$$

$$K_{mv} = K_r \cdot \left(\frac{750}{\sigma_B}\right)^{n_v} \quad (21)$$

Значения коэффициентов  $n_v$  равен 1,0,  $K_{uv}$  равен 1,0,  $K_r$  равен 0,8  $K_{nv}$  равен 0,8 взяты из справочника [19, с.262-263, таблицы 2, 6].

$$k_v = k_{mv} \cdot k_{nv} \cdot k_{uv} = 0,8 \cdot \left(\frac{750}{1200}\right)^1 \cdot 0,8 \cdot 1 = 0,4;$$

$$V_p = \frac{350}{60^{0,2} \cdot 2,5^{0,15} \cdot 0,4^{0,35}} \cdot 0,4 = 74,15 \text{ м/мин}$$

Частота вращения шпинделя станка.

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D}, \quad (22)$$

$$n_p = \frac{1000 \cdot 74,15}{3,14 \cdot 23} \approx 1026 \text{ об/мин},$$

Исходя из того что токарный обрабатывающий центр SBL 300 имеет программируемое векторное управление привода основного шпинделя с частотным изменением оборотов выбираю наиболее близкое целое значение частоты вращения шпинделя  $n = 1000$  об/мин

Действительная скорость резания  $V$ :

$$V = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 23 \cdot 1000}{1000} \approx 72,2 \text{ м/мин};$$

Расчёт силы резания

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p, \quad (23)$$

где  $C_p$  равен 300,  $x$  равен 1,  $y$  равен 0,75,  $n$  равен -0,15 [4]  $K_p$  коэффициент рассчитываемый по формуле

$$K_p = K_{mp} \cdot K_{\varphi p} \cdot K_{\gamma p} \cdot K_{\lambda p} \cdot K_{r p} \quad (24)$$

где коэффициенты  $K_{mp}$  равен 0,75,  $K_{\varphi p}$  равен 1 (угол 45 градусов)  $K_{\gamma p}$  равен 1,1,  $K_{\lambda p}$  равен 1,  $K_{r p}$  равен 0,87 [19]

$$K_p = 0,75 \cdot 1 \cdot 1,1 \cdot 1 \cdot 0,87 \approx 0,72$$

$$P_z = 10 \cdot 300 \cdot 2,5^1 \cdot 0,4^{0,75} \cdot 72,2^{-0,15} \cdot 0,72 \approx 1429,4 \text{ Н}$$

Мощность резания рассчитываю по формуле

$$N = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60} \quad (25)$$

$$N = \frac{1429,4 \cdot 72,2}{1020 \cdot 60} \approx 1,69 \text{ кВт}$$

$$N_{\text{пасп}} > N_{\text{рез}}$$

Мощность главного привода станка по паспорту – 7 кВт

Подрезать торец (поверхность 22). Глубина резания для подрезания торца во время токарной обработки  $t$  равно 2,5 мм  $S$  равно 0,4, диаметр поверхности 33мм.

Скорость резания расчётная;

$$V_p = \frac{350}{60^{0,2} \cdot 2,5^{0,15} \cdot 0,4^{0,35}} \cdot 0,4 = 74,15 \text{ м/мин}$$

Частота вращения шпинделя станка

$$n_p = \frac{1000 \cdot 74,15}{3,14 \cdot 33} \approx 715,6 \text{ об/мин}$$

Принимаю частоту вращения шпинделя 700 об/мин и произвожу перерасчёт скорости резания.

$$V = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 33 \cdot 700}{1000} \approx 72,5 \text{ м/мин};$$

Расчёт силы резания  $C_p$  - 300,  $x$  равно 1,  $y$  равно 0,75,  $n$  равен -0,15, коэффициент  $K_p$  рассчитан и равен 0,72

$$P_z = 10 \cdot 300 \cdot 2,5^1 \cdot 0,4^{0,75} \cdot 72,5^{-0,15} \cdot 0,72 \approx 1428,5 \text{ Н}$$

Мощность резания;

$$N = \frac{1428,5 \cdot 72,5}{1020 \cdot 60} \approx 1,69 \text{ кВт}$$

Обработка на выбранном станке возможна.

Сверление центрального отверстия поверхность 5.

Расчётная скорость

$$V = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot S^y} \cdot K_v \quad (26)$$

где  $C_v$  - поправочный коэффициент  $C_v$  равен 9,8 [49, с. 269];

$T$  - стойкость инструмента в минутах  $T$  равно 25 мин;

$D$  - диаметр обработки, мм;

$S$  - подача 0,1 мм/об

$m, q, y$  - показатели степени  $m$  равно 0,2,  $q$  равно 0,4,  $y$  равно 0,5

Коэффициенты  $n_V$  равен 0,9,  $K_{uv}$  равен 1,0,  $K_r$  равен 0,8  $K_{nv}$  равен 0,8

$$k_v = k_{mv} \cdot k_{nv} \cdot k_{uv} = 0,8 \cdot \left(\frac{750}{1200}\right)^{0,9} \cdot 0,8 \cdot 1 = 0,42;$$
$$V_p = \frac{9,8 \cdot 10^{0,4}}{25^{0,2} \cdot 0,1^{0,5}} \cdot 0,42 \approx 17,2 \text{ мм/мин}$$

Частота вращения шпинделя станка

$$n = \frac{1000 \cdot 17,2}{3,14 \cdot 10} = 547,8 \text{ об/мин,}$$

Принимаю 500 об/мин, тогда фактическая скорость резания

$$V = \frac{3,14 \cdot 10 \cdot 500}{1000} \approx 15,7 \text{ м/мин;}$$

Расчёт силы резания (крутящий момент).

$$M_{кр} = 10 \cdot C_m \cdot D^q \cdot S^y \cdot K_p, \quad (27)$$

где  $C_m$  равен 0,0345,  $q$  равен 2,  $y$  равен 0,8, [19]  $K_p$  коэффициент равный 0,75

$$M_{кр} = 10 \cdot 0,0345 \cdot 10^2 \cdot 0,1^{0,8} \cdot 0,75 = 4,1 \text{ Н,}$$

Мощность резания при сверлении рассчитываю по формуле

$$N = \frac{M_{кр} \cdot V}{9750} \quad (28)$$

$$N = \frac{4,1 \cdot 500}{9750} = 0,21 \text{ кВт}$$

Обработка на выбранном станке возможна с помощью главного привода в стандартной комплектации мощностью 7,5 кВт.

Сверление центрального отверстия диаметром 11,4 мм поверхности 23, 24, 25.

Расчётная скорость.  $C_v$  равен 9,8 [19, с. 269],  $T$  равен 25 мин, диаметр обработки 11,4 мм,  $S$  - подача 0,1 мм/об, показатели степени  $m$  равен 0,2,  $q$  равен 0,4,  $y$  равен 0,5. Коэффициент  $k_v$  равен 0,42.

$$V_p = \frac{9,8 \cdot 11,4^{0,4}}{25^{0,2} \cdot 0,1^{0,5}} \cdot 0,42 \approx 18,1 \text{ мм/мин}$$

Частота вращения шпинделя станка

$$n = \frac{1000 \cdot 18,1}{3,14 \cdot 11,4} = 505,6 \text{ об/мин,}$$

Принимаю 500 об/мин, тогда фактическая скорость резания

$$V = \frac{3,14 \cdot 11,4 \cdot 500}{1000} \approx 17,9 \text{ м/мин;}$$

Расчёт силы резания (крутящий момент).

$C_m$  равно 0,0345,  $q$  равно 2,  $y$  равно 0,8, [19]  $K_p$  коэффициент равный 0,75

$$M_{кр} = 10 \cdot 0,0345 \cdot 11,4^2 \cdot 0,1^{0,8} \cdot 0,75 = 5,3 \text{ Н,}$$

Расчитываю мощность при сверлении

$$N = \frac{5,3 \cdot 500}{9750} = 0,27 \text{ кВт}$$

Обработка на выбранном станке возможна с помощью главного привода в стандартной комплектации мощностью 7,5 кВт.

Сверление отверстия диаметром 4.2 мм под резьбу поверхность 27.

Расчётная скорость.  $C_v = 9,8$  [19, с. 269],  $T = 25$  мин, диаметр обработки 4,2 мм,  $S$  - подача 0,1 мм/об, показатели степени  $m$  равен 0,2,  $q$  равен 0,4,  $y$  равен 0,5. Коэффициент  $k_v$  равен 0,42.

$$V_p = \frac{9,8 \cdot 4,2^{0,4}}{25^{0,2} \cdot 0,1^{0,5}} \cdot 0,42 \approx 12,14 \text{ мм/мин}$$

Частота вращения шпинделя станка

$$n = \frac{1000 \cdot 12,14}{3,14 \cdot 4,2} = 920,5 \text{ об/мин,}$$

Принимаю 900 об/мин, тогда фактическая скорость резания

$$V = \frac{3,14 \cdot 4,2 \cdot 900}{1000} \approx 11,87 \text{ м/мин;}$$

Расчёт силы резания (крутящий момент)

$C_m$  равно 0,0345,  $q$  равно 2,  $y$  равно 0,8, [19]  $K_p$  коэффициент

равный 0,75

$$M_{кр} = 10 \cdot 0,0345 \cdot 4,2^2 \cdot 0,1^{0,8} \cdot 0,75 = 0,72 \text{ Н} \cdot \text{м},$$

Рассчитываю мощность при сверлении

$$N = \frac{0,72 \cdot 900}{9750} = 0,07 \text{ кВт}$$

Обработка на выбранном станке возможна с помощью главного привода в стандартной комплектации мощностью 7,5 кВт.

