

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

УТВЕРЖДАЮ

И.о. зав. кафедрой _____ А.В.Бобровский

«__» _____ 2016 г.

ЗАДАНИЕ

на выполнение выпускной квалификационной работы

(уровень бакалавра)

направление подготовки 15.03.05 «Конструкторско-технологическое обеспечение

машиностроительных производств»

профиль «Технология машиностроения»

Студент Канаева Елена Николаевна гр. ТМбз-1101

1. Тема Технологический процесс изготовления промежуточного вала-шестерни редуктора лебедки

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

3. Исходные данные к выпускной квалификационной работе годовая программа выпуска 6000 шт в год; режим работы участка – двухсменный

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

Титульный лист.

Задание. Аннотация. Содержание.

Введение, цель работы

1) Описание исходных данных

2) Технологическая часть работы

3) Проектирование приспособления и режущего инструмента

4) Безопасность и экологичность технического объекта

5) Экономическая эффективность работы

Заключение. Список использованных источников.

Приложения: технологическая документация

АННОТАЦИЯ

Канаева Е.Н. Технологический процесс изготовления промежуточного вала-шестерни редуктора лебедки. Кафедра: Оборудование и технологии машиностроительного производства. ТГУ Тольятти, 2016 г.

В данной выпускной квалификационной работе рассматриваются вопросы проектирования технологического процесса изготовления промежуточного вала-шестерни редуктора лебедки.

В первом разделе производится описание исходных данных.

Во втором разделе производится выбор метода получения заготовки, выбор методов обработки поверхностей, расчет припусков на обработку, проектирование заготовки, разработка технологического маршрута и плана изготовления, выбор средств технологического оснащения и проектирование технологических операций.

В третьем разделе производится проектирование станочного приспособления и режущего инструмента.

В четвертом разделе оценивается безопасность и экологичность технического объекта.

В пятом разделе выполняется расчет экономической эффективности работы.

СОДЕРЖАНИЕ

| | |
|---|----|
| Введение, цель работы..... | 6 |
| 1 Описание исходных данных..... | 7 |
| 1.1 Описание служебного назначения детали и условий работы..... | 7 |
| 1.2 Описание технологичности детали..... | 7 |
| 1.3 Задачи выпускной квалификационной работы..... | 10 |
| 2 Технологическая часть работы..... | 11 |
| 2.1 Стратегия разработки технологического процесса..... | 11 |
| 2.2 Экономическое обоснование выбора метода получения заготовки..... | 12 |
| 2.3 Выбор методов обработки поверхностей..... | 15 |
| 2.4 Определение припусков на обработку..... | 17 |
| 2.5 Проектирование заготовки..... | 21 |
| 2.6 Разработка технологического маршрута..... | 22 |
| 2.7 Выбор средств технологического оснащения..... | 23 |
| 2.8 План изготовления детали..... | 28 |
| 2.9 Проектирование технологических операций..... | 28 |
| 3 Проектирование приспособления и режущего инструмента..... | 34 |
| 3.1 Проектирование приспособления..... | 34 |
| 3.2 Проектирование режущего инструмента..... | 41 |
| 4 Безопасность и экологичность технического объекта..... | 44 |
| 4.1 Конструктивно-технологическая характеристика объекта..... | 44 |
| 4.2 Идентификация производственно-технологических и эксплуатационных профессиональных рисков..... | 45 |
| 4.3 Методы и технические средства снижения профессиональных рисков..... | 49 |
| 4.4 Обеспечение пожарной и техногенной безопасности рассматриваемого технического объекта..... | 53 |
| 4.5 Обеспечение экологической безопасности рассматриваемого технического объекта..... | 57 |
| 4.6 Заключение по разделу «Безопасность и экологичность технического объекта»..... | 60 |

| | |
|---|----|
| 5 Экономическая эффективность работы..... | 62 |
| Заключение..... | 67 |
| Список использованных источников..... | 68 |
| Приложения..... | 71 |

ВВЕДЕНИЕ, ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Лебедки являются простейшим средством механизации, и нашли самое широкое применение в строительстве вследствие простоты использования, надежности и неприхотливости. Они достаточно дешевы и могут быть использованы практически любым персоналом без долговременной подготовки. При этом лебедки обладают достаточной грузоподъемностью и могут быть использованы для поднятия грузов массой до нескольких тонн.

Основным требованиям к лебедкам являются их габариты. В связи с этим их редуктора не сложные по кинематике, но имеют в своем составе достаточно сложные по геометрии детали, что объясняется необходимостью выдерживать заданные габариты и вес. Рассматриваемый в данной выпускной квалификационной работе вал-шестерня является одной из деталей редуктора лебедки.

Целью данной работы будет проектирование технологического процесса изготовления обеспечивающий выпуск вала-шестерни заданного качества, в количестве 6000 штук в год и с наименьшими затратами.

1 Описание исходных данных

1.1 Описание служебного назначения детали и условий работы

Основным служебным назначением данного вала-шестерни является передача крутящего момента от вала электродвигателя исполнительному механизму.

Крутящий момент передается посредством боковых поверхностей шлиц и боковых поверхностей шестерни выполненной заодно с валом.

В редукторе вал-шестерня устанавливается в корпусе на двух шарикоподшипниках посаженных на шейки. Работа происходит в условиях нормальной смазки, т.к. вал находится в масляной ванне.

Условия работы во многом зависят от того где именно применяется лебедка. Так как возможны значительные перепады температур при эксплуатации и значительные рабочие нагрузки, то условия работы можно охарактеризовать как умеренно агрессивные.

1.2 Описание технологичности детали

Данный пункт проводим для выявления возможности снижения себестоимости обработки детали, путем возможного устранения не технологичных элементов.

Рассматривать будем на технологичность следующие элементы [1]: материал детали, конструкцию детали, заготовку, обрабатываемые поверхности, базирование и закрепление.

Химический состав и физико-механические свойства легированной стали 12ХНЗА ГОСТ4543-71 согласно данных [2] приведены в таблицах 1.1 и 1.2.

Таблица 1.1 - Химический состав стали 12ХНЗА

| Элемент | С | S | P | Cu | Cr | Mn | Si | Ni |
|---------------|---------------|----------|-------|-----|-------------|-------------|---------------|---------------|
| | | Не более | | | | | | |
| Содержание, % | 0,09- 0,16 | 0,025 | 0,025 | 0,3 | 0,6- 0,9 | 0,3- 0,6 | 0,17- 0,37 | 2,75- 3,15 |

Таблица 1.2 - Механические свойства

| σ_{02} | σ_B | δ | Ψ | НВ |
|---------------|------------|----------|--------|---------|
| МПа | МПа | % | % | |
| 590 | 690 | 11 | 55 | 200-220 |

Вал-шестерня работает в условиях высоких скоростей, переменной нагрузки, испытывает ударные нагрузки, поэтому конструктором вполне оправданно заложен данный материал.

Поверхности детали имеют качества, степени точности и шероховатости, соответствующие их служебному назначению. Максимальное значение качества 6, шероховатости 1,25 мкм. Это достаточно жесткие требования, выполнение которых потребует большого числа технологических переходов и применения дорогостоящих отделочных операций, но их изменение невозможно, т.к. изменятся эксплуатационные характеристики вала-шестерни.

Проанализируем служебное назначение поверхностей детали, что бы понять какие из поверхностей имеют решающее значение в ее конструкции.

На рисунке 1.1 представлен эскиз детали с пронумерованными поверхностями, а в таблице 1.3 их классификация согласно служебного назначения [1, 3].

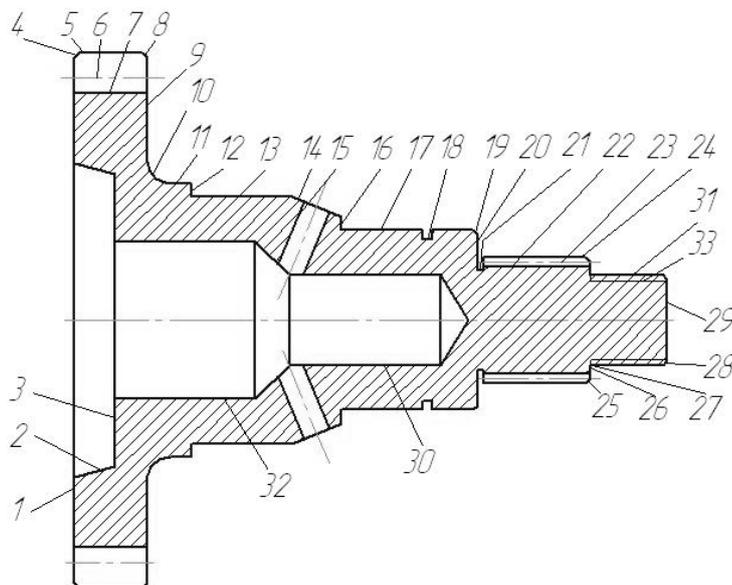


Рисунок 1.1 – Эскиз детали

Таблица 1.3 - Классификация поверхностей детали по служебному назначению

| № | Вид поверхностей | Номера поверхностей |
|---|--------------------------------------|---------------------|
| 1 | Исполнительные | 6, 23, 33 |
| 2 | Основные конструкторские базы | 12, 13, 17 |
| 3 | Вспомогательные конструкторские базы | 16, 23 |
| 4 | Свободные | остальные |

Все размеры детали соответствуют нормальному ряду чисел, конструктивные элементы стандартизированы, доступ ко всем поверхностям свободный. С точки зрения применения стандартных средств технологического оснащения это значительно облегчит обработку поверхностей и снизит ее стоимость.

Заготовку рассматриваемой детали исходя из формы детали, материала и типа производства целесообразно получать обработкой давлением: ковкой или штамповкой. Единственным минусом является невозможность получения заданной точности поверхностей на заготовительной операции даже для свободных поверхностей. Поэтому механической обработке придется подвергнуть все поверхности.

Технологичность базирования и закрепления детали характеризуется наличием опорных поверхностей, совпадением технологической и измерительной баз, точностью и шероховатостью базовых поверхностей.

Анализируя конструкцию детали с точки зрения этих критериев, выясняем, что в качестве черновых баз можно использовать наружные поверхности шеек и торцы. Задание размеров детали от базовых поверхностей позволяют использовать измерительные базы в качестве технологических, сведя к нулю погрешности базирования при установке заготовки в приспособлении.

Из проведенного анализа можно сделать заключение о том, что конструкция вала-шестерни является технологичной, и вносить в нее изменения

не следует.

1.3 Задачи выпускной квалификационной работы

Из проведенного выше анализа и поставленной во введении цели работы можно сформулировать следующие задачи:

1) для того чтобы обеспечить условия создания оптимальных форм детали, следует применить определенные технологические методы изготовления и обработки заготовок;

2) способ получения заготовки следует принимать из того, чтобы форма и размеры максимально приближались к форме и размерам готового изделия, при этом следует учитывать материал, технические требования, программу выпуска, а также экономичность изготовления;

3) спроектировать технологический процесс, который позволял бы производить обработку деталей, с учетом типа производства;

4) спроектировать в случае необходимости специальные средства технологического оснащения, для снижения себестоимости изготовления.

Решению этих задач посвящены последующие разделы данной работы.

2 Технологическая часть работы

2.1 Стратегия разработки технологического процесса

Данный пункт призван определить дальнейшую стратегию разработки технологического процесса с целью облегчения принятия правильных решений в процессе проектирования [4].

Для правильного выбора стратегии необходимо определить тип производства. Для этого воспользуемся упрощенной методикой [1], что допустимо на данном этапе проектирования.

В зависимости от массы детали равной 2,6 кг и программы выпуска в 6000 штук в год выбираем среднесерийный тип производства.

Выбранному типу производства соответствует переменнo-поточная форма организации техпроцесса, последовательная стратегия проектирования.

Выбор метода обработки производится по коэффициентам удельных затрат.

Незначительные припуски на обработку, определяемые табличным или расчетно-аналитическим методами

Технологический процесс разрабатывается в виде маршрутной и маршрутно-операционной технологии на базе типового техпроцесса.

При разработке технологических операций следует применять принцип концентрации операций.

Режимы резания определяются по общемашиностроительным нормативам, в обоснованных случаях по эмпирическим формулам.

Нормирование выполняется на основе опытно-статистических норм, в отдельных случаях пооперационно.

Технологическая документация – маршрутно-операционные карты.

Обеспечение точности методом работы на настроенном оборудовании.

При выборе средств технологического оснащения следует отдавать предпочтение универсальному и оснащенному числовым программным управлением оборудованию, универсальным и стандартным приспособлениям, стандартным режущим инструментам и универсальным средствам контроля.

