

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования

«Тольяттинский государственный университет»

Институт машиностроения

(наименование института полностью)

Кафедра «Оборудование и технологии машиностроительного производства»

(наименование кафедры)

15.03.05 «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных

производств»

(код и наименование направления подготовки)

Технология машиностроения

(профиль)

**БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА**

на тему Функционально-стоимостной анализ при проектировании  
технологического процесса изготовления корпуса

Студент(ка)

А.А.Голунов

(И.О. Фамилия)

\_\_\_\_\_  
(личная подпись)

Руководитель

Д.А.Расторгуев

(И.О. Фамилия)

\_\_\_\_\_  
(личная подпись)

Консультанты

А.В.Степаненко

(И.О. Фамилия)

\_\_\_\_\_  
(личная подпись)

И.В.Краснопевцева

(И.О. Фамилия)

\_\_\_\_\_  
(личная подпись)

В.Г.Виткалов

(И.О. Фамилия)

\_\_\_\_\_  
(личная подпись)

**Допустить к защите**

Заведующий кафедрой

к.т.н, доцент

Н.Ю. Логинов

\_\_\_\_\_  
(личная подпись)

« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2017 г.

Тольятти 2017

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Тольяттинский государственный университет»  
**ИНСТИТУТ МАШИНОСТРОЕНИЯ**  
(наименование института полностью)

Кафедра «Оборудование и технологии машиностроительного производства»  
(наименование кафедры)

УТВЕРЖДАЮ

Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ Н.Ю. Логинов

«\_\_» \_\_\_\_\_ 2017г.

**ЗАДАНИЕ**

**на выполнение бакалаврской работы**

**направление подготовки 15.03.05 «Конструкторско-технологическое обеспечение**

**машиностроительных производств»**

**профиль «Технология машиностроения»**

Студент Голунов Александр Андреевич гр. ТМбз-1231

1. Тема Функционально-стоимостной анализ при проектировании технологического процесса изготовления корпуса

2. Срок сдачи студентом законченной выпускной квалификационной работы «09» июня 2017 г.

3. Исходные данные к выпускной квалификационной работе годовой объем выпуска N=1000  
дет/год

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

*Титульный лист.*

*Задание. Календарный план. Аннотация. Содержание.*

*Введение*

*1) Описание исходных данных*

*2) Технологическая часть работы*

*3) Проектирование приспособления*

*4) Безопасность и экологичность работы*

*5) Экономическая эффективность работы*

*Заключение. Список используемой литературы.*

*Приложения: технологическая документация*

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

УТВЕРЖДАЮ  
Заведующий кафедрой  
к.т.н., доцент

\_\_\_\_\_ Н.Ю. Логинов  
(подпись)  
«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2017 г.

**КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН**  
**выполнения бакалаврской работы**

Студента \_\_\_\_\_ Голунов Александр Андреевич \_\_\_\_\_

По теме Функционально-стоимостной анализ при проектировании технологического процесса изготовления корпуса

| Наименование<br>раздела работы                     | Плановый срок<br>выполнения<br>раздела | Фактический срок<br>выполнения<br>раздела | Отметка о<br>выполнении | Подпись<br>руководителя |
|----------------------------------------------------|----------------------------------------|-------------------------------------------|-------------------------|-------------------------|
| <i>Описание<br/>исходных данных</i>                | 01.02.2017                             |                                           |                         |                         |
| <i>Технологическая<br/>часть работы</i>            | 01.04.2017                             |                                           |                         |                         |
| <i>Проектирование<br/>приспособления</i>           | 01.05.2017                             |                                           |                         |                         |
| <i>Безопасность и<br/>экологичность<br/>работы</i> | 15.05.2017                             |                                           |                         |                         |
| <i>Экономическая<br/>эффективность<br/>работы</i>  | 15.05.2017                             |                                           |                         |                         |
| <i>Заключение.</i>                                 | 15.05.2017                             |                                           |                         |                         |
| <i>Список<br/>литературы.</i>                      | 15.05.2017                             |                                           |                         |                         |
| <i>Приложения</i>                                  | 15.05.2017                             |                                           |                         |                         |

Руководитель выпускной  
квалификационной работы

Задание принял к исполнению

|           |                |
|-----------|----------------|
| _____     | _____          |
| (подпись) | (И.О. Фамилия) |
| _____     | _____          |
| (подпись) | (И.О. Фамилия) |

## АННОТАЦИЯ

Голунов Александр Андреевич Функционально-стоимостной анализ при проектировании технологического процесса изготовления корпуса/ Тольяттинский государственный университет: Тольятти, 2017. – 59 с.

Ключевые слова: технико-экономический расчет, критерий эффективности, функционально-стоимостной анализ, многооперационный станок, корпус, отливка.

Работа связана с разработкой технологического процесса изготовления корпуса червячного редуктора с использованием методов оценки эффективности технологических решений на основе функционально-стоимостного анализа.