Нарезание резьбы метчиком М5Н7 поверхность 26

Расчётная скорость

$$V = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot S^y} \cdot K_v \quad (29)$$

$C_v$  равно 64,8 [4],  $T$  равно 90 мин диаметр обработки 5 мм,  $S$  равно 0,8 мм/об, показатели степени  $m$  равен 0,8,  $q$  равен 1,2,  $y$  равен 0,5. Коэффициент  $k_v$  равен 0,42.

$$V = \frac{64,8 \cdot 5^{1,2}}{90^{0,8} \cdot 0,8^{0,5}} \cdot 0,42 \approx 5,67 \text{ м/мин}$$

Частота вращения шпинделя

$$n = \frac{1000 \cdot 5,67}{3,14 \cdot 5} = 361 \text{ об/мин},$$

Принимаю значение частоты вращения 315 об/мин. тогда фактическая скорость резания;

$$V = \frac{3,14 \cdot 5 \cdot 315}{1000} \approx 4,95 \text{ м/мин};$$

Рассчитываю крутящий момент

где  $C_m$  равно 0,027,  $q$  равно 1,4,  $y$  равно 1,5, [19]  $K_p$  коэффициент равный 0,85

$$M_{кр} = 10 \cdot 0,027 \cdot 5^{1,4} \cdot 0,8^{1,5} \cdot 0,85 = 1,56 \text{ Н},$$



Рассчитываю мощность необходимую при нарезании резьбы метчиком.

$$N = \frac{1,56 \cdot 315}{975} = 0,504 \text{ кВт}$$

Нарезание резьбы возможно.

Расчёт режимов резания последующих операций провожу табличным методом по справочным нормативам [1, 18, 19]. Полученные результаты свожу в таблицы 11 и 12.

Таблица 11 – Режимы резания

| Операция | Номер и характер поверхностей         | t, мм | S, мм/об | V <sub>т</sub> , м/мин | V <sub>ф</sub> , м/мин | n <sub>р</sub> , об/мин | n <sub>п</sub> , об/мин |
|----------|---------------------------------------|-------|----------|------------------------|------------------------|-------------------------|-------------------------|
| 020      | Подрезать торец 6                     | 2,5   | 0,4      | 74,15                  | 72,2                   | 1026                    | 1000                    |
|          | Центровочное отверстие 5              | 5     | 0,1      | 17,2                   | 15,7                   | 541                     | 500                     |
|          | Подрезать торец 22                    | 2,5   | 0,4      | 74,15                  | 72,5                   | 715                     | 700                     |
|          | Центровочное отверстие 23, 24, 25, 26 | 5,7   | 0,1      | 18,1                   | 17,9                   | 506                     | 500                     |
|          | Отверстие под резьбу 27               | 2,1   | 0,1      | 12,4                   | 11,86                  | 920                     | 900                     |
|          | Нарезать резьбу М5Н7 27               | 0,4   | 0,8      | 5,67                   | 4,95                   | 361                     | 315                     |
| 030      | черновая цилиндрическая 1             | 1     | 2,5      | 0,4                    | 137,4                  | 350                     | 4,13                    |
|          | чистовая цилиндрическая 1             | 1     | 0,28     | 0,2                    | 168,8                  | 430                     | 0,43                    |
|          | черновая торец 16                     | 1     | 1,4      | 0,4                    | 176,6                  | 450                     | 3,27                    |
|          | чистовая торец 16                     | 1     | 0,8      | 0,2                    | 176,6                  | 450                     | 1,41                    |
|          | черновая цилиндрическая 20            | 1     | 2        | 0,4                    | 138                    | 1500                    | 4,15                    |
|          | чистовая цилиндрическая 20            | 1     | 0,4      | 0,2                    | 170                    | 1900                    | 0,62                    |
|          | проточка 18                           | 1     | 1        | 0,2                    | 172                    | 550                     | 1,58                    |
|          | канавка 19                            | 1     | 0,78     | 0,2                    | 169,6                  | 2000                    | 1,08                    |
|          | черновая коническая 7                 | 1     | 2,26     | 0,4                    | 126,6                  | 1600                    | 4,3                     |
|          | черновая цилиндрическая 8             | 1     | 2,65     | 0,4                    | 126,6                  | 1600                    | 5,04                    |
|          | черновая цилиндрическая 9             | 1     | 2,1      | 0,4                    | 129,1                  | 1600                    | 4,076                   |
|          | чистовая коническая 7                 | 1     | 0,4      | 0,2                    | 155,7                  | 2000                    | 0,57                    |
|          | чистовая цилиндрическая 8             | 1     | 0,27     | 0,2                    | 154,5                  | 2000                    | 0,381                   |
|          | чистовая цилиндрическая 9             | 1     | 0,35     | 0,2                    | 159,1                  | 2000                    | 0,51                    |

|  |             |   |   |     |       |     |      |
|--|-------------|---|---|-----|-------|-----|------|
|  | проточка 11 | 1 | 1 | 0,2 | 172,7 | 500 | 1,58 |
|--|-------------|---|---|-----|-------|-----|------|

Продолжение таблицы 11

| Операция | Номер и характер поверхностей | t, мм | S, мм/об | V <sub>т</sub> , м/мин | V <sub>ф</sub> , м/мин | n <sub>р</sub> , об/мин | n <sub>п</sub> , об/мин |
|----------|-------------------------------|-------|----------|------------------------|------------------------|-------------------------|-------------------------|
| 030      | канавка 10                    | 1     | 0,78     | 0,2                    | 150,7                  | 2000                    | 1,08                    |
|          | черновая торец 13             | 1     | 1,45     | 0,4                    | 176,6                  | 450                     | 3,85                    |
|          | чистовая торец 13             | 1     | 0,9      | 0,2                    | 176,6                  | 450                     | 1,54                    |
| 040      | центровочная 2, 3, 4, 12, 28, | 1     | 4        | 0,08                   | 16,3                   | 650                     | 0,259                   |
|          | комбинированная 12, 17        | 3     | 5,5      | 0,08                   | 17,3                   | 500                     | 0,285                   |
|          | цилиндрическая 2              | 2     | 2,5      | 0,1                    | 12,9                   | 820                     | 0,09                    |
|          | цилиндрическая 2              | 2     | 0,5      | 1                      | 5,93                   | 315                     | 0,9                     |
|          | цилиндрическая 3              | 3     | 6,045    | 0,125                  | 15,1                   | 400                     | 0,456                   |
|          | цилиндрическая 3              | 3     | 0,23     | 0,45                   | 9,8                    | 250                     | 0,102                   |
|          | цилиндрическая 4              | 1     | 4,6      | 0,1                    | 15,9                   | 550                     | 0,345                   |
|          | цилиндрическая 4              | 1     | 0,28     | 0,2                    | 21,6                   | 700                     | 0,163                   |
|          | цилиндрическая 28             | 1     | 4,6      | 0,1                    | 15,9                   | 550                     | 0,345                   |
|          | цилиндрическая 28             | 1     | 0,28     | 0,2                    | 21,6                   | 700                     | 0,163                   |
| 090      | цилиндрическая 4              | 1     | 0,08     | 0,54                   | 4,71                   | 150                     | 0,033                   |
|          | цилиндрическая 28             | 1     | 0,08     | 0,54                   | 4,71                   | 150                     | 0,033                   |

Таблица 12 – Режимы резания при шлифовании

| Операция | Номер и характер поверхностей | i | t, мм | S <sub>p</sub> , м/мин | S <sub>0</sub> , мм/мин | V <sub>д</sub> , м/мин | n <sub>д</sub> , об/мин | n <sub>кр</sub> , об/мин | N кВт |
|----------|-------------------------------|---|-------|------------------------|-------------------------|------------------------|-------------------------|--------------------------|-------|
| 070      | 7 черновая коническая 18,11h7 | 8 | 0,16  | 20                     | 0,079                   | 19,8                   | 250                     | 1600                     | 0,28  |
|          | 9 черновая 25,11h8            | 6 | 0,12  | 20                     | 0,079                   | 19,6                   | 250                     | 1600                     | 0,28  |
|          | 1 черновая 125,15h8           | 4 | 0,08  | 20                     | 0,39                    | 19,6                   | 50                      | 1600                     | 3,34  |
|          | 20 черновая 28,16h7           | 8 | 0,08  | 20                     | 0,101                   | 19,8                   | 200                     | 1600                     | 0,331 |
|          | торец 13                      | 1 | 0,2   | 20                     | 0,01                    | 19,6                   | 50                      | 1600                     | 2,49  |
|          | черновая торец 16             | 1 | 0,23  | 20                     | 0,01                    | 17,6                   | 50                      | 1600                     | 2,49  |
| 080      | 7 чистовая коническая 18h5    | 4 | 0,04  | 15                     | 0,06                    | 19,6                   | 250                     | 1600                     | 0,097 |
|          | 9 чистовая 25h6               | 5 | 0,05  | 15                     | 0,06                    | 19,6                   | 250                     | 1600                     | 0,23  |
|          | 1 чистовая 125h6              | 6 | 0,06  | 15                     | 0,3                     | 19,6                   | 50                      | 1600                     | 1,357 |
|          | 20 чистовая 28h5              | 7 | 0,07  | 15                     | 0,074                   | 19,6                   | 200                     | 1600                     | 0,119 |
|          | чистовая торец 16             | 1 | 0,125 | 15                     | 0,005                   | 17,6                   | 50                      | 1600                     | 1,143 |

На основе рассчитанных режимов резания производжу «расчёт норм времени.

Для среднесерийного производства норма штучно-калькуляционного времени  $T_{шт-к}$ , мин, определяется по формуле [12];

$$T_{шт-к} = \frac{T_{п-з}}{n} + T_{шт} \quad (30)$$

где  $T_{п-з}$  - подготовительно-заключительное время, в минутах,

$n$  - количество деталей в настроечной партии, шт.,

$T_{орг}$  - время на организационное обслуживание, мин, [15, с.51];

$T_{тех}$  - время на техническое обслуживание рабочего места» [1], мин,

$n=146$  дет - ранее рассчитанное значение.

Норму штучного времени в среднесерийном производстве для всех операций, кроме шлифовальной, находим по формуле  $T_{шт}$ , мин, [Горбачевич]

$$T_{шт} = T_o + T_v + T_d \quad (31)$$

где;  $T_o$  – основное время, мин;

$T_v$  – вспомогательное время, мин.;

$T_d$  - время перерывов на отдых и личные надобности, мин;

Следует отметить что время обслуживания, перерывов на отдых и личные надобности  $T_d$  в серийном производстве нормируется суммой и в процентах (от пяти до восьми) от оперативного времени.