Оборудование на участке следует расставлять по группам станков.

2.2 Экономическое обоснование выбора метода получения заготовки

Выбор заготовки многофакторная задача, упрощенное решение которой находят путем минимизации себестоимости нескольких вариантов предварительно приближенных способов получения изделия из различных видов заготовок, включая и стоимость заготовки.

Как отмечалось ранее в силу конструкции детали, материала и области ее применения, а так же исходя из годовой программы выпуска, выберем между двух способов получения заготовки штамповка на кривошипном горячештамповочном прессе и ковка. Для этого используем методику и справочные данные [5]

Сравним общие затраты на получение детали:

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

где C_i - общие затраты;

C_{3i} - затраты на получение заготовки;

$C_{ОБР.i}$ - затраты на обработку;

i - номер варианта получения заготовки.

$i = 1$ - штамповка, $i = 2$ - ковка.

Стоимость заготовки:

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

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

где $Ц_{Мi}$ - цена за тонну металла;

$M_{зi}$ – масса заготовки;

$M_{дi}$ – масса детали;

$K_{им}$ – коэффициент использования металла;

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

$K_{т}$ – коэффициент, учитывающий точность заготовки;

$K_{сл}$ – коэффициент, учитывающий сложность заготовки.

Масса детали:

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

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

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

ρ – плотность материала.

$$M_{д} = \left(\frac{\pi}{4} (11,876^2 \cdot 1,6 + 6,1^2 \cdot 1,0 + 5,5^2 \cdot 2,2 + 4,0^2 \cdot 4,0 + 2,8^2 \cdot 2,5 + 2,0^2 \cdot 1,7 - 2,0^2 \cdot 3,4 - 3,5^2 \cdot 3,85) - \frac{1}{3} \pi \cdot 0,9 \cdot (3,5^3 - 3,25^3) \right) \cdot 0,00786 = 2,6 \text{ кг.}$$

Масса заготовки полученной штамповкой:

$$M_{з1} = 0,785 \cdot (d_1^2 \cdot l_1 + d_2^2 \cdot l_2 + \dots) \cdot K_{шт} \cdot \rho \quad (2.5)$$

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

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

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

$$M_{з1} = \left(\frac{\pi}{4} (12,24^2 \cdot 1,9 + 6,4^2 \cdot 3,0 + 4,4^2 \cdot 2,94 + 3,1^2 \cdot 4,19) + \frac{1}{3} \pi \cdot 1,4 (3,2^3 - 2,2^3) \right) \cdot 1,05 \cdot 0,00786 = 3,5 \text{ кг.}$$

Масса заготовки полученной методомковки:

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

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

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

K_K – коэффициент, учитывающий уклоны, радиусы перехода.

Подставляя в формулу 2.6 конкретные значения получим $M_{32} = 3,9$ кг.

Определим коэффициент использования материала:

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

$$K_{ИМ1} = \frac{2,6}{3,5} = 0,74$$

$$K_{ИМ2} = \frac{2,6}{3,9} = 0,67$$

По формуле 2.2 определим стоимость заготовки для каждого метода:

$$C_{31} = \frac{27000 \cdot 3,5 \cdot 0,82 \cdot 1 \cdot 1}{1000} = 77,49 \text{ руб.}$$

$$C_{32} = \frac{27000 \cdot 3,9 \cdot 0,82 \cdot 1 \cdot 1,2}{1000} = 103,61 \text{ руб.}$$

Определим затраты на обработку для каждого метода.

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

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

K_O – коэффициент обрабатываемости материала.

Рассчитаем для каждого из вариантов:

$$C_{ОБР1} = \frac{40 \cdot \left(\frac{1}{0,74} - 1 \right) \cdot 3,5}{1,1} = 44,72 \text{ руб.}$$

$$C_{\text{ОБР2}} = \frac{40 \cdot \left(\frac{1}{0,67} - 1 \right) \cdot 3,9}{1,1} = 69,85 \text{ руб.}$$

По формуле 2.1 определим суммарные затраты C для каждого метода.

$$C_1 = 77,49 + 44,72 = 122,21 \text{ руб.}$$

$$C_2 = 103,61 + 69,85 = 173,46 \text{ руб.}$$

Из расчетов видно, что оптимальным методом получения заготовки является штамповка.

2.3 Выбора методов обработки поверхностей

Задача выполнения данного пункта заключается в выборе методов обработки поверхностей, позволяющих получить заданное качество поверхностей с наименьшими затратами. Для этого используем показатель минимальности коэффициентов удельных затрат [6]. Методы обработки поверхностей выбираем в зависимости от заданных квалитетов точности и шероховатости поверхностей. Результаты выбора для наглядности сводим в таблицу 2.1.

Таблица 2.1 - Методы обработки поверхностей

| № поверхности | Вид поверхности | Квалитет точности | Шероховатость | Последовательность обработки |
|---------------|-----------------|-------------------|---------------|------------------------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 1 | П | 14 | 12,5 | Т-Тч-ТО-Ш |
| 2 | КВ | 14 | 12,5 | Тч-ТО |
| 3 | П | 14 | 12,5 | Тч-ТО |
| 4 | К | 14 | 12,5 | Тч-ТО |
| 5 | Ц | 14 | 12,5 | Т-ТО |
| 6 | З | 8 ст.т. | 1,6 | ЗФ-Шв-ТО |
| 7 | Ц | 14 | 12,5 | ЗФ-ТО |
| 8 | К | 14 | 12,5 | Т-ТО |
| 9 | П | 14 | 12,5 | Т-ТО |

Продолжение табл. 2.1

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|----|----|----|------|--------------|
| 10 | Ц | 14 | 12,5 | Т-ТО |
| 11 | Ц | 14 | 12,5 | Т-ТО |
| 12 | П | 10 | 2,5 | Т-Тч-ТО-Ш-Шч |
| 13 | Ц | 6 | 1,25 | Т-Тч-ТО-Ш-Шч |
| 14 | К | 14 | 12,5 | Т-ТО |
| 15 | ЦВ | 14 | 12,5 | С-ТО |
| 16 | П | 10 | 2,5 | Т-Тч-ТО-Ш-Шч |
| 17 | Ц | 6 | 1,25 | Т-Тч-ТО-Ш-Шч |
| 18 | Ц | 14 | 12,5 | Тч-ТО |
| 19 | К | 14 | 12,5 | Т-ТО |
| 20 | П | 14 | 12,5 | Т-ТО |
| 21 | Ц | 14 | 12,5 | Тч-ТО |
| 22 | Ц | 14 | 12,5 | Д-ТО |
| 23 | Ш | 9 | 2,0 | Д-ТО |
| 24 | Ц | 12 | 6,3 | Т-Тч-ТО |
| 25 | К | 14 | 12,5 | Тч-ТО |
| 26 | П | 14 | 12,5 | Т-ТО |
| 27 | Ц | 14 | 12,5 | Т-ТО |
| 28 | К | 14 | 12,5 | Тч-ТО |
| 29 | П | 14 | 12,5 | Т-Тч-ТО |
| 30 | ЦВ | 14 | 12,5 | С-ТО |
| 31 | Ц | 14 | 12,5 | Т-Тч-ТО |
| 32 | ЦВ | 14 | 12,5 | С-ТО |
| 33 | Р | 6 | 3,2 | РФ-ТО |

Обозначения в таблице: П – плоская поверхность; ПВ – плоская внутренняя поверхность; Ц – цилиндрическая поверхность; ЦВ – цилиндрическая внутренняя поверхность; КВ – коническая внутренняя; З –

зубчатая поверхность; Ш – шлицевая поверхность; Р – резьбовая поверхность; Т – точение черновое; Тч – точение чистовое; Ш – шлифование; Шч – шлифование чистовое; С – сверление; ЗФ – зубофрезерование; Шв – шевингование; РФ – резьбофрезерование.

2.4 Определение припусков на обработку

Припуски согласно приведенных ранее рекомендаций могут быть определены табличным методом или расчетно-аналитическим.

Для самой точной поверхности $\varnothing 40js6(\pm 0,008)$ припуск определяем расчетно-аналитическим методом согласно рекомендаций [7].

Минимальное значение припуска:

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

где i - индекс данного перехода;

$i-1$ - индекс предыдущего перехода;

$i+1$ - индекс последующего перехода;

a - суммарная величина дефектного слоя;

Δ - суммарное отклонение формы и расположения поверхностей;

ε - погрешность установки заготовки в приспособлении.

$$Z_{1\min} = a_0 + \sqrt{\Delta_0^2 + \varepsilon_1^2} = 0,4 + \sqrt{0,4^2 + 0,025^2} = 0,801$$

$$Z_{2\min} = a_1 + \sqrt{\Delta_1^2 + \varepsilon_2^2} = 0,2 + \sqrt{0,063^2 + 0,025^2} = 0,268$$

$$Z_{3\min} = a_{TO} + \sqrt{\Delta_{TO}^2 + \varepsilon_3^2} = 0,025 + \sqrt{0,04^2 + 0,012^2} = 0,292$$

$$Z_{4\min} = a_3 + \sqrt{\Delta_3^2 + \varepsilon_4^2} = 0,05 + \sqrt{0,01^2 + 0,012^2} = 0,066$$

Максимальное значение припуска:

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

$$\begin{aligned}
Z_{1\max} &= Z_{1\min} + 0,5 \cdot (Td_0 + Td_1) = 0,801 + 0,5 \cdot (1,6 + 0,25) = 1,714 \\
Z_{2\max} &= Z_{2\min} + 0,5 \cdot (Td_1 + Td_2) = 0,268 + 0,5 \cdot (0,25 + 0,1) = 0,443 \\
Z_{3\max} &= Z_{3\min} + 0,5 \cdot (Td_{TO} + Td_3) = 0,292 + 0,5 \cdot (0,16 + 0,1) = 0,422 \\
Z_{4\max} &= Z_{4\min} + 0,5 \cdot (Td_3 + Td_4) = 0,066 + 0,5 \cdot (0,039 + 0,016) = 0,094
\end{aligned}$$

Среднее значение припуска:

$$Z_{cpi} = \frac{Z_{i\max} + Z_{i\min}}{2} \quad (2.11)$$

$$\begin{aligned}
Z_{cp1} &= \frac{Z_{1\max} + Z_{1\min}}{2} = \frac{0,801 + 1,714}{2} = 1,258 \\
Z_{cp2} &= \frac{Z_{2\max} + Z_{2\min}}{2} = \frac{0,443 + 0,268}{2} = 0,356 \\
Z_{cp3} &= \frac{Z_{3\max} + Z_{3\min}}{2} = \frac{0,422 + 0,292}{2} = 0,357 \\
Z_{cp4} &= \frac{Z_{4\max} + Z_{4\min}}{2} = \frac{0,094 + 0,066}{2} = 0,080
\end{aligned}$$

Определяем минимальный и максимальный диаметры:

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

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

Расчет начинаем с последнего перехода.

Так же следует учесть, маршрут содержит термообработку, поэтому необходимо учесть увеличение размеров при фазовых переходах. Тогда минимальный диаметр при термообработке равен:

$$d_{(TO-1)\min} = d_{(i-1)\min} \cdot 0,999 \quad (2.14)$$

$$\begin{aligned}
d_{4\max} &= 40,008 \\
d_{4\min} &= 39,992 \\
d_{3\min} &= d_{4\max} + 2 \cdot Z_{4\min} = 40,008 + 2 \cdot 0,066 = 40,140 \\
d_{3\max} &= d_{3\min} + Td_4 = 40,140 + 0,039 = 40,179 \\
d_{TO\min} &= d_{3\max} + 2 \cdot Z_{3\min} = 40,179 + 2 \cdot 0,292 = 41,219 \\
d_{TO\max} &= d_{TO\min} + Td_{TO} = 41,219 + 0,160 = 41,379 \\
d_{2\min} &= d_{TO\min} \cdot 0,999 = 41,219 \cdot 0,999 = 41,168 \\
d_{2\max} &= d_{2\min} + Td_2 = 41,168 + 0,100 = 41,268 \\
d_{1\min} &= d_{2\max} + 2 \cdot Z_{2\min} = 41,268 + 2 \cdot 0,268 = 41,804 \\
d_{1\max} &= d_{1\min} + Td_1 = 41,804 + 0,250 = 42,054 \\
d_{0\min} &= d_{1\max} + 2 \cdot Z_{1\min} = 42,054 + 2 \cdot 0,801 = 43,656 \\
d_{0\max} &= d_{0\min} + Td_0 = 43,656 + 1,600 = 45,256
\end{aligned}$$

Средние значения диаметров:

$$d_{icp} = \frac{d_{i\max} + d_{i\min}}{2} \quad (2.15)$$

$$\begin{aligned}
d_{cp0} &= \frac{d_{0\max} + d_{0\min}}{2} = \frac{45,256 + 43,656}{2} = 44,456 \\
d_{cp1} &= \frac{d_{1\max} + d_{1\min}}{2} = \frac{42,054 + 41,804}{2} = 41,929 \\
d_{cp2} &= \frac{d_{2\max} + d_{2\min}}{2} = \frac{41,268 + 41,168}{2} = 41,218 \\
d_{cpTO} &= \frac{d_{TO\max} + d_{TO\min}}{2} = \frac{41,379 + 41,219}{2} = 41,299 \\
d_{cp3} &= \frac{d_{3\max} + d_{3\min}}{2} = \frac{40,179 + 40,140}{2} = 40,160 \\
d_{cp4} &= \frac{d_{4\max} + d_{4\min}}{2} = \frac{40,008 + 39,992}{2} = 40,000
\end{aligned}$$

Общий припуск на обработку по формулам:

$$2Z_{\min} = d_{0\min} - d_{4\max}, \quad (2.16)$$

$$2Z_{\max} = 2Z_{\min} + Td_0 + Td_4, \quad (2.17)$$

$$2Z_{cp} = \frac{2Z_{min} + 2Z_{max}}{2}, \quad (2.18)$$

$$2Z_{min} = 43,656 - 40,008 = 3,648$$

$$2Z_{max} = 3,648 + 1,600 + 0,016 = 5,264$$

$$2Z_{cp} = \frac{3,648 + 5,264}{2} = 4,456$$

Проведенные расчеты позволили достаточно точно определить припуски на обработку самой точной поверхности, что необходимо для обеспечения заданных параметров ее качества.