Вспомогательное время суммируется из затрат времени на отдельные приёмы, в минутах и умножается на серийный коэффициент равный 1.85, определяется по справочным нормативам [12, 13]

Основное время  $T_o$ , мин, определяется по формуле:

$$T_o = \frac{L \cdot i}{(S \cdot n)}, \quad (32)$$

где  $L$  – длина рабочего хода с учётом длины врезания и перебега, мм,  
 $i$  - количество проходов.

На остальные режимы резания и нормы времени рассчитываю аналогично и таблицу 13.

Таблица 13 - Нормы времени

| Наименование операции     | $T_o$<br>мин | $T_v$<br>мин | $T_{оп}$ мин | $T_d$<br>мин | $T_{п-з}$<br>мин | $T_{шт}$<br>мин | $n$ | $T_{шт-к}$<br>мин |
|---------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|------------------|-----------------|-----|-------------------|
| 020 Токарная              | 1,085        | 1,806        | 2,69         | 0,19         | 13               | 2,88            | 146 | 2,97              |
| 030 Токарная              | 6,379        | 2,608        | 8,987        | 0,63         | 13               | 9,617           | 146 | 9,706             |
| 040 Координатно-расточная | 6,309        | 3,782        | 10,098       | 0,71         | 14               | 10,808          | 146 | 10,904            |
| 070 Круглошлифовальная    | 2,035        | 1,199        | 3,234        | 0,23         | 7                | 3,464           | 146 | 3,512             |
| 080 Круглошлифовальная    | 1,75         | 1,199        | 2,949        | 0,21         | 7                | 3,16            | 146 | 3,308             |
| 090 Координатно-расточная | 0,74         | 1,128        | 2,82         | 0,198        | 14               | 3,018           | 146 | 3,113             |

На основе полученных данных разрабатываю маршрутные,

операционные карты и карты эскизов. Показаны в приложениях А и Б.

Разработка заготовки, расчёты припусков и режимов резания показали правильность выбора технологического оборудования приспособлений и инструмента, что проявилось в снижении среднего времени на операцию с 5,44 минуты до 5,27 минут. Дальнейшее увеличение производительности возможно при применении высоко производительного инструмента.

### 3 Проектирование станочного приспособления

Для расчёта приспособления имею следующие данные. Заготовка устанавливается в вертикальные призматические тисы, дополнительно оборудованные базирующей опорой. Наибольший обрабатываемый диаметр сверлом и развёрткой 12мм и 12,5 мм, базовая поверхность диаметром 28,5h10. Рассчитываю осевую силу резания. Обработка сверлом сквозных отверстий диаметром 12H12 мм. Согласно справочника [1]

Осевая сила резания  $P_0$

$$P_0 = P_{\text{отаб}} \cdot K_p$$

где -  $P_{\text{отаб}}$  равно 2,4кН,  $K_p$  равно 0,95.

$$P_0 = 2,4 \cdot 0,95 = 2,28 \text{ кН}$$

Обработка развёрткой сквозных отверстий диаметром 12,5H10 мм.

Осевая сила резания  $P_{\text{отаб}}=2,2$  кН,  $K_1=0,95$ .

$$P_0 = 2,2 \cdot 0,95 = 2,09 \text{ кН}$$

Для продолжения расчёта принимаю наибольшее значение.

Расчёт усилия зажима провожу на основе эскиза приложения сил, показан на рисунке 4, учитывая осевую силу.

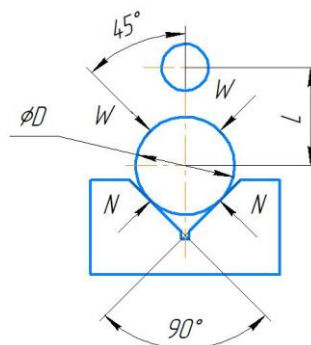


Рисунок 4 – Эскиз приложения сил

$$\begin{cases} 2N\cos 45^\circ - 2W\cos 45^\circ = 0 \\ P_0 l - 2F_{\text{тр}1} \frac{d}{2} - 2F_{\text{тр}0} \frac{d}{2} = 0 \end{cases}$$

$$F_{\text{тр}1} = Wf_1$$

$$F_{\text{тр}0} = Nf_0$$

$$P_0 l - 2Wf_1 \frac{D}{2} - 2N \frac{D}{2} = 0$$

$$2N = \frac{2W\cos 45^\circ}{\cos 45^\circ}$$

$$P_0 l - Wf_1 D - \frac{W\cos 45^\circ}{\cos 45^\circ} f_0 D = 0$$

$$W = \frac{P_0 l}{f_1 D + \frac{\cos 45^\circ}{\cos 45^\circ} f_0 D} = \frac{P_0 l}{f_1 D + f_0 D}$$

$$W = \frac{2280 \cdot 0.025}{0.16 \cdot 0.028 + 0.16 \cdot 0.028} = 6361,6 \text{ Н}$$

Провожу выбор необходимого пневмоцилиндра, КПД передачи принимаю 0,85, давление воздуха  $P_0$  в системе 0,6 Мпа. Формула для расчёта [2]

$$W = \frac{\pi D^2}{4} P_0 \eta = 0.785 D^2 P_0 \eta$$

$$D = \sqrt{\frac{W}{0.785 P_0 \eta}} = \sqrt{\frac{6361.6}{0.785 \cdot 0.63 \cdot 0.85}} \approx 123,02 \text{ мм.}$$

По ГОСТ 15608-81 принимаю стандартное значение  $D = 160$  мм  
усилие на штоке при  $P=0,63$  Мпа равно 10700 Н.

Расчёт погрешности установки заготовки в приспособление [19].

$$\varepsilon_y = \sqrt{\varepsilon_6^2 + \varepsilon_{30}^2}$$

$$\varepsilon_6 = 0,5IT(D) \left( \frac{1-\sin\alpha}{\sin\alpha} \right) = 0.5 \cdot 0.052 \left( \frac{1-\sin 45^\circ}{\sin 45^\circ} \right) = 0.0108 = 10,8 \text{ мкм}$$



$$\varepsilon_{30} = \left[ \left( K_{Rz} \cdot Rz + \frac{K_{HB}}{HB} \right) + C_1 \right] \cdot \left( \frac{Q}{19,8 \cdot l} \right)$$

Где  $K_{Rz}$  равно 0,005,  $K_{HB}$  равно 15,  $C_1$  равно  $0,086 + \frac{8,4}{D_{\text{заг}}}$  это безразмерные коэффициенты.

$$\varepsilon_{30} = \left[ \left( 0,005 \cdot 25 + \frac{15}{217} \right) + 0,086 + \frac{8,4}{28,4} \right] \cdot \left( \frac{6361}{19,8 \cdot 65} \right) = 2,84 \text{ мкм}$$

$$\varepsilon_y = \sqrt{10,8^2 + 2,84^2} = 11,17 \text{ мкм.}$$

Погрешность установки позволяет вести обработку отверстий с заданной точностью. А возможность станка с ЧПУ привязываться к определённой точке на поверхности детали частично нивелирует погрешность установки.

Приспособление основанием закрепляется на столе станка четырьмя т-образными болтами М12. Основание 4 приспособления имеет две ориентирующие его вдоль продольной оси шпонки б, встающие в паз стола. На основании закреплены вертикально стоящая призма 1, регулируемая опора 2, пневмопривод оснащённый контпризмой 3 и направляющими для её ориентации,

Заготовка устанавливается в призму вертикально опираясь на опору и базовые поверхности призмы и с помощью пневмо привода закрепляется в ней.

Разработанное приспособление позволяет сократить время на установку заготовки, а за счёт достаточно большого хода штока позволяет закреплять детали различного диаметра в пределах от 18 до 40 мм. Что расширяет номенклатуру обрабатываемых деталей.

## 4 Проектирование режущего инструмента

Для облегчения обработки центрального отверстия, базирующегося на поверхности 22 (рис 2.) мною принято решение по разработке специального сверла повторяющее форму и размеры обрабатываемых поверхностей. Сверло должно быть изготовлено из быстрорежущей стали Р6М5 по ГОСТ 19265-73. Твёрдость рабочих поверхностей после закалки HRC 63 - 65.

Исходные данные для проектирования. Обрабатываемый материал сталь 19ХГН. Сверло должно обработать цилиндрическую часть отверстия диаметром 5,3 мм на расстоянии от торца 22 в  $5,5 \pm 0,150$  мм длина цилиндрической части 2,2 мм и две конические поверхности в 60 и 120 градусов, конус 60 градусов заглубляется на глубину 3,3 мм, конус 120 градусов должен иметь максимальный диаметр  $11,4^{+0.43}$  мм.

Выбор и обоснование геометрических параметров сверла.

Нахожу максимальный диаметр сверла с учётом допуска

$$D_{max} = 11,4 + 0,43 = 11,83 \text{ мм.}$$

Принимаю максимальный диаметр равным 12,5 мм как наиболее близкий к размерному ряду по ГОСТ 14952-75. Хвостовик выбираю цилиндрическим диаметром 12,5 мм. Общая длина сверла 70 мм. Угол при вершине  $2\phi = 120^\circ$  что соответствует рекомендованному [4] так как предел кратковременной прочности обрабатываемого материала  $\sigma_B = 1180$  Мпа. Канавки для выхода стружки принимаю прямыми так как глубина сверления не превышает одного диаметра. Задний угол  $\alpha$  на периферии режущей части равен  $8^\circ$  по ГОСТ 14952-75 для центровочных свёрл. Диаметр сердцевины сверла нахожу исходя из пропорции  $(0,15-0,19) \cdot D_{св}$  [9] для трёх сечений на диаметрах 5,5 мм, 7,45 мм, 12 мм.

$$0,19 \cdot 5,5 = 1,045 \text{ мм}$$

$$0,19 \cdot 7,45 = 1,42 \text{ мм}$$

$$0,19 \cdot 12 = 2,28 \text{ мм}$$

Допуски на обработку принял по ГОСТ 14952-75. На основе полученных данных выполняю чертёж сверла.