Для оставшихся поверхностей припуски на обработку определяем согласно методики [8, 9] табличным методом.

Данный метод заключается в определении по таблицам минимального припуска и последующем расчете максимального по формуле:

$$Z_{imax} = Z_{imin} + 0,5 \cdot (Td_{i-1} + Td_i) \quad (2.19)$$

Для удобства дальнейшего использования полученной информации результаты оформим в виде таблицы 2.2.

Таблица 2.2 - Припуски на обработку

| № пов. | Наименование перехода | Минимальный припуск, Z_{min} | Максимальный припуск, Z_{max} |
|--------|-----------------------|--------------------------------|---------------------------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| 1 | Точение черновое | 1,0 | 2,475 |
| | Точение чистовое | 0,6 | 0,845 |
| | Шлифование | 0,4 | 0,497 |
| 6 | Шевингование | 0,12 | 0,19 |
| 12 | Точение черновое | 2,2 | 3,4 |
| | Точение чистовое | 1,2 | 1,347 |
| | Шлифование черновое | 0,5 | 0,559 |

Продолжение таблицы 2.2

| 1 | 2 | 3 | 4 |
|----|---------------------|-------|-------|
| 13 | Шлифование чистовое | 0,3 | 0,323 |
| | Точение черновое | 1,3 | 2,675 |
| | Точение чистовое | 0,15 | 0,325 |
| | Шлифование черновое | 0,2 | 0,27 |
| | Шлифование чистовое | 0,03 | 0,058 |
| 16 | Точение черновое | 1,0 | 2,35 |
| | Точение чистовое | 0,8 | 1,01 |
| | Шлифование черновое | 0,4 | 0,483 |
| | Шлифование чистовое | 0,3 | 0,333 |
| 20 | Точение черновое | 1,0 | 2,425 |
| | Точение чистовое | 0,8 | 1,045 |
| 24 | Точение черновое | 0,9 | 2,105 |
| | Точение чистовое | 0,125 | 0,272 |
| 26 | Точение черновое | 1,0 | 2,425 |
| | Точение чистовое | 0,8 | 1,045 |
| 29 | Точение черновое | 1,2 | 2,275 |
| | Точение чистовое | 0,8 | 1,045 |
| 31 | Точение черновое | 0,9 | 2,105 |
| | Точение чистовое | 0,125 | 0,272 |

2.5 Проектирование заготовки

Для проектирования заготовки необходимо знать припуски на обработку, которые определены выше, и исходные параметры, которые определяются согласно рекомендаций [5, 8].

В нашем случае получаем следующие параметры заготовки: класс точности - Т4, группа стали - М2, степень сложности заготовки - С3, исходный индекс И-13, штамповочные уклоны - 7°, радиус закругления 3,0 мм, допустимые значения остаточного облоя не более 1,0 мм.

Заготовка получается путем прибавления к контуру детали припусков на обработку и напусков.

Под напусками понимается слой материала ненужный с точки зрения получения заданных параметров поверхностей, но необходимый с точки зрения технологии получения заготовки. В нашем случае это уклоны, радиусы закруглений и остаточный облой.

Заготовка представлена на листе графической части выпускной квалификационной работы.

2.6 Разработка технологического маршрута

В данном пункте будем разрабатывать оптимальный технологический маршрут с точки зрения последовательности операций. При этом нужно помнить, что разработанный маршрут должен обеспечить получение из заготовки готовой детали с наименьшими затратами. Данная задача является многовариантной и не имеет, как правило, однозначного решения. Поэтому для ее решения будем использовать типовой технологический процесс изготовления деталей данного типа [9, 10].

После анализа типового техпроцесса получаем следующий технологический маршрут обработки:

- 1) на первой токарной операции 005 будем обтачивать наружные поверхности 9, 10, 11, 12, 13, 14, 16, 17, 20, 24, 26, 29, 31;
- 2) на сверлильной операции 010 будут обработаны поверхности 30, 32;
- 3) на сверлильной операции 015 будет обработана поверхность 15;
- 4) при чистовом точении (операция 020) будут обработаны цилиндрические и торцевые поверхности: 1, 2, 3, 8, 12, 13, 16, 17, 19, 20, 24, 25, 26, 28, 29, 31;
- 5) на операции 025 зубофрезерной, нарезаем зубья – поверхности 6, 7;
- 6) на операции 030 долбежной будут нарезаны шлицы – поверхности 22, 23;
- 7) на операции 035 шевинговальной будет проведена чистовая обработка зубьев – поверхность 6;

- 8) на операции 040 – зубофасочной выполняются фаски на зубьях;
- 9) на операции 050 внутришлифовальной будет обработан торец 1;
- 10) на операции 055 торцекруглошлифовальной будут обработаны торцы и цилиндрические поверхности 12, 13, 16, 17;
- 11) на операции 060 торцекруглошлифовальной будут обработаны торцы и цилиндрические поверхности 12, 13, 16, 17;
- 12) на операции 065 резьбошлифовальной будет нарезана резьба – поверхность 33.

2.7 Выбор средств технологического оснащения

При выборе металлорежущего оборудования следует руководствоваться следующими правилами [1, 11]:

- 1) производительность, точность, габариты, мощность станка должны быть минимальными, достаточными для того, чтобы обеспечить выполнение требований производительности, точности, шероховатости, предъявляемых к операции;
- 2) станок должен обеспечить максимальную концентрацию переходов на операции;
- 3) предпочтение отдавать отечественным станкам;
- 4) оборудование должно отвечать требованиям безопасности, эргономики и экологии.

При выборе станочных приспособлений для закрепления заготовок следует руководствоваться следующими правилами [1, 12]:

- 1) приспособление должно обеспечивать материализацию технологической схемы базирования;
- 2) приспособление должно обеспечивать надежное закрепление заготовки при обработке;
- 3) приспособление должно быть быстродействующим;
- 4) следует отдавать предпочтение стандартным, нормализованным, универсально-сборным приспособлениям и только при их отсутствии планировать разработку и изготовление специальных приспособлений.

При выборе режущего инструмента следует руководствоваться следующими правилами [1, 13]:

1) выбор инструментального материала определяется требованиями, с одной стороны, максимальной стойкости инструмента, а с другой – его минимальной стоимости;

2) следует отдавать предпочтение стандартным и нормализованным инструментам.

При выборе средств контроля размеров, формы и расположения обработанных поверхностей следует руководствоваться следующими правилами [1, 14]:

1) точность измерительных приспособлений и приспособлений должна быть на порядок выше точности измеряемого размера;

2) следует применять инструменты общего назначения и специальный инструмент;

3) следует отдавать предпочтение стандартным и нормализованным средствам контроля.

Данные по выбору средств технологического оснащения оформим в виде таблицы 2.3.

Таблица 2.3 - Выбор средств технологического оснащения

| № оп. | Содержание | СТО | | | |
|-------|------------|--|---|--------------------------------------|----------------------------------|
| | | Оборудование | Оснастка | | |
| | | | Режущий инструмент | Мерительный инструмент | Приспособления |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| 005 | Токарная | Токарно-винторезный станок JET KDCK-25AS | Резец для контурного точения T5K10 ГОСТ | Штангенциркули ШЦ-III-400-0.1, ШЦ-I- | Патрон трехкулачковый самоцентри |

Продолжение таблицы 2.3

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|-----|---------------|--|--|---|--|
| | | CNC | 18879-73 | 150-0.1 ГОСТ 166-80 | рующийся ГОСТ 2675-80 |
| 010 | Сверлильная | Вертикально-сверлильный JET GHD-55PFA | Сверло ступенчатое пушечное ВК6М специальное | Нутромер НМ-50 ГОСТ 166-80 | Приспособление специальное |
| 015 | Сверлильная | Вертикально-сверлильный JET GHD-55PFA | Сверло Ø6 ГОСТ 10903-77 Р6М5 | Нутромер НМ-50 ГОСТ 166-80 | Приспособление специальное |
| 020 | Токарная | Токарно-винторезный станок JET KDCK-25AS CNC | Резец контурный Т30К4 ГОСТ 18879-73, резец расточной Т30К4 ГОСТ 18063-72, резец канавочный Т5К10 ГОСТ 18879-73 | Штангенциркули ШЦ-III-400-0.1, ШЦ-I-150-0.1 ГОСТ 166-80, микрометр МК-50 ГОСТ 6507-78, скоба рычажная, калибры. | Патрон трехкулачковый самоцентрирующий ГОСТ 2675-80 |
| 025 | Зубофрезерная | Зубофрезерный LC 200 | Фреза червячная Ø90 Р9К10 | Прибор комплексного | Патрон цанговый ГОСТ |

Продолжение таблицы 2.3

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|-----|----------------------------------|---|--|---|--|
| | | | ГОСТ 9324-80 | контроля | 2877-80, опора плоская ГОСТ 13440-68 |
| 030 | Долбежная | Долбежный УК5150 | Долбяк Р9К10 ГОСТ 9323-79 | Шаблоны для комплекс- ного контроля шлицев | Приспособ- ление специаль- ное |
| 035 | Шевинго- вальная | Шевинго- вальный HURTH ZS 240 CNC | Шевер дисковый Ø180 P18 ГОСТ8570-80 | Прибор комплексног о контроля | Патрон цанговый ГОСТ 2877-80 |
| 040 | Зубофасочна я | Зубофасочны й Genesis 210HiC | Фреза специальная P18 | Шаблоны | Патрон цанговый ГОСТ 2877-80 |
| 050 | Внутри- шлифовальн ая | Внутри- шлифовальн ый станок RIG-150 | Шлифоваль- ный круг 11-300x50x60 24A90K5V5 35м/с1А | Шаблон | Патрон мембранны й специальн ый |
| 055 | Торцекругло шлифоваль- ная | Торцекругло- шлифоваль- ный станок GA-3570 | Шлифоваль- ный круг 3-750x50x305 24A90K5V5 | Микрометр МК-50 ГОСТ 6507- 78, скобы. | Патрон мембран- ный специаль- |

Продолжение таблицы 2.3

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|-----|--|--|--|---|--|
| | | | 35м/с1А | | ный алмазная гребенка для правки круга |
| 060 | Торце- кругло- шлифоваль- ная | Торцекругло- шлифовальн ый станок GA-3570 | Шлифоваль- ный круг 3- 750х32х350 24А60К7V35 м/с1А | Микрометр МК-50 ГОСТ 6507- 78, скобы. | Патрон мембран- ный специаль- ный алмазная гребенка для правки круга |
| 065 | Резьбо- шлифовальн ая | Резьбо- шлифовальн ый MB20 | Круг шлифоваль- ный 4 150х10х60 53С90N3V3 30м/с | Калибр комплексног о контроля резьбы | Патрон мембран- ный специаль- ный алмазная гребенка для правки круга |
| 070 | Моечная | Моечная машина | | | |

2.8 План изготовления детали

Всю представленную выше информацию о маршруте изготовления вала-шестерни, принятых схемах базирования, средствах технологического оснащения и технологических требованиях оформляем в виде плана изготовления детали, который представлен на листе графической части выпускной квалификационной работы.

Следует отметить, что разработка данного этапа ведется согласно требований и рекомендаций [1, 6].

2.9 Проектирование технологических операций

Режимы резания на операцию 005 токарную черновую и 020 токарную чистовую рассчитаем применяя таблично-аналитический метод [15, 16].

В расчетах режимов резания примем припуски:

На черновое точение – 2,8 мм, на чистовое точение – 1,3 мм.

Режимы резания для чернового точения:

Глубина резания $t = 2,8$ мм.

Рекомендуемая подача $S = 0,5$ мм/об.

Скорость резания определяется по формуле:

$$V = \frac{C_v \cdot K_v}{T^m \cdot t^x \cdot S^y} \quad (2.20)$$

где C_v коэффициент;

K_v – коэффициент, учитывающий материал заготовки, состояние поверхности и материал инструмента;

T – период стойкости инструмента;

m, x, y – показатели степени.

$$\text{Тогда } V = \frac{350 \cdot 0,7}{60^{0,20} \cdot 2,8^{0,15} \cdot 0,5^{0,35}} = 118 \text{ м/мин.}$$

Определим частоту вращения шпинделя:

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

$$n = \frac{1000 \cdot 118}{3,14 \cdot 122} = 308 \text{ об/мин.}$$

По паспорту станка принимаем $n = 320$ об/мин

Фактическое значение скорости резания:

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

$$V = \frac{3,14 \cdot 122 \cdot 320}{1000} = 123 \text{ м/мин}$$

Определим силы резания

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

где C_p – поправочный коэффициент;

x, y, n – показатели степени;

K_p – коэффициент учитывающий фактические условия резания.

$$P_z = 10 \cdot 300 \cdot 2,8^1 \cdot 0,5^{0,75} \cdot 123^{-0,15} \cdot 1,36 = 1189 \text{ Н.}$$

Определим мощность резания:

$$N = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60} \quad (2.24)$$

$$N = \frac{1189 \cdot 123}{1020 \cdot 60} = 2,4 \text{ кВт.}$$

$$N_{см} = 10 \text{ кВт, КПД } \eta = 0,75$$

$$N_{шп} = N_{ст} \cdot \eta \quad (2.25)$$

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

Условие $N_{\text{PEЗ}} \leq N_{\text{шп}}$ выполняется.

Режимы резания для чистового точения:

Глубина резания $t = 1,3 \text{ мм.}$

Рекомендуемая подача $S = 0,32 \text{ мм/об}$

$$\text{Скорость резания } V = \frac{350 \cdot 0,7}{60^{0,20} \cdot 1,3^{0,15} \cdot 0,32^{0,35}} = 155 \text{ м/мин.}$$

$$\text{Частота вращения шпинделя } n = \frac{1000 \cdot 155}{3,14 \cdot 55} = 898 \text{ об/мин.}$$

По паспорту станка принимаем $n = 800 \text{ об/мин}$

$$\text{Фактическое значение скорости резания } V = \frac{3,14 \cdot 55 \cdot 800}{1000} = 138 \text{ м/мин.}$$

$$\text{Сила резания } P_z = 10 \cdot 300 \cdot 1,3^1 \cdot 0,32^{0,75} \cdot 138^{-0,15} \cdot 1,36 = 628 \text{ Н.}$$

$$\text{Мощность резания } N = \frac{619 \cdot 122}{1020 \cdot 60} = 1,23 \text{ кВт.}$$

Условие $N_{\text{PEЗ}} \leq N_{\text{шп}}$ выполняется.

Определим нормы времени выполнения операций.

Рассмотрим операцию 005 токарную черновую.

Время выполнения операции оценивается штучным временем, которое рассчитывается по формуле:

$$T_{\text{шт}} = t_o + t_e + t_{\text{обс}} + t_n \quad (2.26)$$

где t_o – основное время на операцию;

t_e – вспомогательное время на операцию;

$t_{\text{обс}}$ – время обслуживания рабочего места;

t_n – время на личные потребности.

Основное время определяется по формуле:

$$t_o = \sum t_{oi} \quad (2.27)$$

где t_{oi} – основное время на выполнение i -ого перехода обработки элементарной поверхности:

$$t_{oi} = \frac{(L+l) \cdot i}{S_m} = \frac{(L+l) \cdot i}{n \cdot S} \quad (2.28)$$

где L – длина обрабатываемой поверхности, мм

l – длина недовода, перебега и врезания, мм

S_m – минутная подача, мм/мин

i – число рабочих ходов.

$$t_{o1} = \frac{(178 + 2 + 2)}{320 \cdot 0,5} = 1,14 \text{ мин.}$$

$$t_{o2} = \frac{(80 + 2 + 2)}{320 \cdot 0,5} = 0,53 \text{ мин.}$$

$$t_0 = 1,14 + 0,53 = 1,67 \text{ мин.}$$

Вспомогательное время определяется по формуле:

$$t_g = t_{г.у} + t_{м.в.} \quad (2.29)$$

где $t_{г.у}$ – время на установку и снятие заготовки $t_{г.у} = 0,18$ мин

$t_{м.в.}$ – машинно-вспомогательное время, $t_{м.в.} = 0,5$ мин.

Тогда, $t_g = 0,18 + 0,3 = 0,68$ мин.

Определим штучно-калькуляционное время по формуле:

$$T_{шт.к.} = T_{шт} + \frac{T_{n-3}}{n_3} \quad (2.30)$$

где n_3 – размер партии деталей.

Тогда,

$$T_{шт.к.} = 2,59 + \frac{33}{40} = 3,42 \text{ мин.}$$

Режимы резания и нормы времени на остальные операции рассчитываем

аналогичным способом и сводим в таблицу 2.4.

Таблица 2.4 -Режимы резания и нормы времени

| Номер операции | Переход | Подача S_0 мм/об | Скорость резания V м/мин | Частота вращения шпинделя n об/мин | Основное время T_0 , мин | Штучное время $T_{шт}$, мин |
|----------------|-------------|----------------------|----------------------------|--------------------------------------|----------------------------|------------------------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| 005 | Установ А | 0,5 | 119 | 630 | 1,67 | 2,59 |
| | Установ Б | 0,5 | 119 | 630 | | |
| 010 | 1 | 0,2 | 25 | 400 | 1,25 | 2,17 |
| 015 | 1 | 0,1 | 8 | 400 | 0,8 | 1,72 |
| 020 | Установ А 1 | 0,32 | 138 | 800 | 2,46 | 3,38 |
| | 2 | 0,19 | 138 | 800 | | |
| | Установ Б 1 | 0,32 | 173 | 1000 | | |
| | 2 | 0,08 | 126 | 1000 | | |
| | 3 | 0,08 | 151 | 1200 | | |
| | 4 | 0,08 | 106 | 1200 | | |
| | 5 | 0,08 | 67 | 1000 | | |
| 025 | 1 | 2,0 | 68 | 200 | 1,35 | 2,27 |
| 030 | 1 | 0,2 | 22 | 630 дв.х./мин | 1,49 | 2,41 |
| 035 | 1 | $S_m = 105$ мм/об | $S_f = 0,04$ мм/ход | 290 | 1,95 | 2,87 |
| 040 | 1 | | | 600 | 0,54 | 1,46 |
| 050 | 1 | 1,2 | 60 | 160 | 0,48 | 1,4 |

Продолжение табл. 2.4

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
|-----|---|------|----|-----|------|------|
| 055 | 1 | 0,43 | 25 | 200 | 1,32 | 2,24 |
| | 2 | 0,43 | 35 | 200 | | |
| 060 | 1 | 0,23 | 25 | 200 | 0,56 | 1,48 |
| | 2 | 0,23 | 35 | 200 | | |
| 065 | 1 | 1,5 | 25 | 400 | 0,25 | 1,17 |
| 070 | | | | | 0,67 | 1,59 |
| 075 | | | | | 0,72 | 1,64 |

3 Проектирование приспособления и режущего инструмента

3.1 Проектирование приспособления

Проектирование станочного приспособления для шлифовальной операции выполняем согласно методики и справочных данных [17, 18, 19].

На данной операции выполняется шлифование наружного диаметра в диаметр $\varnothing 55,088_{-0,039}$. При этом необходимо реализовать достаточно сложную теоретическую схему базирования, что и обуславливает необходимость проектирования станочного приспособления.

На рисунке 3.1 представлен операционный эскиз.

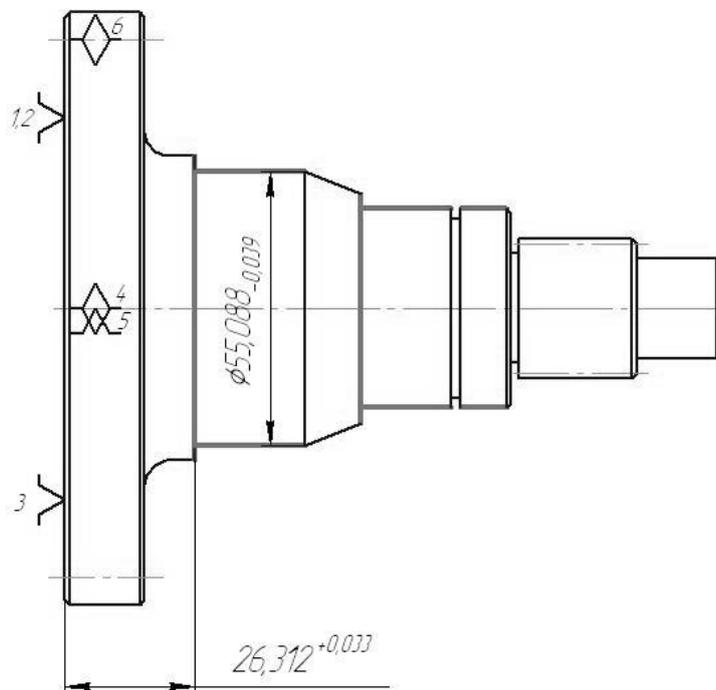


Рисунок 3.1 - Операционный эскиз

Определим эффективную мощность по формуле:

$$N = C_N \cdot v_3^r \cdot t^x \cdot s^y \cdot d^q \quad (3.1)$$

где d – диаметр шлифования;

v_3 – скорость заготовки;

t – глубина шлифования;

s – продольная подача;

C_N, x, y, z, r – поправочные коэффициенты и показатели степени.

$$N = 0,36 \cdot 21^{0,35} \cdot 0,01^{0,4} \cdot 1,8^{0,4} \cdot 55^{0,3} = 0,6 \text{ кВт.}$$

Главная составляющая силы резания определяется по формуле:

$$P_z = \frac{N \cdot 102 \cdot 60}{21} K_{pz} \quad (3.2)$$

Составляющая силы резания P_y определяется по формуле:

$$P_y = (1,3 \dots 1,8) \cdot P_z \cdot K_{py} \quad (3.3)$$

где K_{pz} , K_{py} - коэффициенты, учитывающие фактические условия обработки.

$$P_z = \frac{0,6 \cdot 102 \cdot 60}{21} 1,25 = 219 \text{ Н.}$$

$$P_y = (1,3 \dots 1,8) \cdot 219 \cdot 1,25 = 329 \text{ Н.}$$

С учетом вида технологической базы принимаем в качестве установочного элемента ролик. Исполнительный размер установочного ролика определяется в следующей последовательности.

Диаметр ролика найдем по формуле:

$$d = 2[r_0 \cdot \operatorname{tg}(\gamma + \alpha_2) - r_2 \cdot \sin \alpha_2] \quad (3.4)$$

где r_0 – радиус основной окружности, мм;

r_2 – расстояние точки контакта ролика от оси патрона, мм.

Радиус основной окружности:

$$r_0 = r_\delta \cdot \cos \alpha_1 \quad (3.5)$$

где r_δ – радиус делительной окружности.

Тогда: $r_0 = 54 \cdot \cos 20 = 50,743$ мм.

Расстояние точки контакта ролика от оси патрона:

$$r_2 = r_0 - 0,3 \cdot m \quad (3.6)$$

$$r_2 = 59,38 - 0,3 \cdot 4 = 58,18 \text{ мм.}$$

Определим значение угла α_2 по формуле:

$$\cos \alpha_2 = \frac{r_0}{r_2} \quad (3.7)$$

$$\text{Тогда } \cos \alpha_2 = \frac{50,743}{58,18} = 0,872 ; \alpha_2 = 30^{\circ}12'45''.$$

Определим γ :

$$\gamma = \frac{\pi}{z} - \left(\frac{s}{2r_0} + \theta_1 \right) + \theta_2 \quad (3.8)$$

$$\theta_1 = \operatorname{tg} \alpha_1 - \alpha_1 \quad (3.9)$$

$$\theta_2 = \operatorname{tg} \alpha_2 - \alpha_2 \quad (3.10)$$

Тогда:

$$\theta_1 = \operatorname{tg} 0,349 - 0,349 = 0,0149$$

$$\theta_2 = \operatorname{tg} 0,475 - 0,475 = 0,039196$$

$$\gamma = \frac{\pi}{27} - \left(\frac{\pi \cdot 27}{2 \cdot 54} + 0,0149 \right) + 0,039196 = 0,09259$$

$$\gamma = 5^{\circ}11'56'' = 15,98 \text{ мм.}$$

Полученное значение диаметра ролика округляем до 16 мм.