Сверло показано на рисунке 5

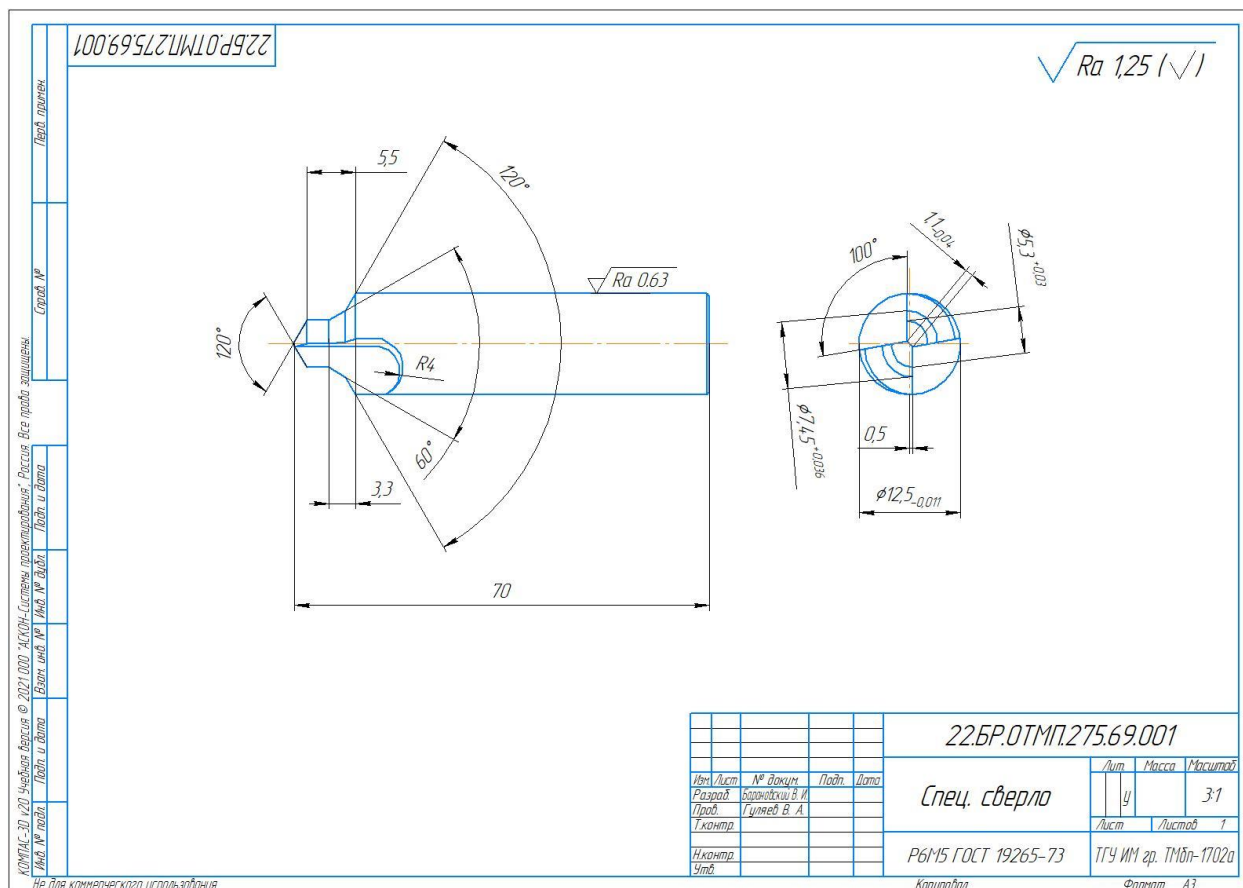


Рисунок 5 – Чертёж специального сверла.

Разработанное сверло позволит обработать три поверхности детали за один проход повышает качество обработки (соответствие геометрии поверхностей чертежу) и соответственно снижает время изготовления деталей.

## 5 Безопасность и экологичность технического объекта

Конструктивно-технологическая и организационно-техническая характеристика рассматриваемого технического объекта.

Технический объект включает в себя девять технологических процессов, двенадцать операций, семь основных профессий, одиннадцать наименований оборудования, семь наименований материалов.

В технологические процессы входят: - штамповка заготовок, токарная обработка на двух операциях, сверление, обработка отверстий, термообработка, круговое шлифование на двух операциях, электрохимическое удаление заусенец, мойка готовых деталей, технологический контроль.

В технологические операции включены: - 010 заготовительная операция, 020 токарная, 030 токарная, 040 сверлильная, 050 термообработка, 060 контрольная, 070 черновая круглошлифовальная 080, чистовая круглошлифовальная, 090 сверлильная, 100 слесарная 110, мойка 120 контрольная.

В список профессий входят - кузнец-штамповщик, оператор станков с ЧПУ, термист, контролёр ОТК, шлифовщик, оператор моечной установки, оператор электрохимического станка.

В список оборудования входят - горизонтально-ковочная машина, токарный обрабатывающий центр SBL 300 CNC с наклонной станиной одношпиндельный, координатно-расточный станок СКР 400, муфельная печь установка для цементации, стол контролёра, приспособление для измерения биения, контрольно-измерительные приборы, универсальный круглошлифовальный станок ОШ-525Ф3 с ЧПУ, электрохимический станок для удаления заусенец Sk-ЕСМ450D, моечная установка,

В список материалов, входящих в состав технического объекта включены - сталь 19ХГН, вода, СОЖ (эмульсол), масло, керосин, поверхностно активные вещества (ПАВ), электролит.

## Идентификация профессиональных рисков.

На всех операциях, входящих в технологический процесс присутствует опасный производственный фактор - это опасность поражения электрическим током. Его источником является технологическое оборудование, задействованное в работе.

Следующий опасный производственный фактор движущиеся машины и механизмы; подвижные части производственного оборудования; передвигающиеся изделия, заготовки присутствует также на всех операциях кроме контрольных и его источником являются задействованное оборудование и внутри цеховой транспорт.

К химически опасным и вредным производственным факторам присутствующих на технологическом объекте отношу опасность химических ожогов от электролитов и наличие паров электролитов источником которых является электрохимический станок для удаления заусенец.

Повышенная или пониженная температура поверхностей как вредный производственный фактор присутствует на операциях штамповки и термообработки, токарной, координатно-расточной. Его источником являются нагретые заготовки, нагретое технологическое оборудование.

Наличие паров СОЖ и ПАВ на операциях штамповки, механической, термической и электрохимической обработки, а также на операции мойки деталей являются токсическими и раздражающими вредным производственным фактором.

Вредными производственными факторами во время заготовительной, токарной, координатно-расточной, круглошлифовальной присутствуют повышенный шум и вибрации, их источником является технологическое оборудование

Фиброгенное воздействие (пыль, загазованность) присутствует на штамповочной, токарной, координатно-расточной, термической, слесарной, моечной операциях.

Для снижения уровня профессиональных рисков разрабатываться

инструкции по охране труда для каждой профессии занятой на техническом объекте [12].

Обязательно применение средств индивидуальной защиты и технических средств защиты, частичного снижения, полного устранения опасного и / или вредного производственного фактора.

Так при защите от повышенной или пониженной температуры поверхностей оборудования, материалов применяется спец одежда, защитные щитки, очки, перчатки и рукавицы, спец обувь и ограждение опасной зоны.

При защите от поражения электрическим током применяются защитное заземление зануление, ограждение токопроводящих частей, применение УЗО, выравнивание потенциалов, спец одежда, защитные очки, перчатки и спец обувь.

Для защиты от движущихся машин и механизмов подвижных частей производственного оборудования; передвигающиеся изделий и заготовок применяются спец одежда, защитные очки, перчатки, головной убор (каска или каскетка) и спец обувь, зонирование территории цехов (обозначение безопасных проходов), сигнализация и защитные ограждения.

Для защиты фиброгенного воздействия (пыль и загазованность, абразивная стружка, металлическая пыль) применяется спец одежда, респиратор, защитные очки, перчатки, головной убор и спец обувь приточная и вытяжная вентиляция, фильтрация воздуха.

При защите от повышенного уровня шума на рабочем месте и повышенного уровня вибрации на объекте применяется спец одежда, спец обувь, перчатки, наушники, беруши, наладка оборудования, увеличение жёсткости оборудования для уменьшения резонансных колебаний, использование материалов способных поглощать колебания.

При защите от токсических и раздражающих производственных факторов применяются спец одежда, спец обувь, перчатки, респиратор, головной убор, приточная и вытяжная вентиляция, фильтрация воздуха спец

питание.

Обеспечение пожарной безопасности технического объекта

Провожу идентификацию классов и опасных факторов пожара на технологическом объекте.

Кузнечный участок. Применяемое оборудование: - ГКМ, муфельные печи. Классы пожарной опасности Е, D. Цех механической обработки. Применяемое оборудование металлорежущие станки. Классы пожарной опасности Е, В1, А2. Термический участок. Применяемое оборудование муфельные печи, масляные ванны, установка для цементации. Классы пожарной опасности С, В1, Е. Участок электрохимической обработки. Применяемое оборудование Электрохимический станок. Классы пожарной опасности Е, В1, А2. Участок мойки деталей. Применяемое оборудование моечная установка. Классы пожарной опасности Е, В1.

Основными опасными факторами на объекте при пожаре являются тепловой поток, открытое пламя и продукты горения. Сопутствующий опасный фактор пожара: - вынос (замыкание) высокого электрического напряжения на токопроводящие части технологических установок.

Для обеспечения пожарной безопасности технического объекта применяются технические средства: - первичные (огнетушители, ящики с песком, пожарные краны, асбестовая ткань), мобильные (пожарные автомобили), стационарные установки и системы пожаротушения (пожарный резервуар, водопенная система пожаротушения), средства пожарной автоматики (приборы приёмно-контрольные пожарные, технические средства оповещения и управления эвакуацией при пожаре), пожарное оборудование (Пожарные шланги, наконечники пожарных рукавов, запорная аппаратура, насосное оборудование, разметка эвакуационная напольная световозвращающая), средства индивидуальной защиты и спасения людей при пожаре (самоспасатель изолирующий противопожарный сип-1м), пожарный инструмент (ломы, вёдра, багры, топоры, лестницы), пожарные сигнализация, связь и оповещение (система пожарной сигнализации,

аварийное автономное освещение, ГГС).