Для округленного диаметра $d^l = 16$ мм найдем расстояние между осями роликов и патрона, а также радиус расположения точки контакта ролика с зубом r_2^l (проверка на отсутствие кромочного касания).

Определим расстояние между осями ролика и патрона:

$$L^I = \frac{r_0}{\cos \alpha_3} \quad (3.11)$$

Проверим радиус расположения точки контакта с зубом:

$$r_2^I = \sqrt{\left(L^I \cdot \sin \alpha_3 - \frac{d^I}{2}\right)^2 + r_0^2} \quad (3.12)$$

Определим угол α_3 по формуле:

$$\alpha_3 = \frac{s}{2 \cdot r_0} + \theta_1 + \frac{d^I}{2 \cdot r_0} - \frac{\pi}{z} \quad (3.13)$$

$$\alpha_3 = \frac{\pi \cdot 27}{2 \cdot 54} + 0,0149 + \frac{16}{2 \cdot 50,743} - \frac{\pi}{27} = 0,069987$$

Тогда:

$$L^I = \frac{50,743}{\cos 32^\circ 31'} = 60,052$$

$$r_2^I = \sqrt{\left(60,052 \cdot \sin 32^\circ 31' - \frac{16}{2}\right)^2 + 50,743^2} = 56,17 \text{ мм.}$$

Полученная величина r_2^I меньше радиуса окружности выступов, следовательно, кромочного контакта нет.

Максимальный ход ролика при котором мембрана деформируется упруго равен $\Delta l = 0,35$ мм.

Максимальный зазор при $d_2^I = 112,34$ мм и $d_{POL} = 16_{+0,011}$ мм, составляет $S_{max} = 0,025 + 0,011 = 0,036$ мм.

При $\Delta l > S_{max}$ механизм центрирует и зажимает деталь.

Следовательно, для данной детали можно использовать мембранный патрон.

Радиальную силу на одном кулачке найдем по формуле:

$$Q = \frac{k \cdot M_p}{n \cdot f \cdot b} \quad (3.14)$$

где k - коэффициент запаса;

M_p – крутящий момент от усилия резания;

n – число роликов;

f – коэффициент трения базовой поверхности детали и ролика.

Тогда:

$$Q = \frac{1,5 \cdot 6355}{3 \cdot 0,15 \cdot 3,6} = 5884 \text{ Н.}$$

Момент изгибающий определим по формуле:

$$M_{изг} = \frac{Q \cdot n \cdot l}{2 \cdot \pi \cdot b} \quad (3.15)$$

где l – расстояние от середины роликов до средней плоскости мембраны.

$$M_{изг} = \frac{5884 \cdot 3 \cdot 50}{2 \cdot \pi \cdot 3,6} = 156 \text{ Н}$$

Тогда $M_z = 0,58M = 90,5 \text{ Н.}$

Определим цилиндрическую жесткость мембраны:

$$D = \frac{E \cdot h}{12 \cdot (1 - \mu^2)} \quad (3.16)$$

где E – модуль упругости;

h – толщина мембраны.

$$D = \frac{2,1 \cdot 10^5 \cdot 0,7}{12 \cdot (1 - 0,3^2)} = 13462 \text{ Н·см.}$$

Угол разжима роликов:

$$\varphi = \frac{M_3 \cdot b}{D \cdot (1 + \mu)} \quad (3.17)$$

где b – половина диаметра базовой поверхности детали.

$$\varphi = \frac{90,5 \cdot 3,6}{13462 \cdot (1 + 0,3)} = 0,0186 .$$

Наибольший угол разжима роликов:

$$\varphi' = \varphi + \frac{\delta}{2 \cdot l} + \frac{\Delta}{2 \cdot l} \quad (3.18)$$

где δ – допуск на диаметр;

φ – угол разжима роликов;

Δ – зазор для свободного закладывания заготовки в ролики патрона.

$$\varphi' = 0,0186 + \frac{0,025}{2 \cdot 5} + \frac{0,35}{2 \cdot 5} = 0,0561 .$$

Силу на штоке определим по формуле:

$$P = \frac{4 \cdot \pi \cdot D \cdot \varphi'}{2,3 \cdot \lg \frac{a}{b}} \quad (3.19)$$

где a – половина диаметра мембраны.

$$P = \frac{4 \cdot \pi \cdot 13462 \cdot 0,0561}{2,3 \cdot \lg \frac{1,1}{3,6}} = 8506 \text{ Н.}$$

Напряжение в мембране определим по формуле:

$$\sigma_2 = \frac{3 \cdot P \cdot (1 + \mu)}{2 \cdot \pi \cdot h^2} \cdot \left(\ln \frac{a}{r_0} + \frac{r_0^2}{4 \cdot a^2} \right) \quad (3.20)$$

Тогда:

$$\sigma_2 = \frac{3 \cdot 8506 \cdot (1 + 0,3)}{2 \cdot \pi \cdot 0,7^2} \cdot \left(\ln \frac{11}{0,3} + \frac{0,3^2}{4 \cdot 11^2} \right) = 10778 \text{ МПа.}$$

Диаметр поршня рассчитывается по формуле:

$$D_{nop} = 1,13 \cdot \sqrt{\frac{Q}{P}} \quad (3.21)$$

где P – давление рабочей среды.

Примем в качестве рабочей среды воздух с давлением 0,4 мПа

Тогда:

$$D_{nop} = 1,13 \cdot \sqrt{\frac{5884}{0,4}} = 145 \text{ мм.}$$

Данное значение слишком велико, т.к. по рекомендациям диаметр поршня не должен превышать 120 мм. Поэтому в качестве рабочей среды принимаем масло, тогда:

$$D_{nop} = 1,13 \cdot \sqrt{\frac{5884}{1}} = 88 \text{ мм.}$$

Принимаем $D_{nop} = 90$ мм.

Точность приспособления рассчитывается по формуле:

$$\varepsilon_{ПП} = \sqrt{\varepsilon_{\sigma}^2 + \varepsilon_3^2} + \varepsilon_{н.з.} \quad (3.22)$$

где ε_{σ} – погрешность базирования в направлении операционного размера.

ε_3 – погрешность закрепления в направлении операционного размера.

$$\varepsilon_{нз} = \sqrt{\varepsilon_{уст}^2 + \varepsilon_{pn}^2} \quad (3.23)$$

где $\varepsilon_{уст}$ – погрешность установки корпуса мембранного патрона на шпиндель станка;

ε_{pn} – погрешность биения рабочей поверхности ролика относительно отверстия.

Тогда:

$$\varepsilon_{нз} = \sqrt{0^2 + 0,003^2} = 0,003 \text{ мм.}$$

$$\varepsilon_{ПР} = \sqrt{0^2 + 0^2} + 0,003 = 0,003 \text{ мм.}$$

Мембранный патрон предназначен для базирования и закрепления заготовки типа вал-шестерня при шлифовании наружного диаметра.

Приспособление содержит мембранный патрон и силовой привод, состоящий из гильзы 3, поршня 7, штока 11. Мембрана 4, содержащая кулачки 10, жестко крепится к корпусу мембранного патрона 1. Тот в свою очередь базируется на шпинделе станка и жестко крепится.

Мембранный патрон работает следующим образом. При подаче воздуха в правую полость гидроцилиндра, поршень 7 совместно со штоком 11 перемещается влево и зажимает заготовку через мембрану и ролики. При подаче воздуха в левую полость система возвращается в исходное положение и происходит раскрепление заготовки.

3.2 Проектирование режущего инструмента

Расчет режущего инструмента будем производить на сверление отверстия $\varnothing 35^{+0,25}$ мм, $\varnothing 20^{+0,21}$ мм, т.к. данная операция является одной из самых затратных по времени и необходимо сократить время на обработку.

Проектирование проводим согласно методики [20, 21]. Выбор этого инструмента позволит обеспечить заданную точность и производительность обработки. Для дальнейших расчетов приведем сравнительную таблицу режимов резания при обработке ступенчатого отверстия (таблица 3.1).

Таблица 3.1 - Режимы резания при обработке ступенчатого отверстия

| Обрабатываемый диаметр, мм | $\varnothing 35^{+0,25}$ | $\varnothing 20^{+0,21}$ |
|-------------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 1 | 2 | 3 |
| Точность обработки (квалитет) | 12 | 12 |
| Глубина резания, мм | 17,5 | 10 |
| Длина резания, мм | 47,26 | 33,5 |

Продолжение таблицы 3.1

| 1 | 2 | 3 |
|--------------------------|------|------|
| Подача, мм/об | 0,2 | 0,2 |
| Скорость резания, м/мин | 25 | 25 |
| Частота вращения, об/мин | 400 | 400 |
| Осевая сила, Н | 34,1 | 30,6 |
| Крутящий момент, Н·м | 1,17 | 1,08 |

Как видно из таблицы, при одинаковых значениях подачи и частоты вращения, т.е. при одновременной обработке обоих отверстий, наибольшая сила и крутящий момент возникают при обработке отверстия $\varnothing 35^{+0,25}$. Именно по этому размеру целесообразно провести расчет и его результаты скорректировать для других размеров.

Минимальный диаметр отверстия:

$$D_{min} = 35 \text{ мм.}$$

Максимальный диаметр отверстия:

$$D_{max} = 35,25 \text{ мм.}$$

Для получения годного отверстия размер инструмента должен быть равен:

$$D_{инстр} = D_{min} + \frac{TD}{2} \quad (3.24)$$

где TD – допуск на обрабатываемый размер, мм.

$$D_{инстр} = 35 + \frac{0,25}{2} = 35,125 \text{ мм.}$$

Отверстие обрабатывается по 12 качеству, поэтому допуск на исполнительный размер инструмента целесообразно принять по 10 качеству. Таким образом, принимаем размер инструмента: $\varnothing 35,125^{+0,1}$ мм.

Для второй ступени:

$$D_{инстр} = 20 + \frac{0,21}{2} = 20,105 \text{ мм.}$$

Размер инструмента: $\varnothing 20,105^{+0,084}$ мм.

В качестве материала режущей части будем использовать твердый сплав ВК6М. Применение данного материала в режущей части инструмента повысит стойкость инструмента и позволит улучшить качество обработки.

Хвостовик сверла – конический.

Расчетный диаметр для определения номера конуса Морзе вычисляется по формуле:

$$d = \frac{6\mu_{ср} \cdot \sin \theta}{\mu \cdot P_0 (1 - 0,04\Delta\theta)} \quad (3.25)$$

где $\mu_{ср}$ – момент сопротивления силам резания;

θ - угол, характеризующий конусность;

μ – коэффициент трения;

P_0 – осевая сила;

$\Delta\theta$ - допуск на угол θ .

Получим:

$$d = \frac{6 \cdot 3,47 \cdot \sin 1^\circ 30'}{0,1 \cdot 34,1(1 - 0,04 \cdot 5)} = 20,79 \text{ мм.}$$

По ГОСТ 25557 – 82 принимаем конус Морзе №2.

Для обеспечения заданных параметров шероховатости и увеличения стойкости инструмента принимаем следующие значения углов: $\gamma = 90^\circ$; $\alpha = 8^\circ$.

Во избежание заедания сверла в отверстии передняя поверхность выполняется выше центра на 0,5 мм. Для уменьшения трения направляющей о стенки отверстия срезана лыска под углом 30° .

4 Безопасность и экологичность технического объекта

4.1 Конструктивно-технологическая характеристика объекта

Таблица 4.1 - Технологический паспорт объекта

| № п/п | Технологический процесс | Технологическая операция, вид выполняемых работ | Наименование должности работника, выполняющего технологический процесс, операцию | Оборудование, устройство, приспособление | Материалы, вещества |
|-------|-------------------------|---|--|--|---------------------|
| 1 | Сверление | Сверлильная операция | Сверловщик | Вертикально-сверлильный станок JET GHD-55PFA | 12ХН3А, СОЖ |
| 2 | Точение | Токарная операция | Оператор станков с ЧПУ | Токарно-винторезный станок JET KDCK-25AS CNC | 12ХН3А, СОЖ |
| 3 | Зубонарезание | Зубофрезерная операция | Зуборезчик | Зубофрезерный станок LC 200 | 12ХН3А, СОЖ |
| 4 | Шлифование | Шлифовальная операция | Шлифовщик | Торцевкруглошлифовальный станок GA-3570 | 12ХН3А, СОЖ |

4.2 Идентификация производственно-технологических и эксплуатационных профессиональных рисков

Таблица 4.2 – Идентификация профессиональных рисков

| № п/п | Производственно-технологическая и/или эксплуатационно-технологическая операция, вид выполняемых работ | Опасный и /или вредный производственный фактор | Источник опасного и /или вредного производственного фактора |
|-------|---|---|---|
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| 1 | Сверлильная операция | Движущиеся машины и механизмы; подвижные части производственного оборудования; передвигающиеся изделия, заготовки; повышенная температура поверхностей оборудования, материалов; повышенный уровень шума на рабочем месте; повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти | Вертикально-сверлильный JET GHD-55PFA |

Продолжение таблицы 4.2

| 1 | 2 | 3 | 4 |
|---|-------------------|---|--|
| | | <p>через тело человека; острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок, инструментов и оборудования; монотонность труда</p> | |
| 2 | Токарная операция | <p>Движущиеся машины и механизмы; подвижные части производственного оборудования; передвигающиеся изделия, заготовки; повышенная запыленность воздуха рабочей зоны повышенная температура поверхностей оборудования, материалов; повышенный уровень шума на рабочем месте; повышенное значение напряжения</p> | Токарно-винторезный станок JET KDCK-25AS CNC |

Продолжение таблицы 4.2

| 1 | 2 | 3 | 4 |
|---|-------------------------------|--|-----------------------------|
| | | <p>в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека; острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок, инструментов и оборудования; монотонность труда</p> | |
| 3 | <p>Зубофрезерная операция</p> | <p>Движущиеся машины и механизмы; подвижные части производственного оборудования; передвигающиеся изделия, заготовки; повышенная температура поверхностей оборудования, материалов; повышенный уровень шума на рабочем месте; повышенное значение напряжения</p> | <p>Зубофрезерный LC 200</p> |

Продолжение таблицы 4.2

| 1 | 2 | 3 | 4 |
|---|-----------------------|--|--|
| | | <p>в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека; острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок, инструментов и оборудования; монотонность труда</p> | |
| 4 | Шлифовальная операция | <p>Движущиеся машины и механизмы; подвижные части производственного оборудования; передвигающиеся изделия, заготовки; повышенная температура поверхностей оборудования, материалов; повышенный уровень шума на рабочем месте; повышенное значение напряжения</p> | <p>Торцециркулярно-шлифовальный станок GA-3570</p> |

Продолжение таблицы 4.2

| 1 | 2 | 3 | 4 |
|---|---|---|---|
| | | в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека; острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок, инструментов и оборудования; монотонность труда | |

4.3 Методы и технические средства снижения профессиональных рисков

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

| № п/п | Опасный и / или вредный производственный фактор | Организационные методы и технические средства защиты, снижения, устранения опасного и / или вредного производственного фактора | Средства индивидуальной защиты работника |
|-------|---|--|--|
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| 1 | Движущиеся машины и механизмы | Своевременное проведение обучения персонала; | Каска защитная |

Продолжение таблицы 4.3

| 1 | 2 | 3 | 4 |
|---|---|--|--|
| | | <p>своевременное проведение инструктажей; контроль за соблюдением правил безопасности выполнения работ, применение ограничительных устройств; применение знаков безопасности</p> | |
| 2 | <p>Подвижные части производственного оборудования; передвигающиеся изделия, заготовки</p> | <p>Своевременное проведение обучения персонала; своевременное проведение инструктажей; контроль за соблюдением правил безопасности выполнения работ; применение ограничительных устройств; применение предохранительных устройств;</p> | <p>Каска защитная, очки защитные</p> |

Продолжение таблицы 4.3

| 1 | 2 | 3 | 4 |
|---|--|--|---|
| | | применение устройств автоматической сигнализации; применение устройств дистанционного управления; применение знаков безопасности | |
| 3 | Повышенная температура поверхностей оборудования, материалов | Своевременное проведение обучения персонала; своевременное проведение инструктажей; контроль за соблюдением правил безопасности выполнения работ; ограждение оборудования | Спецодежда, рукавицы комбинированные, перчатки с полимерным покрытием |
| 4 | Повышенный уровень шума на рабочем месте | Своевременное проведение обучения персонала; своевременное проведение инструктажей; контроль за соблюдением правил | Наушники противозумные, вкладыши противозумные (беруши) |

Продолжение таблицы 4.3

| 1 | 2 | 3 | 4 |
|---|---|--|---|
| | | <p>безопасности выполнения работ; применение звукоизоляции источников шума; выполнение настройки оборудования</p> | |
| 5 | <p>Повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека</p> | <p>Своевременное проведение обучения персонала; своевременное проведение инструктажей; контроль за соблюдением правил безопасности выполнения работ; применение систем защитного заземления, защитного отключения; применение знаков безопасности.</p> | <p>Резиновый диэлектрический коврик; спецодежда, спецобувь.</p> |
| 6 | <p>Острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок,</p> | <p>Своевременное проведение обучения персонала; своевременное проведение</p> | <p>Спецодежда, спецобувь, рукавицы</p> |

Продолжение таблицы 4.3

| 1 | 2 | 3 | 4 |
|---|-----------------------------|---|--|
| | инструментов и оборудования | инструктажей; соблюдение правил безопасности выполнения работ. | комбинированные, перчатки с полимерным покрытием |
| 7 | Монотонность труда | Соблюдение режима работы и отдыха | |

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

4.4.1 Идентификация опасных факторов пожара

Таблица 4.4 – Идентификация классов и опасных факторов пожара

| № п/п | Участок, подразделение | Оборудование | Класс пожара | Опасные факторы пожара | Сопутствующие проявления факторов пожара |
|-------|--------------------------------|--|---|---|---|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| 1 | Участок механической обработки | Вертикально-сверлильный JET GHD-55PFA; Токарно-винторезный станок JET KDCK-25AS CNC; Зубофрезер- | В - пожары, связанные с воспламенением и горением жидкостей или плавящихся твердых веществ и материалов | Пламя и искры; тепловой поток; повышенная температура окружающей среды; повышенная концентра- | Образующиеся в процессе пожара осколки, части разрушившихся технологических |

Продолжение таблицы 4.4

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|---|---|--|---|---|---|
| | | ный LC 200;Торце- кругло- шлифоваль- ный станок GA-3570 | | ция токсичных продуктов горения и термическо- го разложения; пониженная концентра- ция кислорода; снижение видимости в дыму (задымлен- ных пространст- венных зонах). | установок, производст- венного и инженерно- техничес- кого оборудова- ния; вынос (замыкание) высокого электричес- кого напряжения на токопроводя щие части технологи- ческих установок, оборудова- ния. |

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

Таблица 4.5 - Технические средства обеспечения пожарной безопасности.

| Первичные средства пожаротушения | Мобильные средства пожаротушения | Стационарные установки системы пожаротушения | Средства пожаротушения автоматизированные | Пожарное оборудование | Средства индивидуальной защиты и спасения людей при пожаре | Пожарный инструмент (механизированный и немеханизированный) | Пожарные сигнализация, связь и оповещение |
|--|---|--|--|--|--|---|--|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| Огнетушители, пожарные щиты, внутренние пожарные краны, ящики с песком | Пожарные автомобили, пожарные автолестницы, пожарные автоцистерны | Системы автоматического пожаротушения и оборудование для пенного пожаротушения | Приборы приемно-контрольные, пожарные, технические средства оповещения и управления эвакуацией | Пожарные шкафы, пожарные гидранты, пожарные подставки, пожарные колонки, пожарные краны, | Респираторы, противогазы, самоспасатели, огнестойкие накидки | Механизированный инструмент для резки и перекусывания, ломы, багры, топоры, лопаты. | Автоматическая пожарная сигнализация на базе автоматических извещателей и приемно-контрольных приборов |

Продолжение таблицы 4.5

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
|---|---|---|----------------------|---------------------------------------|---|---|---|
| | | | цией пожар ные | пожар ные пенос месите ли | | | |

4.4.3 Организационные (организационно-технические) мероприятия по предотвращению пожара

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

| Наименование технологического процесса, оборудования технического объекта | Наименование видов реализуемых организационных (организационно-технических) мероприятий | Предъявляемые требования по обеспечению пожарной безопасности, реализуемые эффекты |
|--|--|---|
| 1 | 2 | 3 |
| Сверлильная операция, Вертикально-сверлильный JET GHD-55PFA; Токарная операция, Токарно-винторезный станок JET KDCK-25AS CNC; Зубофрезерная операция, Зубофрезерный LC 200; Шлифовальная | Контроль за правильной эксплуатацией оборудования, содержание в исправном состоянии оборудования, проведение инструктажа по пожарной опасности, применение | Проведение противопожарных инструктажей, запрет на курение и применение открытого огня в недозволённых местах, соблюдение мер пожарной безопасности при проведении огневых работ, применение средств пожаротушения, |

Продолжение таблицы 4.6

| 1 | 2 | 3 |
|---|--|---|
| операция, Торцекругло-шлифовальный станок GA-3570 | автоматических устройств обнаружения, оповещения и тушения пожаров | применение средств пожарной сигнализации и средств извещения о пожаре |

4.5 Обеспечение экологической безопасности рассматриваемого технического объекта

По виду реализуемого производственно-технологического процесса, и осуществляемой функциональной эксплуатацией техническим объектом - необходимо провести идентификацию негативных экологических факторов, результаты которой отражены в таблице 4.7.

Таблица 4.7 – Идентификация экологических факторов технического объекта

| Наименование технического объекта, технологического процесса | Структурные составляющие технического объекта, технологического процесса (производственного здания или сооружения по функциональному назначению, технологические операции, оборудование), энергетическая установка транспортное средство и т.п. | Воздействие технического объекта на атмосферу (вредные и опасные выбросы в окружающую среду) | Воздействие технического объекта на гидросферу (образующие сточные воды, забор воды из источников водоснабжения) | Воздействие технического объекта на литосферу (почву, растительный покров, недра) (образование отходов, выемка плодородного слоя почвы, отчуждение земель, нарушение и загрязнение растительного покрова и т.д.) |
|--|---|--|--|--|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Сверлильная операция | Вертикально-сверлильный станок JET GHD-55PFA | Пары СОЖ | Механические примеси, нефтепродукты, СОЖ | Стружка, пыль, металлический лом, ветошь |
| Токарная операция | Токарно-винторезный станок JET KDCK-25AS CNC | Пары СОЖ | Механические примеси, нефтепродукты, СОЖ | Стружка, металлический лом, ветошь |
| Зубо- | Зубофрезерный | Пары СОЖ | Механические | Стружка, |

Продолжение таблицы 4.7

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|-----------------------|---|---------------------------|--|------------------------------------|
| фрезерная операция | LC 200 | | примеси, нефтепродукты, СОЖ | металлический лом, ветошь |
| Шлифовальная операция | Торцекругло-шлифовальный станок GA-3570 | Пыль абразивная, пары СОЖ | Механические примеси, нефтепродукты, СОЖ | Стружка, металлический лом, ветошь |

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

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

| | |
|---|--|
| Наименование технического объекта | Сверлильная операция; Токарная операция; Зубофрезерная операция; Шлифовальная операция |
| 1 | 2 |
| Мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия на атмосферу | Применение центробежных фильтров |
| Мероприятия по снижению негативного | Контроль состава сточных вод; применение песколовков, механических фильтров; применение флотационных установок; применение нейтрализации; применение |

Продолжение таблицы 4.8

| 1 | 2 |
|---|---|
| антропогенного воздействия на гидросферу | замкнутого цикла водоснабжения. |
| Мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия на литосферу | Переработка стружки и лома, соблюдение правил хранения, периодичности вывоза отходов на утилизацию и захоронение. |

4.6 Заключение по разделу «Безопасность и экологичность технического объекта»

В разделе «Безопасность и экологичность технического объекта» приведена характеристика технологического процесса изготовления промежуточного вала-шестерни редуктора лебедки, перечислены технологические операции, должности работников, производственно-техническое и инженерно-техническое оборудование, применяемые сырьевые технологические и расходные материалы, комплектующие изделия и производимые изделия.

Проведена идентификация профессиональных рисков по осуществляемому технологическому процессу изготовления промежуточного вала-шестерни редуктора лебедки, выполняемым технологическим операциям, видам производимых работ.