На техническом объекте реализуются организационные (организационно-технические) мероприятия. К ним относятся контроль за правильной эксплуатацией оборудования, содержание в исправном состоянии оборудования, проведение инструктажа по пожарной опасности, соблюдение мер пожарной безопасности при проведении огневых работ, запрет на курение и применение открытого огня в недозволенных местах, применение автоматических устройств обнаружения, оповещения и тушения пожаров,

Обеспечение экологической безопасности технического объекта

Провожу идентификацию негативных экологических факторов на операции 040 координатно-расточная.

Негативное экологическое воздействие, влияющие на атмосферу на этой операции - это испарение технических жидкостей, металлическая пылевая и водно-аэрозольная взвесь.

Негативное экологическое воздействие, влияющие на гидросферу - это проливы загрязнённой воды и технических жидкостей при проведении профилактики и очистке оборудования в сточные воды.

Негативное экологическое воздействие технического объекта на литосферу - проливы технических жидкостей (масла, СОЖ) при проведении профилактики и ремонта, а также в аварийных ситуациях, внесение частиц металлической стружки частиц окалины на поверхность полов.

Для уменьшения негативного воздействия на окружающую среду на рассматриваемой операции проводятся следующие мероприятия - применение защитных щитков препятствующих распространению паров, взвеси и разбрызгиванию СОЖ, подвод приточно-вытяжной вентиляции, оборудованной фильтрами.

Отведение сточных вод в очистные сооружения для снижения воздействия на гидросферу. Оборудование гидроизолирующих полов, сбор



пролитых жидкостей, твёрдых частиц окалины и стружки в спец тару с последующей утилизацией, для снижения воздействия на литосферу.

Выбранные мероприятия и средства по снижению профессиональных рисков позволяют снизить их общий уровень, сократить производственный травматизм и уровень производственной заболеваемости.

Выбранные мероприятия и технические средства оснащения по пожарной безопасности и снижению негативного экологического воздействия выбранные мной соответствуют уровням опасности. Но требуют постоянного контроля за их исполнением

## **6 Экономическая эффективность работы**

На этом этапе рассчитываю технико-экономические показатели вновь проектируемого технологического процесса, провожу анализ и сравниваю с показателями базового варианта. При этом предлагаемые изменения в техпроцесс должны быть обоснованы с экономической стороны.

Подробная информация, касающаяся технологического процесса, рассмотрена в предыдущих разделах, поэтому считаю необходимым указать только отличия между вариантами процесса изготовления детали.

Базовый вариант на операции 040 и 090 – применение УСП приспособления. Главный недостаток увеличенное время на установку и закрепление детали в виду отсутствия силовых приводов.

Проектный вариант. Применить на операциях 040 и 090 координатно-расточных базирующее приспособление с пневмоприводом. При введении в техпроцесс нового приспособления сокращается вспомогательное время выполнения операции 040 с 4,2 мин. до 3,78 минут на операции 090 с 1,55 до 1.13 минут.

Так как приспособление изготавливается на инструментальном участке и для его изготовления закупается минимум деталей сторонних производителей капитальные затраты составляют 22970 рублей. Затраты на закупку и сборку УСП составляют в современных ценах 17840 без учёта транспортных расходов.

Провожу расчёт себестоимости по базовому и проектному техпроцессу. В результате стоимость базового варианта составила 610,92рубля, проектного 605,76 руб.

Нахожу величину ожидаемой прибыли от внедрения приспособления [12].

$$\text{Пр}_{\text{ож}} = \text{Э}_{\text{уг}} = (C_{\text{п}}^{\text{баз}} - C_{\text{п}}^{\text{пр}}) \cdot N_{\text{г}} \quad (33)$$

где  $\text{Э}_{\text{уг}}$  удельная годовая экономическая эффективность,

$C_{\text{п}}^{\text{баз}}$  и  $C_{\text{п}}^{\text{пр}}$  себестоимость единицы продукции,

$N_{\text{г}}$  - годовая программа производства.

$$\text{Пр}_{\text{ож}} = (610,92 - 605,76) \cdot 3000 = 15480 \text{ руб.}$$

Нахожу величину налога на прибыль (ставка налога 20 процента).

$$N_{\text{пр}} = \text{Пр}_{\text{ож}} \cdot 0,2 \quad (34)$$

$$N_{\text{пр}} = 15480 \cdot 0,2 = 3096 \text{ руб}$$

Нахожу чистую прибыль

$$\text{Пр}_{\text{ч}} = \text{Пр}_{\text{ож}} - N_{\text{пр}} \quad (35)$$

$$\text{Пр}_{\text{ч}} = 7710 - 1542 = 12,384 \text{ руб.}$$

Проверяю срок окупаемости проекта

$$T_{\text{ок}} = \frac{K}{\text{Пр}_{\text{ч}}} + 1 \quad (36)$$

$$T_{\text{ок}} = \frac{22970}{12384} + 1 = 2,85 = 3 \text{ года.}$$

Коэффициент сравнительной эффективности ( $E_{\text{ср}}$ ) обратная величина сроку окупаемости.

$$E_{\text{ср}} = \frac{1}{T_{\text{ок}}} = \frac{1}{2,85} = 0,35.$$

Чистый дисконтированный доход

$$D_{\text{об.д}} = \text{Пр}_{\text{чис.д}}(T) = \sum_1^T \text{Пр}_{\text{чис.д}} \cdot \frac{1}{(1+E)^t} \quad (36)$$

$$D_{\text{об.д}} = \text{Пр}_{\text{чис.д}}(T) = \sum_1^3 \text{Пр}_{\text{чис.д}} \cdot \frac{1}{(1+0,2)^t} =$$

$$= 12384 \cdot \left( \frac{1}{(1+0,2)^1} + \frac{1}{(1+0,2)^2} + \frac{1}{(1+0,2)^3} \right) = 26086,6 \text{ руб.}$$

$$\mathcal{E}_{\text{ЭНТ}} = \text{ЧДД} = D_{\text{общ}} - K_{\text{ВВ.Пр}}$$

$$\mathcal{E}_{\text{ЭНТ}} = \text{ЧДД} = 26086,6 - 22970 = 3,116 \text{ руб.}$$

Исходя из полученной величины коэффициента сравнительной эффективности чистого дисконтного дохода за три года делаю вывод что проект находится на нижней границе рентабельности и в случае снижения годовой программы реализация его не целесообразна. Снижение себестоимости при изменении операций 040 и 090 достигло пяти процентов.

## Заключение

При выполнении выпускной квалификационной работы мною был разработан технологический процесс обработки детали «оправка многофункциональная».

Провёл анализ назначения материала и условий работы изготавливаемой детали. По результатам анализа произвёл выбор параметров техпроцесса и расчёт исходной заготовки, спроектировал план обработки, сделал выбор технологического оснащения отдавая предпочтение станочному оборудованию с управлением с ЧПУ. Разработал технологические операции. При этом для определённых операций разработал специальные средства оснащения, а именно приспособление с механизированным приводом, а именно вертикально установленные призматические тиски, специальный фасонный инструмент для обработки отверстия с сложным профилем. Экономический эффект от применения приспособления и изменений в технологический процесс получен результат 12,384 рублей в год

В ходе выполнения работы пришёл к выводу что применение механизированных приспособлений экономически оправданно только в массовом и крупносерийном производстве. В среднесерийном производстве их применение оправданно только при низких капитальных затратах и, если объём выпускаемых деталей от 3000 единиц и выше. Поэтому увеличение экономической эффективности производства в среднесерийном производстве возможно при применении станков с ЧПУ в направлении повышения скоростей резания, то есть применение более производительного инструмента и уменьшения времени переналадки станков за счёт предварительной настройки инструментальных сборок.

В результате работы были выполнены все поставленные перед мной задачи, закреплены полученные мною в ходе обучения навыки.

## Список используемых источников

1. Барановский Ю.В. Режимы резания металлов. Справочник, Изд. 4-е. перераб. и доп. М.: НИИТавтопром, 1995. - 456 с.: ил.
2. Васькин К. Я. Станочные приспособления: электронное учебное пособие / К. Я. Васькин. - Тольятти: Изд-во ТГУ, 2015 - 147с. <https://e.lanbook.com/book/139745?category=932>
3. Горбацевич А.Ф. Курсовое проектирование по технологии машиностроения. – Мн.: Высшая школа, 1983. - 256 с.
4. ГОСТ 14952-75 Группа Г23. Межгосударственный стандарт. Сверла центровочные комбинированные. М.: Государственный комитет СССР по управлению качеством продукции и стандартам, 1978. 13с.
5. ГОСТ 4543-71. Государственный стандарт Союза ССР. Прокат из легированной конструкционной стали М.: Государственный комитет СССР по управлению качеством продукции и стандартам, 1973. 13с.
6. ГОСТ 10902-77 Сверла спиральные с цилиндрическим хвостовиком. Средняя серия. Основные размеры (с изменениями N 1, 2). М.: Государственный комитет СССР по управлению качеством продукции и стандартам, 1979. 13с.
7. ГОСТ 7505-89. Поковки стальные штампованные. Допуски, припуски и кузнечные напуски. М.: Государственный комитет СССР по управлению качеством продукции и стандартам, 1990. 52с.
8. ГОСТ 24900-81 Хвостовики державок цилиндрические для токарных станков с программным управлением М.: Государственный комитет СССР по управлению качеством продукции и стандартам, 1981. 8с.
9. Дечко Э. М. Проектирование цельных свёрл: пособие для студентов специальности 1-36 01 01 «Технология машиностроения», 1-36 01 03 «Технологическое оборудование машиностроительного производства» / Э. М. Дечко, Е. А. Маркова, О. К. Яцкевич. – Минск: БНТУ, 2020 –46 с.
10. Журавлёв В. Н., Николаева О. И. Машиностроительные стали

Справочник - 4 издание переработанное и доп. – М.: Машиностроение, 1992.  
- 480 с.: ил.

11. Звонцов, И.Ф. Разработка технологических процессов изготовления деталей общего и специального машиностроения: учебное пособие / И.Ф. Звонцов, К.М. Иванов, П.П. Серебrenицкий. - 2-е изд., стер. - Санкт-Петербург: Лань, 2019. - 696 с. - ISBN 978-5-8114-4520-2. - Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. - URL: <https://e.lanbook.com/book/121985> (дата обращения: 24.12.2019). - Режим доступа: для авторизованных пользователей.