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

Разработаны мероприятия по обеспечению пожарной безопасности технического объекта. Проведена идентификация класса пожара и опасных

факторов пожара и разработка средств, методов и мер обеспечения пожарной безопасности. Разработаны средства, методы и меры обеспечения пожарной безопасности. Разработаны мероприятия по обеспечению пожарной безопасности на техническом объекте.

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

5 Экономическая эффективность работы

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

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

Таблица 5.1 – Краткая сравнительная характеристика вариантов техпроцесса

| Базовый вариант | Проектируемый вариант |
|--|--|
| 1 | 2 |
| Операция 005. На токарно-винторезном станке с ЧПУ, модель JET KDCK-25AS CNC выполняется точение шеек, торце и растачивание. Инструмент – резец контурный, T5K10 ГОСТ 18879-73. Приспособление – патрон токарный 3-х кулачковый, гидравлический. Режимы резанья назначены по нормативам | Операция 005. На токарно-винторезном станке с ЧПУ, модель JET KDCK-25AS CNC выполняется точение шеек, торце и растачивание. Инструмент – резец контурный, T5K10 ГОСТ 18879-73. Приспособление – патрон токарный 3-х кулачковый, гидравлический. Режимы резанья назначены с учетом НИР. |
| Операция 010. На вертикально-сверлильном станке, модель JET | Операция 010. На вертикально-сверлильном станке, модель JET |

Продолжение таблицы 5.1

| 1 | 2 |
|--|--|
| <p>GHD-55PFA выполняется сверление отверстия. Инструмент – сверло спиральное Ø20 мм, P6M5; сверло спиральное Ø35 мм, P6M5.</p> <p>Приспособление – тиски самоцентрирующие, опорная пластина.</p> <p>Операция 020. На токарно-винторезном станке с ЧПУ, модель JET KDCK-25AS CNC выполняется точение шеек, торце и растачивание.</p> <p>Инструмент – резец контурный, Т30К4 ГОСТ 18879-73; резец расточной, Т30К4 ГОСТ 18879-73; резец канавочный, Т5К10 ГОСТ 18879-73. Приспособление – патрон токарный 3-х кулачковый, гидравлический. Режимы назначены по справочнику.</p> | <p>GHD-55PFA выполняется сверление отверстия. Инструмент – сверло для глубокого сверления, ступенчатое Ø20 мм и Ø35 мм, BK6M.</p> <p>Приспособление – тиски самоцентрирующие, опорная пластина.</p> <p>Операция 020. На токарно-винторезном станке с ЧПУ, модель JET KDCK-25AS CNC выполняется точение шеек, торце и растачивание.</p> <p>Инструмент – резец контурный, Т30К4 ГОСТ 18879-73; резец расточной, Т30К4 ГОСТ 18879-73; резец канавочный, Т5К10 ГОСТ 18879-73. Приспособление – патрон токарный 3-х кулачковый, гидравлический.</p> |
| <p>Материал детали – Сталь 12ХНЗА – штамповка на ГКМ</p> | |
| <p>Тип производства – среднесерийный</p> <p>Условия труда – нормальные.</p> <p>Форма оплата труда – повременно-премиальная.</p> | |

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

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

| № | Показатели | Условное обозначение, единица измерения | Значение показателей | |
|---|--|---|----------------------|-----------|
| | | | Базовый | Проектный |
| 1 | Годовая программа выпуска | $P_G, шт.$ | 6000 | 6000 |
| 2 | Норма штучного времени, в том числе и машинное время | $T_{шт}^{005}, мин.$ | 3,09 | 2,59 |
| | | $T_{маш}^{005}, мин.$ | 2,17 | 1,67 |
| | | $T_{шт}^{010}, мин.$ | 2,88 | 2,17 |
| | | $T_{маш}^{010}, мин.$ | 1,96 | 1,25 |
| | | $T_{шт}^{020}, мин.$ | 3,79 | 3,38 |
| | | $T_{маш}^{020}, мин.$ | 2,87 | 2,46 |

С учетом представленных изменений необходимо экономически обосновать целесообразность их внедрения, для этого, применяя методику «Экономического обоснования совершенствования технологического процесса механической обработки» [23], последовательно определим: капитальные вложения, полную себестоимость и экономическую эффективность.

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

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

– капитальные вложения в проектируемый вариант, учитывающие замену оснастки и инструмента, а также затраты на проектирование, которые составляют $K_{ВВ.ПР} = 92932,23$ руб. Они учитывают только вложения применительно к заданной программе выпуска;

– полная себестоимость выполнения рассматриваемых операций по вариантам: $C_{ПОЛН(БАЗ)} = 119,54$ руб., $C_{ПОЛН(ПР)} = 99,72$ руб. Представленные

значения не учитывают затраты, связанные материалами, т.к. согласно описанию, ни материал, ни метод получения заготовки не были изменены, поэтому не могут оказывать влияния по конечный результат.

Все вышеперечисленное, является достаточным материалом для проведения завершающего этапа – экономического обоснования. Согласно представленной ранее методике [23] выполним этот этап по следующему алгоритму:

$$P_{P.OЖ} = \mathcal{E}_{УГ} = (C_{ПОЛ(БАЗ)} - C_{ПОЛ(ПР)}) \cdot P_{Г} \text{ руб.} \quad (5.1)$$

$$P_{P.OЖ} = \mathcal{E}_{УГ} = (119,54 - 99,72) \cdot 6000 = 118920 \text{ руб.}$$

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

$$H_{ПРИБ} = 118920 \cdot 0,2 = 23784 \text{ руб.}$$

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

$$P_{P.ЧИСТ} = 118920 - 23784 = 95136 \text{ руб.}$$

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

$$T_{ОК.РАСЧ} = \frac{92932,23}{95136} + 1 = 1,98 = 2 \text{ года}$$

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

$$D_{\text{ДИСК.ОБЩ}} = P_{\text{Р.ЧИСТ.ДИСК}}(T) = 95136 \cdot \left(\frac{1}{(1+0,2)^1} + \frac{1}{(1+0,2)^2} \right) = 116446,46 \text{ руб.}$$

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

$$\mathcal{E}_{\text{ИНТ}} = \mathcal{ЧДД} = 116446,46 - 92932,33 = 23514,23 \text{ руб.}$$

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

$$ИД = \frac{116446,46}{92932,33} = 1,25 \text{ руб./руб.}$$

Расчеты доказали целесообразность предлагаемых изменений по операциям 005, 010 и 020 технологического процесса изготовления детали «Промежуточный вал-шестерня редуктора». В результате чего предприятие имеет возможность получить дополнительную прибыль от снижения себестоимости на 16,58%, в размере 95136 руб., а также достичь экономического эффекта положительной величины – 23514,23 руб.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Для достижения цели выпускной квалификационной работы поставленной во введении был проведен ряд мероприятий.

Проанализированы исходные данные, выбрана стратегия проектирования техпроцесса. На основании этого спроектирована заготовка для изготовления вала-шестерни, спроектирован маршрут обработки, выбраны средства технологического оснащения, спроектирован технологический процесс изготовления и проведено проектирование технологических операций. Для снижения себестоимости изготовления были спроектированы специальный патрон для шлифовальной операции и ступенчатое сверло для сверлильной операции. Также был проведен анализ безопасности и экологичности рассматриваемого технического объекта и проведен расчет экономической эффективности.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 Горбачевич, А.Ф. Курсовое проектирование по технологии машиностроения: учебное пособие для вузов/ А.Ф. Горбачевич, В.А. Шкред. М: – ООО ИД «Альянс.», 2007 – 256 с.
- 2 Марочник сталей и сплавов / сост. А. С. Зубченко [и др.] ; под ред. А. С. Зубченко. - 2-е изд., перераб. и доп. - Москва : Машиностроение, 2003. - 782 с.
- 3 Суслов, А. Г. Технология машиностроения : учеб. для вузов / А. Г. Суслов. - 2-е изд., перераб. и доп. ; Гриф МО. - Москва : Машиностроение, 2007. - 429 с.
- 4 Ковшов, А. Н. Технология машиностроения : учеб. для вузов / А. Н. Ковшов. - Изд. 2-е, испр. ; Гриф УМО. - Санкт-Петербург [и др.] : Лань, 2008. - 319 с.
- 5 Афонькин, М.Г. Производство заготовок в машиностроении. / М.Г. Афонькин, В.Б. Звягин – 2-е изд., доп. и пер.ера. СПб: Политехника, 2007 – 380с.
- 6 Расторгуев Д. А. Разработка плана изготовления деталей машин : учеб.-метод. пособие / Д. А. Расторгуев ; ТГУ ; Ин-т машиностроения ; каф. "Оборудование и технологии машиностроит. пр-ва". - ТГУ. - Тольятти : ТГУ, 2013. - 51 с.
- 7 Справочник технолога-машиностроителя. В 2 т. Т. 1 / А. М. Дальский [и др.] ; под ред. А. М. Дальского [и др.]. - 5-е изд., испр. - Москва : Машиностроение-1, 2003. - 910 с.
- 8 Расчет припусков и межпереходных размеров в машиностроении: Учеб. пособ. Для машиностроит. спец. вузов/ Я.М. Радкевич, В.А. Тимирязев, А.Г. Схиртладзе, М.С. Островский; Под ред. В.А. Тимирязева. – 2-е изд. Высш. шк. 2007 г.
- 9 Лебедев, В. А. Технология машиностроения : Проектирование технологий изготовления изделий : учеб. пособие для вузов / В. А. Лебедев, М.

- А. Тамаркин, Д. П. Гепта. - Гриф УМО. - Ростов-на-Дону : Феникс, 2008. - 361 с.
- 10 Маталин А. А. Технология машиностроения : учеб. для студ. вузов, обуч. по спец. 151001 напр. "Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроит. производств" / А. А. Маталин. - Изд. 3-е, стер. ; Гриф УМО. - Санкт-Петербург [и др.] : Лань, 2010. - 512 с.
- 11 Металлорежущие станки [Электронный ресурс] : учебник. В 2 т. Т. 1 / Т. М. Авраимова [и др.] ; под ред. В. В. Бушуева. - Москва : Машиностроение, 2011. - 608 с.
- 12 Ермолаев В.В. Технологическая оснастка. Лабораторно-практические работы и курсовое проектирование: учеб. пособ. – М.: Изд-во «Академия», 2012. – 320 с.
- 13 Кожевников, Д.В. Режущий инструмент [Электронный ресурс] : учебник / Д.В. Кожевников, В.А. Гречишников, С.В. Кирсанов [и др.]. - Электрон. дан. - М. : Машиностроение, 2014. — 520 с.
- 14 Болтон У. Карманный справочник инженера-метролога. / У Болтон – М : Издательский дом «Додэка-XXI», 2002 – 384 с.
- 15 Расторгуев Д. А. Проектирование технологических операций [Электронный ресурс] : электрон. учеб.-метод. пособие / Д. А. Расторгуев ; ТГУ ; Ин-т машиностроения ; каф. "Оборудование и технологии машиностроит. пр-ва". - Тольятти : ТГУ, 2015. - 140 с.
- 16 Справочник технолога-машиностроителя. В 2 т. Т. 2 / А. М. Дальский [и др.] ; под ред. А. М. Дальского [и др.]. - 5-е изд., испр. - Москва : Машиностроение-1, 2003. - 941 с.
- 17 Тарабарин, О. И. Проектирование технологической оснастки в машиностроении : учеб. пособие для вузов / О. И. Тарабарин, А. П. Абызов, В. Б. Ступко. - Изд. 2-е, испр. и доп. ; гриф УМО. - Санкт-Петербург : Лань, 2013. - 303 с.
- 18 Станочные приспособления : справочник. В 2 т. Т. 1 / редсовет: Б. Н. Вардашкин (пред.) [и др.] ; ред. тома Б. Н. Вардашкин [и др.]. - Москва : Машиностроение, 1984. - 592 с.