12. Краснопевцева, И.В. Экономика и управление машиностроительным производством.: электронное учеб. -метод. пособие / И.В. Краснопевцева, Н.В. Зубкова. – Тольятти.: Изд-во ТГУ, 2014.

13. Общемашиностроительные нормативы времени и режимов резания для нормирования работ, выполняемых на универсальных и многоцелевых станках с числовым программным управлением. Часть 1. Нормативы времени. Т. 1 /Под ред. С. Ю. Романова – Москва: Экономика, 1990. -208с.

14. Оснастка для станков с ЧПУ: Справочник / И. Ю. Кузнецов А. Р. Маслов А. Н. Байков Справочник. - 2-е изд., перераб. и доп. - Москва: Машиностроение, 1990. —512 с.: ил

15. Основы технологии машиностроения: учебник и практикум для вузов / А. В. Тотай [и др.]; под общей редакцией А. В. Тотая. - 2-е изд., испр. и доп. - Москва: Издательство Юрайт, 2020. - 300 с.

16. Расторгуев Д. А. Разработка плана изготовления деталей машин: учебно-методическое пособие / Д.А. Расторгуев. - Текст: электронный. - Тольятти: Изд-во ТГУ, 2013. - 51 с. - URL: <https://dspace.tltsu.ru/handle/123456789/353>

17. Расторгуев, Д. А. Проектирование технологических операций: электронное учебно-методическое пособие / Д.А. Расторгуев. - Тольятти: Изд-во ТГУ, 2015. - 140 с. - Текст: электронный. - URL: <https://dspace.tltsu.ru/handle/123456789/76>

18. Справочник технолога машиностроителя. В 2 т. Под ред. А. Г. Косиловой. - М., Машиностроение, 1985. - 1 т.-656 с.

19. Справочник технолога машиностроителя. В 2 т. Под ред. А. Г. Косиловой. - М., Машиностроение, 1985. - 2 т.-496 с.

20. Фёдоров П. М. Охрана труда [Электронный ресурс]: практическое пособие / П. М. Фёдоров. - 2-е изд. - Москва.: РИОР: ИНФРА-М, 2017. - 137 с.





## Продолжение Приложения А

### Продолжение Таблицы А1 - Маршрутные карты

ГОСТ 3 1116-82 Форма 1б

| Дубль |   |    |                       |      |                                      |                  |  |              |  |                       |       |     |    |    |      |    |     |     |     |        |  |  |  |  |
|-------|---|----|-----------------------|------|--------------------------------------|------------------|--|--------------|--|-----------------------|-------|-----|----|----|------|----|-----|-----|-----|--------|--|--|--|--|
| Взам  |   |    |                       |      |                                      |                  |  |              |  |                       |       |     |    |    |      |    |     |     |     |        |  |  |  |  |
| Лист  |   |    |                       |      |                                      |                  |  |              |  |                       |       |     |    |    |      |    |     |     |     |        |  |  |  |  |
| А     | Цех   | Уч | РМ                    | Двер | Код, наименование операции           |                  |  |              |  | Обозначение документа |       |     |    |    |      |    |     |     |     |        |  |  |  |  |
| Б     |   |    |                       |      | Код, наименование оборудования       |                  |  |              |  | СМ                    | Проф  | Р   | УТ | КР | Колл | ЕН | ВП  | Кат | Тлв | Тел    |  |  |  |  |
| К     | Наименование детали, сд. единицы или материала  |    |                       |      |                                      | Обозначение, код |  |              |  |                       | АП    | ЕВ  | ЕН | КИ | Нржж |    |     |     |     |        |  |  |  |  |
| О 01  | $D = \phi 28,45_{-0,052}$ $l = 68,8$ и фаску $21\ 19 \times 30^\circ$ . Проточить поверхность $1\ D = \phi 125,34_{-0,052}$ и фаски $14, 15\ 1,3 \times 30^\circ$ Проточить торцевую канавку $18\ C_{1\text{оп}} = \phi 28,6_{-0,2}$ $C_{2\text{оп}} = \phi 100_{-0,087}$ . |    |                       |      |                                      |                  |  |              |  |                       |       |     |    |    |      |    |     |     |     |        |  |  |  |  |
| О 02  | глубиной $0,75 \pm 0,125$ Проточить канавку $19\ D = \phi 27_{-0,52}$ $l = 5 \pm 0,125$ . Подрезать торец $13$ с разделением на проходы до $C_{1\text{оп}} = \phi 31_{-0,5}$ выдерживая размеры $l_1 = 16,45 \pm 0,26$ , $l_2 = 68,8$ .                                     |    |                       |      |                                      |                  |  |              |  |                       |       |     |    |    |      |    |     |     |     |        |  |  |  |  |
| О 03  | Проточить поверхность $7$ , с разделением на проходы выдерживая угол $10^\circ$ на сторону и $C_{1\text{оп}} = \phi 18,36_{-0,52}$ Проточить поверхности $8, 9$ с разделением на проходы выдерживая   |    |                       |      |                                      |                  |  |              |  |                       |       |     |    |    |      |    |     |     |     |        |  |  |  |  |
| О 04  | размеры $C_1 = \phi 24,6_{-0,52}$ $C_2 = \phi 25,41_{-0,184}$ $l_1 = 52,5 \pm 0,31$ . Проточить торцевую канавку $11\ C_{1\text{оп}} = \phi 25,6_{-0,2}$ $C_{2\text{оп}} = \phi 1,0_{-0,087}$ глубиной $0,75 \pm 0,125$ . Проточить канавку $10$                            |    |                       |      |                                      |                  |  |              |  |                       |       |     |    |    |      |    |     |     |     |        |  |  |  |  |
| О 05  | $D = \phi 24_{-0,52}$ $l = 15 \pm 0,125$ .  |    |                       |      |                                      |                  |  |              |  |                       |       |     |    |    |      |    |     |     |     |        |  |  |  |  |
| Т 06  | Токарный трехшпиндельный поводковый патрон с плавающим центром диаметром $200$ мм, центр вращающийся с конусом Морзе №5. Резец канавочный QFKD2020R13-60L с   |    |                       |      |                                      |                  |  |              |  |                       |       |     |    |    |      |    |     |     |     |        |  |  |  |  |
| Т 07  | пластиной QCMBO60008A-MT CA5220 для отрезки и точения канавок. SDJCL2020K11 резец для наружного точения. Пластина DNM615061Z-R2 BC35HT. Резец токарный  |    |                       |      |                                      |                  |  |              |  |                       |       |     |    |    |      |    |     |     |     |        |  |  |  |  |
| Т 08  | проходной сборный с механическим креплением для наружного точения WWLNR2020M08 Пластина WNM6060404-6M IP4.325 из сплава - IP4.325. 28543 Штангенциркуль ШЦ-1  |    |                       |      |                                      |                  |  |              |  |                       |       |     |    |    |      |    |     |     |     |        |  |  |  |  |
| Т 09  | ГОСТ 166-80. Калибр-скода ГОСТ 18355-73.  |    |                       |      |                                      |                  |  |              |  |                       |       |     |    |    |      |    |     |     |     |        |  |  |  |  |
| 10    |   |    |                       |      |                                      |                  |  |              |  |                       |       |     |    |    |      |    |     |     |     |        |  |  |  |  |
| А 11  | 040   |    | Координатно-расточная |      |                                      |                  |  | ИОТ 021-2019 |  |                       |       |     |    |    |      |    |     |     |     |        |  |  |  |  |
| Б 12  |   |    |                       |      | Координатно-расточный станок СКР 40С |                  |  |              |  | 1                     | 16045 | 422 | 1  | 1  | 1    | 1  | 146 | 1   | 14  | 10,904 |  |  |  |  |
| О 13  | Сверлить, для последующей обработки отверстий $2, 3, 4, 27$ , центровочные отверстия $\phi 3,15$ согласно чертежу. Сверлить три отверстия $3\ C_1 = \phi 12_{-0,18}$ диаметр оси $C_2 = \phi 50 \pm 0,1$ .  |    |                       |      |                                      |                  |  |              |  |                       |       |     |    |    |      |    |     |     |     |        |  |  |  |  |
| О 14  | Угол между осями $60^\circ$ . Развернуть отверстия $3\ C_3 = \phi 12,5_{-0,07}$ диаметр оси $C_2 = \phi 50 \pm 0,1$ . Угол между осями $60^\circ$ . Сверлить три комбинированных отверстия $12, 17\ D_4 = \phi 6,6_{-0,3}$  |    |                       |      |                                      |                  |  |              |  |                       |       |     |    |    |      |    |     |     |     |        |  |  |  |  |
| О 15  | $C_5 = \phi 1_{-0,07}$ выдерживая размер $l_1 = 6,6 \pm 0,18$ , на делительном диаметре $C_6 = \phi 85 \pm 0,15$ межосевой угол $60^\circ$ со смещением от оси отверстий $3$ на $30^\circ$ на лево.   |    |                       |      |                                      |                  |  |              |  |                       |       |     |    |    |      |    |     |     |     |        |  |  |  |  |
| О 16  | Сверлить два 2 отверстия $C_7 = \phi 5_{-0,1}$ на делительном диаметре $C_6 = \phi 85 \pm 0,15$ межосевой угол $180^\circ$ со смещением от оси отверстий $3$ на $15^\circ$ на право.  |    |                       |      |                                      |                  |  |              |  |                       |       |     |    |    |      |    |     |     |     |        |  |  |  |  |
| О 17  | Нарезать резьбы М6Н7 в отверстиях $C_7 = \phi 5_{-0,1}$ . Сверлить отверстие $27\ C_8 = \phi 9,2_{-0,5}$ на расстоянии от продольной оси детали $l_2 = 25 \pm 0,02$ , со смещением от оси   |    |                       |      |                                      |                  |  |              |  |                       |       |     |    |    |      |    |     |     |     |        |  |  |  |  |
| О 18  | отверстия $3$ на $15^\circ$ на лево. Зенкеровать отверстие $27\ C_8 = \phi 9,2_{-0,058}$ Сверлить отверстие $4\ C_9 = \phi 9,2_{-0,5}$ на расстоянии от продольной оси детали $l_2 = 52 \pm 0,02$ .   |    |                       |      |                                      |                  |  |              |  |                       |       |     |    |    |      |    |     |     |     |        |  |  |  |  |
| МК    |   |    |                       |      |                                      |                  |  |              |  |                       |       |     |    |    |      |    |     |     |     |        |  |  |  |  |

## Продолжение Приложения А

### Таблица А1 - Маршрутные карты

ГОСТ 3.1116-82 Форма 10

| ГОСТ 3.1116-82 Форма 10 |     |     |    |      |  |                       |  |  |                 |       |    |     |     |     |     |     |     |      |      |
|-------------------------|-----|-----|----|------|--|-----------------------|--|--|-----------------|-------|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|------|
| Дубль                   |     |     |    |      |  |                       |  |  |                 |       |    |     |     |     |     |     |     |      |      |
| Взам.                   |     |     |    |      |  |                       |  |  |                 |       |    |     |     |     |     |     |     |      |      |
| План                    |     |     |    |      |  |                       |  |  |                 |       |    |     |     |     |     |     |     |      |      |
|                         |     |     |    |      |  |                       |  |  |                 |       |    |     |     |     |     |     |     |      |      |
|                         |     |     |    |      |  |                       |  |  |                 |       |    |     |     |     |     |     |     |      |      |
| А                       | Цех | Уч. | РМ | Опер | Код, наименование операции   | Обозначение документа |  |  |                 |       |    |     |     |     |     |     |     |      |      |
| Б                       |     |     |    |      | Код, наименование оборудования   |                       |  |  | СМ              | Проф. | Р. | УТ. | КР. | Код | ЕН. | ОП. | КВ. | Т.В. | Т.В. |
| К                       |     |     |    |      | Наименование детали, сд. единицы или материала   |                       |  |  | Обозначение код |       |    |     |     |     |     |     |     |      |      |
|                         |     |     |    |      |  |                       |  |  |                 |       |    |     |     |     |     |     |     |      |      |
| О 01                    |     |     |    |      | со смещением от оси отверстия 27 на 192 <sup>±</sup> 30 <sup>±</sup> . Зенкеровать отверстие 27 С <sub>в</sub> = φ9,8 <sup>-0,056</sup> .  |                       |  |  |                 |       |    |     |     |     |     |     |     |      |      |
| Т 02                    |     |     |    |      | Приспособление для базирования с пневмоприводом ГОСТ 3101510;-9С. Сверла 230;-3787 А1 ГОСТ 10903 - 77. Развертка 2-12,5 Н10 ГОСТ 1672- 2016  |                       |  |  |                 |       |    |     |     |     |     |     |     |      |      |
| Т 03                    |     |     |    |      | Сверла, комбинированное диаметром 11 мм Сверла спиральное 230С-0174 ГОСТ 10902-77. Мечик машинный М6 262,-1155 ГОСТ 3266-81 Сверла 230;-3575 А1 ГОСТ 10903-77.                               |                       |  |  |                 |       |    |     |     |     |     |     |     |      |      |
| Т 04                    |     |     |    |      | Зенкер 232С-2555 ГОСТ 12485-71. Калибр-пробка 12,5Н10 Пр. Не. ГОСТ 1481С-69 Калибр-пробка 9,8Н10 Пр. Не. ГОСТ 1481С-65. Калибр резьбовой М5Н7 Пр. Не 2499Г-2004                              |                       |  |  |                 |       |    |     |     |     |     |     |     |      |      |
| 05                      |     |     |    |      | Шаблон спец.   |                       |  |  |                 |       |    |     |     |     |     |     |     |      |      |
| А 06                    |     |     |    | 050  | Термообработка   |                       |  |  |                 |       |    |     |     |     |     |     |     |      |      |
| 07                      |     |     |    |      |  |                       |  |  |                 |       |    |     |     |     |     |     |     |      |      |
| А 08                    |     |     |    | 060  | Контрольная  |                       |  |  |                 |       |    |     |     |     |     |     |     |      |      |
| 09                      |     |     |    |      |  |                       |  |  |                 |       |    |     |     |     |     |     |     |      |      |
| А 10                    |     |     |    | 070  | Шлифовальная черновая  |                       |  |  |                 |       |    |     |     |     |     |     |     |      |      |
| Б 11                    |     |     |    |      | универсальный круглошлифовальный   |                       |  |  |                 |       |    |     |     |     |     |     |     |      |      |
| 12                      |     |     |    |      | станок ОШ-525Ф3 с ЧПУ  |                       |  |  |                 |       |    |     |     |     |     |     |     |      |      |
| О 13                    |     |     |    |      | Шлифовать коническую поверхность 7 до С <sub>тп</sub> = φ 18,11 - 0,022. Шлифовать торец 13 выдерживая размеры 16,3±0,215 69±0,37. Шлифовать поверхность 9 до размера 25,1 <sup>-0,033</sup> |                       |  |  |                 |       |    |     |     |     |     |     |     |      |      |
| О 14                    |     |     |    |      | Шлифовать поверхность 1 до размера 125,14 <sup>-0,063</sup> . Шлифовать торец 16 выдерживая размер 16,3±0,215. Шлифовать поверхность 20 до размера 28,16 <sup>-0,02</sup> .                  |                       |  |  |                 |       |    |     |     |     |     |     |     |      |      |
| Т 15                    |     |     |    |      | Патрон поводковый с плавающим центром. Конус центра № 4 по ГОСТ 1321-67. Круг шлифовальный 500x203x50 25А F40 N 5 V 35 м/с 2кл ГОСТ Р 52781-2007.  |                       |  |  |                 |       |    |     |     |     |     |     |     |      |      |
| Т 16                    |     |     |    |      | Калибр-скоба 25,1±0,8 Пр Не ГОСТ 18355-73. Калибр-скоба 26,16±0,7 Пр Не ГОСТ 18355-73. Калибр-скоба 25,14±0,8 Пр Не ГОСТ 18355-73. Калибр-штулка ГОСТ 24932-81                               |                       |  |  |                 |       |    |     |     |     |     |     |     |      |      |
| Т 17                    |     |     |    |      | Микрометр 25-50, Микрометр 125-150, Шаблон спец.   |                       |  |  |                 |       |    |     |     |     |     |     |     |      |      |
| 18                      |     |     |    |      |  |                       |  |  |                 |       |    |     |     |     |     |     |     |      |      |
| МК                      |     |     |    |      |  |                       |  |  |                 |       |    |     |     |     |     |     |     |      |      |

## Продолжение Приложения А

### Таблица А1 - Маршрутные карты

ГОСТ 3.116-82 Форма 18

| Двух<br>Взам<br>Подп |  |     |    |      |                            |   |      |   |    |                       |              |    |    |    |                  |                 |
|----------------------|--|-----|----|------|----------------------------|---|------|---|----|-----------------------|--------------|----|----|----|------------------|-----------------|
|                      |  |     |    |      |                            |   |      |   |    |                       |              |    |    |    |                  |                 |
| А                    | Цех  | Уч. | РМ | Опер | Код, наименование операции |   |      |   |    | Обозначение документа |              |    |    |    |                  |                 |
| Б                    | Код, наименование оборудования                 |     |    |      |                            | СМ  | Проф | Р | УТ | КР                    | Код          | ЕН | ВЛ | Кф | Т <sub>из</sub>  | Т <sub>вс</sub> |
| К                    | Наименование детали, сб. единицы или материала |     |    |      |                            | Обозначение, код  |      |   |    |                       | АП           | ЕВ | ЕН | КИ | Н <sub>тех</sub> |                 |
| 01                   |  |     |    |      | 080                        | Шлифовальная чистовая   |      |   |    |                       | ИОТ 021-2019 |    |    |    |                  |                 |
| А 02                 |  |     |    |      |                            |   |      |   |    |                       |              |    |    |    |                  |                 |
| Б 03                 |  |     |    |      |                            |   |      |   |    |                       |              |    |    |    |                  |                 |
| О 04                 |  |     |    |      |                            | Шлифовать коническую поверхность 7 до $S_{\text{пл}} = \phi 16-0,008$ . Шлифовать поверхность 9 до размера 25-0,013                                 |      |   |    |                       |              |    |    |    |                  |                 |
| О 05                 |  |     |    |      |                            | Шлифовать поверхность 1 до размера 125-0,025. Шлифовать торец 16 выдерживая размер 16±0,215. Шлифовать поверхность 20 до размера 26-0,005.          |      |   |    |                       |              |    |    |    |                  |                 |
| Т 06                 |  |     |    |      |                            | Патрон поводковый с плавающим центром. Канцус центра № 4 по ГОСТ 1321-67. Круг шлифовальный 500x203x50 25A F40 N 5 V 35 м/с 2кл. ГОСТ Р 52781-2007. |      |   |    |                       |              |    |    |    |                  |                 |
| Т 07                 |  |     |    |      |                            | Калибр-скоба 25х6 Пр Не ГОСТ 18355-73. Калибр-скоба 26х5 Пр Не ГОСТ 18355-73. Калибр-скоба 25х6 Пр Не ГОСТ 18355-73. Калибр-штулка ГОСТ 24932-61    |      |   |    |                       |              |    |    |    |                  |                 |
| Т 08                 |  |     |    |      |                            | Микрометр 25-50, Микрометр 125-150, Шаблон спец.  |      |   |    |                       |              |    |    |    |                  |                 |
| 09                   |  |     |    |      |                            |   |      |   |    |                       |              |    |    |    |                  |                 |
| А 10                 |  |     |    |      | 050                        | Координатно-расточная   |      |   |    |                       | ИОТ 021-2019 |    |    |    |                  |                 |
| Б 11                 |  |     |    |      |                            |   |      |   |    |                       |              |    |    |    |                  |                 |
| О 12                 |  |     |    |      |                            | Развернуть отверстие 27 до размера 10-0,01. Развернуть отверстие 4 до размера 10/6,   |      |   |    |                       |              |    |    |    |                  |                 |
| Т 13                 |  |     |    |      |                            | Приспособление для базирования с пневмоприводом ГОСТ 3101510.-90. Развёртка 2-10 Н7 ГОСТ 1672- 2016. Развёртка 2-10 f8 ГОСТ 1672- 2016              |      |   |    |                       |              |    |    |    |                  |                 |
| Т 14                 |  |     |    |      |                            | Калибр-пробка 10Н7 Пр, Не. ГОСТ 14810-69 Калибр-пробка 10f8 Пр, Не. ГОСТ 14810-69   |      |   |    |                       |              |    |    |    |                  |                 |
| 15                   |  |     |    |      |                            |   |      |   |    |                       |              |    |    |    |                  |                 |
| А 16                 |  |     |    |      | 100                        | Слесарная   |      |   |    |                       | ИОТ 021-2019 |    |    |    |                  |                 |
| Б 17                 |  |     |    |      |                            | Электрохимический станок для удаления заусенец Sk-ЕСМ4500   |      |   |    |                       |              |    |    |    |                  |                 |
| 18                   |  |     |    |      |                            |   |      |   |    |                       |              |    |    |    |                  |                 |
| МК                   |  |     |    |      |                            |   |      |   |    |                       |              |    |    |    |                  |                 |