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

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

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

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

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

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Спецификации к сборочным чертежам

| Формат | Зона | Лист | Обозначение | Наименование | Кол. | Примечание |
|-----------------------------|------------|----------|-------------------------|----------------------------------|----------------|------------|
| | | | | | | |
| <u>Документация</u> | | | | | | |
| A1 | | | 16.07.ТМ.535.008.000.СБ | Сборочный чертеж | | |
| <u>Детали</u> | | | | | | |
| A3 | 1 | | 16.07.ТМ.535.008.001 | Корпус патрона | 1 | |
| A4 | 2 | | 16.07.ТМ.535.008.002 | Сухарь | 1 | |
| A4 | 3 | | 16.07.ТМ.535.008.003 | Гильза | 1 | |
| A3 | 4 | | 16.07.ТМ.535.008.004 | Мембрана | 1 | |
| A3 | 5 | | 16.07.ТМ.535.008.005 | Крышка гидроцилиндра | 1 | |
| A3 | 6 | | 16.07.ТМ.535.008.006 | Корпус гидроцилиндра | 1 | |
| A3 | 7 | | 16.07.ТМ.535.008.007 | Поршень | 1 | |
| A4 | 8 | | 16.07.ТМ.535.008.008 | Упор | 3 | |
| A3 | 9 | | 16.07.ТМ.535.008.009 | Толкатель | 1 | |
| A4 | 10 | | 16.07.ТМ.535.008.010 | Кулачок | 1 | |
| A3 | 11 | | 16.07.ТМ.535.008.011 | Шток | 1 | |
| <u>Стандартные изделия</u> | | | | | | |
| | 12 | | | Винт М6х25 ГОСТ | 3 | |
| | 13 | | | Продка М8 ГОСТ 12202-66 | 2 | |
| | 14 | | | Продка М10 ГОСТ 12202-66 | 1 | |
| | 15 | | | Кольцо стопорное ГОСТ 9060-69 | 1 | |
| | 16 | | | Уплотнение ГОСТ 8752-79 | 2 | |
| | 17 | | | Уплотнение ГОСТ 8752-79 | 2 | |
| | | | 16.07.ТМ.535.008.000 | | | |
| Изм. | Лист | № докум. | Подп. | Дата | | |
| Разраб. | Канаева | | | | Лит. | Лист |
| Пров. | Логинов | | | | Д | 1 |
| Н.контр. | Виткалов | | | | Листов | |
| Утв. | Бобровский | | | | 2 | |
| Приспособление станочное | | | | | ТГУ, ТМБЗ-1101 | |

| Формат | Зона | Поз. | Обозначение | Наименование | Кол. | Примечание |
|--------|------|------|-------------|-------------------------------|------|------------|
| | | 18 | | Винт М8х32 ГОСТ 1491-80 | 5 | |
| | | 19 | | Подшипник 904 ГОСТ 8338-85 | 2 | |
| | | 20 | | Уплотнение ГОСТ 8752-79 | 2 | |
| | | 21 | | Демпфер ГОСТ 8754-79 | 2 | |
| | | 22 | | Винт М12х35 ГОСТ 1491-80 | 3 | |
| | | 23 | | Прокладка ГОСТ 8756-79 | 1 | |
| | | 24 | | Гайка М20 ГОСТ 11878-87 | 2 | |
| | | 25 | | Шайба ГОСТ 11872-79 | 1 | |
| | | 26 | | Винт М8х25 ГОСТ 14475-80 | 8 | |

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

| | | | | |
|------|------|----------|-------|------|
| Изм. | Лист | № докум. | Подп. | Дата |
| | | | | |

16.07.ТМ.535.008.000

Лист
2

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

Маршрутные карты

| A | Цех | Уч | PM | Отпр | Код, наименование операции | Обозначение документа | | | | | | Тум |
|------|--|----|----|------|----------------------------|-------------------------------|----|--------|---|----|----|-----|
| | | | | | | Код, наименование обозначения | CM | проект | P | УТ | КР | |
| 0.19 | Сверлить поверхность 30, 32 в размер $\phi 20^{+0,021}$, $\phi 35^{+0,025}$, 42 | | | | | | | | | | | |
| T.20 | 396171 Приспособление специальное; 391290 Сверло ступенчатое специальное ВК6М; 393311 | | | | | | | | | | | |
| T.21 | Штангенциркуль ШЦ-1 ГОСТ 166-89. | | | | | | | | | | | |
| 22 | | | | | | | | | | | | |
| A.23 | XX XX XX 015 4121 Сверлильная | | | | | | | | | | | |
| Б.24 | 381213 Вертикально-сверлильный ГНД-55РФА 3 15292 312 1Р 1 1 1 1200 1 172 | | | | | | | | | | | |
| 0.25 | Сверлить поверхность 15 в размер $\phi 6^{+0,1}$, 54, 15 | | | | | | | | | | | |
| T.26 | 396171 Приспособление специальное; 391290 Сверло $\phi 6$ ГОСТ 10903-77 Р6М5; 393311 Штангенциркуль | | | | | | | | | | | |
| T.27 | ШЦ-1 ГОСТ 166-89. | | | | | | | | | | | |
| 28 | | | | | | | | | | | | |
| A.29 | XX XX XX 020 4110 Токарная | | | | | | | | | | | |
| Б.30 | 381101 Токарный КОСК-25АС СМС 3 18217 312 1Р 1 1 1 1200 1 338 | | | | | | | | | | | |
| 0.31 | Точить последовательно поверхности: Установ А пов. 1, 2, 3 в размер $\phi 65^{+0,03}$; $\phi 70^{+0,04}$; 89, 45 | | | | | | | | | | | |
| 0.32 | Установ Б пов. 8, 12, 13, 16, 17, 19, 20, 24, 25, 26, 28, 29, 31 в размер $\phi 55, 294^{+0,1}$; $\phi 4, 1218^{+0,1}$; $\phi 28^{+0,084}$. | | | | | | | | | | | |
| 0.33 | $\phi 20^{+0,044}$; 17, 95; 28, 87; 49, 95; 62, 61; 116, 45; 133, 85 | | | | | | | | | | | |
| T.34 | 396110 Патрон 3-х кулачковый ГОСТ 2675-80; 392101 Резец контурный ГОСТ 18879-73 Т5К10; | | | | | | | | | | | |
| T.35 | 392135 Резец расточной ГОСТ 18879-73 Т30К4; 392104 Резец канавочный ГОСТ 18879-73 Т30К4; | | | | | | | | | | | |
| T.36 | 392104 Резец канавочный ГОСТ 18879-73 Т30К4; 392104 Резец канавочный ГОСТ 18879-73 Т30К4; | | | | | | | | | | | |
| T.37 | 392104 Резец канавочный ГОСТ 18879-73 Т30К4; 394233 Микрометр МК-80 ГОСТ 6507-90; 394253 | | | | | | | | | | | |
| T.38 | Нутромер НМ-50 ГОСТ 10-88. | | | | | | | | | | | |
| 39 | | | | | | | | | | | | |
| A.40 | XX XX XX 025 4153 Зубофрезерная | | | | | | | | | | | |
| Б.41 | 381572 Зубофрезерный ЛС 200 3 12287 312 1Р 1 1 1 1200 1 227 | | | | | | | | | | | |
| МК | | | | | | | | | | | | |

| A | Цех | Уч | РМ | Отвер | Код, наименование операции | Обозначение документа | | | | | | Тип |
|------|--|----|----|-------|----------------------------|--------------------------------|----|-------|---|----|----|-----|
| | | | | | | Код, наименование оборудования | СМ | граф. | Р | УТ | КР | |
| 0.69 | <i>Фрезеровать пов. 6. 7 в размер 10-й степени точности</i> | | | | | | | | | | | |
| T.70 | <i>396171 Приспособление специальное; 391810 Фреза червячная ϕ100 ГОСТ 9324-80 Р9К10; 394590</i> | | | | | | | | | | | |
| T.71 | <i>Прибор измерительный универсальный.</i> | | | | | | | | | | | |
| 72 | | | | | | | | | | | | |
| A.73 | <i>XX XX XX 030 4152 Долбежная</i> | | | | | | | | | | | |
| B.74 | <i>381571 Долбежный YK5150 3 12287 312 1P 1 1 1 1200 1 241</i> | | | | | | | | | | | |
| 0.75 | <i>Долбить пов. 22. 23 в размер ϕ26^{+0.032}; ϕ24^{+0.1}</i> | | | | | | | | | | | |
| T.76 | <i>396171 Приспособление специальное; 392410 Дольяк чашечный ГОСТ 9323-79 Р18; 393400 Калидры.</i> | | | | | | | | | | | |
| 77 | | | | | | | | | | | | |
| A.78 | <i>XX XX XX 035 4157 Шевинговальная</i> | | | | | | | | | | | |
| B.79 | <i>381574 Зубошевинговальный ZS240CNC 3 12287 312 1P 1 1 1 1200 1 287</i> | | | | | | | | | | | |
| 0.80 | <i>Шевинговать пов. 6 в размер 6-й степени точности</i> | | | | | | | | | | | |
| T.81 | <i>396171 Приспособление специальное; 391810 Шерер дисковый Р9Ф5 ГОСТ 8570-75 394300 Прибор</i> | | | | | | | | | | | |
| T.82 | <i>измерительный универсальный.</i> | | | | | | | | | | | |
| 83 | | | | | | | | | | | | |
| A.84 | <i>XX XX XX 040 4162 Зубофасочная.</i> | | | | | | | | | | | |
| B.85 | <i>381574 Зубофасочный 210NC 3 12287 312 1P 1 1 1 1200 1 146</i> | | | | | | | | | | | |
| 0.86 | <i>Выполнить фаски на торцовых поверхностях зубьев.</i> | | | | | | | | | | | |
| T.87 | <i>396171 Приспособление специальное; 391810 Фреза Р6М5 специальная; 393400 Калидр.</i> | | | | | | | | | | | |
| 88 | | | | | | | | | | | | |
| A.89 | <i>XX XX XX 045 Термическая</i> | | | | | | | | | | | |
| 90 | | | | | | | | | | | | |
| A.91 | <i>XX XX XX 050 4132 Внутришлифовальная</i> | | | | | | | | | | | |
| МК | | | | | | | | | | | | |

| A | Цех | Уч | РМ | Опер | Код, наименование операции | Обозначение документа | | | | | | |
|-------|---|-----------------------------|--------------------------|------------------------|----------------------------|-----------------------|-------|---|----|------|------|------|
| | | | | | | СМ | госф. | Р | УТ | КР | КОИД | ЕН |
| Б.94 | 381312 | Внутршлифовальный | RIG-150 | 3 | 18873 | 312 | 1P | 1 | 1 | 1200 | 1 | 14 |
| 0.95 | Шлифовать поверхность 1 в размер 89 ^{±0,0547} | | | | | | | | | | | |
| Т.96 | 396171 | Приспособление специальное; | 39810Круг шлифовальный; | 394300Скода рычажная | СРГОСТ11098-75. | | | | | | | |
| 97 | | | | | | | | | | | | |
| А.98 | XX XX XX | 055 | 4132 | Горцекрылошлифовальная | | | | | | | | |
| Б.99 | 381312 | Горцекрылошлифовальный | GA3570 | 3 | 18873 | 312 | 1P | 1 | 1 | 1200 | 1 | 2,24 |
| 0.100 | Шлифовать пов. 12, 13, 16, 17 размер $\phi 55,088_{-0,039}^{+0,033}$; $\phi 40,16_{-0,039}^{+0,046}$; 59,32 | | | | | | | | | | | |
| Т.101 | 396171 | Приспособление специальное; | 39810Круг шлифовальный; | 394300Скода рычажная | СРГОСТ11098-75. | | | | | | | |
| 102 | | | | | | | | | | | | |
| А.103 | XX XX XX | 060 | 4132 | Горцекрылошлифовальная | | | | | | | | |
| Б.104 | 381312 | Горцекрылошлифовальный | GA3570 | 3 | 18873 | 312 | 1P | 1 | 1 | 1200 | 1 | 148 |
| 0.105 | Шлифовать пов. 12, 13, 16, 17 размер $\phi 55 \pm 0,0095$; $\phi 40 \pm 0,008$; 26 ^{±0,019} ; 59 ^{±0,019} | | | | | | | | | | | |
| Т.106 | 396171 | Приспособление специальное; | 39810Круг шлифовальный; | 394300Скода рычажная | СРГОСТ11098-75. | | | | | | | |
| 107 | | | | | | | | | | | | |
| А.108 | XX XX XX | 065 | 4135 | Резьдошлифовальная | | | | | | | | |
| Б.109 | 381316 | Резьдошлифовальный | MB20 | 3 | 18873 | 312 | 1P | 1 | 1 | 1200 | 1 | 1,17 |
| 0.110 | Шлифовать пов. 33 размер M20x1,5 ба. | | | | | | | | | | | |
| Т.111 | 396171 | Приспособление специальное; | 39810 Круг шлифовальный; | 393400 Калидры. | | | | | | | | |
| 112 | | | | | | | | | | | | |
| А.113 | XX XX XX | 070 | Мочная. | | | | | | | | | |
| 114 | | | | | | | | | | | | |
| А.115 | XX XX XX | 075 | Контрольная. | | | | | | | | | |
| 116 | | | | | | | | | | | | |
| МК | | | | | | | | | | | | |

ПРИЛОЖЕНИЕ В

Операционные карты