## Продолжение Приложения А

### Таблица А1 - Маршрутные карты

ГОСТ 3.1116-82 Форма 15

| Двдл | Взам | Лодл | Код | Наименование операции | Обозначение документа                          | СМ            | Проф | Р. | У.Т. | К.Р. | Конт. | ЕН | О.Л. | К.м. | Т.м. | Т.м. |
|------|------|------|-----|-----------------------|--|---------------|------|----|------|------|-------|----|------|------|------|------|
| А    | Шек  | Уч.  | РМ  | Опер                  | Код, наименование операции                     | СМ            | Проф | Р. | У.Т. | К.Р. | Конт. | ЕН | О.Л. | К.м. | Т.м. | Т.м. |
| Б    | Шек  | Уч.  | РМ  | Опер                  | Код, наименование оборудования                 | СМ            | Проф | Р. | У.Т. | К.Р. | Конт. | ЕН | О.Л. | К.м. | Т.м. | Т.м. |
| К    | Шек  | Уч.  | РМ  | Опер                  | Наименование детали, ст. единицы или материала | СМ            | Проф | Р. | У.Т. | К.Р. | Конт. | ЕН | О.Л. | К.м. | Т.м. | Т.м. |
| А 01 |      |      |     |                       | 110 Маечная                                    | ИОТ 021- 2019 |      |    |      |      |       |    |      |      |      |      |
| Б 02 |      |      |     |                       | Камерная маечная машина                        |               |      |    |      |      |       |    |      |      |      |      |
| 03   |      |      |     |                       |  |               |      |    |      |      |       |    |      |      |      |      |
| А 04 |      |      |     |                       | 120 Контрольная                                | ИОТ 026-2019  |      |    |      |      |       |    |      |      |      |      |
| Б 05 |      |      |     |                       | Участок технического контроля                  |               |      |    |      |      |       |    |      |      |      |      |
| 06   |      |      |     |                       |  |               |      |    |      |      |       |    |      |      |      |      |
| 07   |      |      |     |                       |  |               |      |    |      |      |       |    |      |      |      |      |
| 08   |      |      |     |                       |  |               |      |    |      |      |       |    |      |      |      |      |
| 09   |      |      |     |                       |  |               |      |    |      |      |       |    |      |      |      |      |
| 10   |      |      |     |                       |  |               |      |    |      |      |       |    |      |      |      |      |
| 11   |      |      |     |                       |  |               |      |    |      |      |       |    |      |      |      |      |
| 12   |      |      |     |                       |  |               |      |    |      |      |       |    |      |      |      |      |
| 13   |      |      |     |                       |  |               |      |    |      |      |       |    |      |      |      |      |
| 14   |      |      |     |                       |  |               |      |    |      |      |       |    |      |      |      |      |
| 15   |      |      |     |                       |  |               |      |    |      |      |       |    |      |      |      |      |
| 16   |      |      |     |                       |  |               |      |    |      |      |       |    |      |      |      |      |
| 17   |      |      |     |                       |  |               |      |    |      |      |       |    |      |      |      |      |
| 18   |      |      |     |                       |  |               |      |    |      |      |       |    |      |      |      |      |
| МК   |      |      |     |                       |  |               |      |    |      |      |       |    |      |      |      |      |

## Приложение Б.

### Операционные карты операции 020 и карты эскизов

Таблица Б1 - Операционные карты операции 020 и карты эскизов

ГОСТ 3.14.16-82 Форма 3

| Дубль                        |   |  |       |                       |     |                |                |                 |                 |                   |                |                |         |      |
|------------------------------|---|--|-------|-----------------------|-----|----------------|----------------|-----------------|-----------------|-------------------|----------------|----------------|---------|------|
| Взам                         |   |  |       |                       |     |                |                |                 |                 |                   |                |                |         |      |
| Подп                         |   |  |       |                       |     |                |                |                 |                 |                   |                |                |         |      |
|                              |   |  |       |                       |     |                |                |                 |                 | Изм               | Лист           | № Докум        | Подпись | Дата |
|                              |   |  |       |                       |     |                |                |                 |                 |                   |                |                | 1       | 4    |
| Разработ                     | Барабанский В И   |  |       |                       |     |                |                | ТГУ             |                 | ТМ                |                |                |         |      |
| Провер                       |   |  |       |                       |     |                |                |                 |                 |                   |                |                |         |      |
| Принят                       |   |  |       |                       |     |                |                |                 |                 |                   |                |                |         |      |
| Утвержд                      |   |  |       |                       |     |                |                |                 |                 |                   |                |                |         |      |
| И контро                     |   |  |       |                       |     |                |                |                 |                 |                   |                | 020            |         |      |
| Наименование операции        |   |  |       | Материал              |     | Твердость      |                | Е.В.            | М.Д.            | Профиль и размеры |                | М.Э            | КОМД    |      |
| Токарная                     |   |  |       | Сталь 15ХГН           |     | 217 НВ         |                | 166             | 1,98            | 130,6x158,6       |                | 2,83           | 1       |      |
| Оборудование, устройство ЧПУ |   |  |       | Обозначение программы |     | Т <sub>в</sub> | Т <sub>н</sub> | Т <sub>гз</sub> | Т <sub>гт</sub> | СОЖ               |                |                |         |      |
| Токарный центр SBL 500 CNC   |   |  |       |                       |     | 1,085          | 1,806          | 13              | 2,88            | 5% эмульсия       |                |                |         |      |
| Р                            | ПИ  |  |       | Д или В               | L   | f              | i              | S               | n               | V                 | T <sub>в</sub> | T <sub>н</sub> |         |      |
| 01                           | При выполнении операции соблюдать инструкция по ИОТ 021-2019  |  |       |                       |     |                |                |                 |                 |                   |                |                |         |      |
| 02                           | 1. Установить заготовку в патроне, выверить и закрепить   |  |       |                       |     |                |                |                 |                 |                   |                |                |         |      |
| 03                           | Токарный гидравлический патрон диаметром 170 мм с проходным отверстием 43 мм, максимальной частотой вращения 4000 об/мин                          |  |       |                       |     |                |                |                 |                 |                   |                |                |         |      |
| 04                           |   |  |       |                       |     |                |                |                 |                 |                   |                |                |         |      |
| 05                           | Подрезать торец б за один на проход в размер l=156,5±0,5 соблюдая размер И = 66.7±0,37,   |  |       |                       |     |                |                |                 |                 |                   |                |                |         |      |
| 06                           | Резец токарный проходной сборный с механическим креплением для наружного точения SSSCL2020M12, пластина для точения SCMT120406-TP IABOM           |  |       |                       |     |                |                |                 |                 |                   |                |                |         |      |
| 07                           | Штангенциркуль ШЦ-2-250 ГОСТ 166-80   |  |       |                       |     |                |                |                 |                 |                   |                |                |         |      |
| 08                           |   |  | 130,6 | 158,6                 | 2,5 | ±2             | 0,4            | 1000            | 72,2            | 0,434             | 0,0355         |                |         |      |
| 09                           |   |  |       |                       |     |                |                |                 |                 |                   |                |                |         |      |
| 10                           | Сверлить центровочное отверстие 5 φ 3,15  |  |       |                       |     |                |                |                 |                 |                   |                |                |         |      |
| 11                           | ФЗ-МКЗ Держатель VD, МТА5-APL13 сверильный саможимной патрон с конусом Морзе №3 с упоркой, сверло центровочное 2311-0118 Тип А P6M5 ГОСТ 14952-75 |  |       |                       |     |                |                |                 |                 |                   |                |                |         |      |
| 12                           | Штангенциркуль ШЦ-2-250 ГОСТ 166-80   |  |       |                       |     |                |                |                 |                 |                   |                |                |         |      |
| 13                           |   |  | 130,6 | 158,6                 | 5   | ±8,5           | 0,1            | 500             | 15,7            | 0,434             | 0,1755         |                |         |      |
| 14                           |   |  |       |                       |     |                |                |                 |                 |                   |                |                |         |      |
| 15                           | Переустановить заготовку другой стороной в патроне, выверить и закрепить  |  |       |                       |     |                |                |                 |                 |                   |                |                |         |      |
| О.К                          |   |  |       |                       |     |                |                |                 |                 |                   |                |                |         |      |









## Продолжение Приложения Б

### Продолжение Таблицы Б1 - Операционные карты операции 020 и карты эскизов

|  |                 |     |      | ГОСТ 3.1103-84 Форма 7      |         |      |   |  |
|--|-----------------|-----|------|-----------------------------|---------|------|---|--|
| Дуфт   | Взам            | Изм | Лист | № Докум                     | Подпись | Дата |   |  |
|  |                 |     |      |                             |         | 2    | 2 |  |
| Разработ   | Барановский В И |     |      |                             |         |      |   |  |
| Провер   |                 |     |      |                             |         |      |   |  |
| Принят   |                 |     |      |                             |         |      |   |  |
| Утверд   |                 |     |      |                             |         |      |   |  |
| И контр  |                 |     |      |                             |         |      |   |  |
| ТГУ кафедры ТМ   |                 |     |      | Оправка многофункциональная |         |      |   |  |
| <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;"> <p>Установ Б</p> </div> <div style="text-align: center;"> <p><math>\sqrt{Ra\ 6,3}</math></p> <p>A(2:1)</p> </div> </div> |                 |     |      |                             |         |      |   |  |
| К.Э  |                 |     |      |                             |         |      |   |  |