## Содержание

|                                             |    |
|---------------------------------------------|----|
| Введение.....                               | 6  |
| 1. Описание исходных данных .....           | 7  |
| 2. Технологическая часть работы .....       | 12 |
| 3. Проектирование приспособления.....       | 27 |
| 4. Безопасность и экологичность работы..... | 36 |
| 5 Экономическая эффективность работы .....  | 44 |
| Заключение .....                            | 48 |
| Список используемой литературы .....        | 49 |
| Приложения .....                            | 52 |

## **ВВЕДЕНИЕ**

Обеспечить конкурентоспособность изделий отечественного машиностроения можно на основе использования обоснованных и эффективных методов проектирования, к которым относится функционально-стоимостной анализ.

Изготовление корпусной детали это сложный ступенчатый процесс, который характеризуется большим разнообразием технологических вариантов, которые возможно применить для его изготовления. Предлагается обычно сравнение альтернативных способов обработки на основе технико-экономических показателей. Для этого необходимо провести подробную разработку техпроцесса с нормированием операций. Это нерационально и трудоемко. Наиболее эффективным способом выбора варианта обработки является использование методов функционально-стоимостного анализа. На основе принятых оценок по разработанной заранее шкале проводится оценка возможных вариантов, включая оценку оснащения, инструментов, режимов, параметров точности и шероховатости, производительности. Это позволяет в короткие сроки провести достаточно объективную многокритериальную оценку проектируемых вариантов, что позволит выбрать окончательно самый эффективный способ и технологию обработки.

## 1. ОПИСАНИЕ ИСХОДНЫХ ДАННЫХ

### 1.1 Анализ служебного назначения детали

Корпус является базовой деталью червячного редуктора. На ней устанавливается промежуточная секция с крышкой. Сама деталь предназначена для ориентации узлов редуктора: узла червяка в сборе с подшипниками и узла вал в сборе с червячным колесом.

Червячный редуктор необходим для значительного увеличения крутящего момента при снижении частоты вращения выходного вала. Нагрузка при работе может постоянной или переменной.

Материал с учетом служебного назначения, а также условий работы корпуса, серый чугун СЧ20ГОСТ 1412-85. Основные параметры этого материала даются в таблицах 1.1, 1.2 [20].

Таблица 1.1 - Механические свойства СЧ 20 ГОСТ 1412-85

| Предел<br>текучести | Предел<br>прочности | Плотность                 | Твердость |
|---------------------|---------------------|---------------------------|-----------|
| $\sigma_T$ , МПа    | $\sigma_B$ , МПа    | $\rho$ , г/м <sup>3</sup> | НВ        |
| 98                  | 200                 | 7,5                       | 143-255   |

Таблица 1.2 - Химический состав (кроме железа Fe)

| Углерод |             | Массовая доля, % |                        |                      |
|---------|-------------|------------------|------------------------|----------------------|
| С       | Кремний, Si | Марганец, Mn     | Фосфор, P, не<br>более | Сера, S, не<br>более |
| 3,3-3,5 | 1,4 - 2,4   | 0,7-1,0          | 0,2                    | 0,03                 |

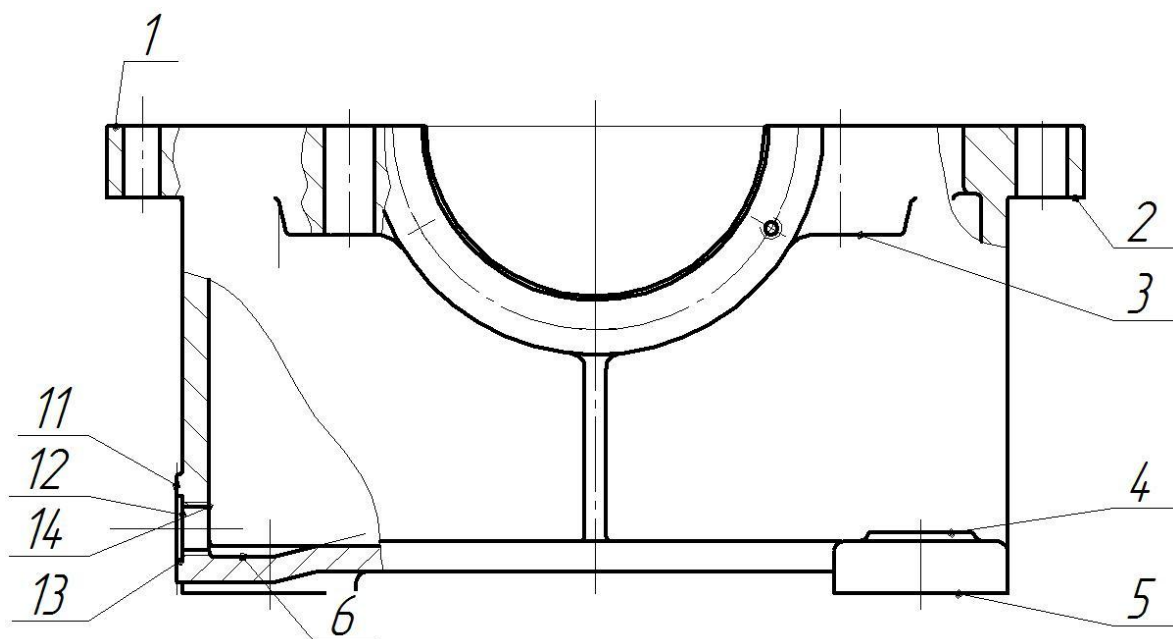


Рисунок 1.1 - Эскиз корпуса червячного редуктора

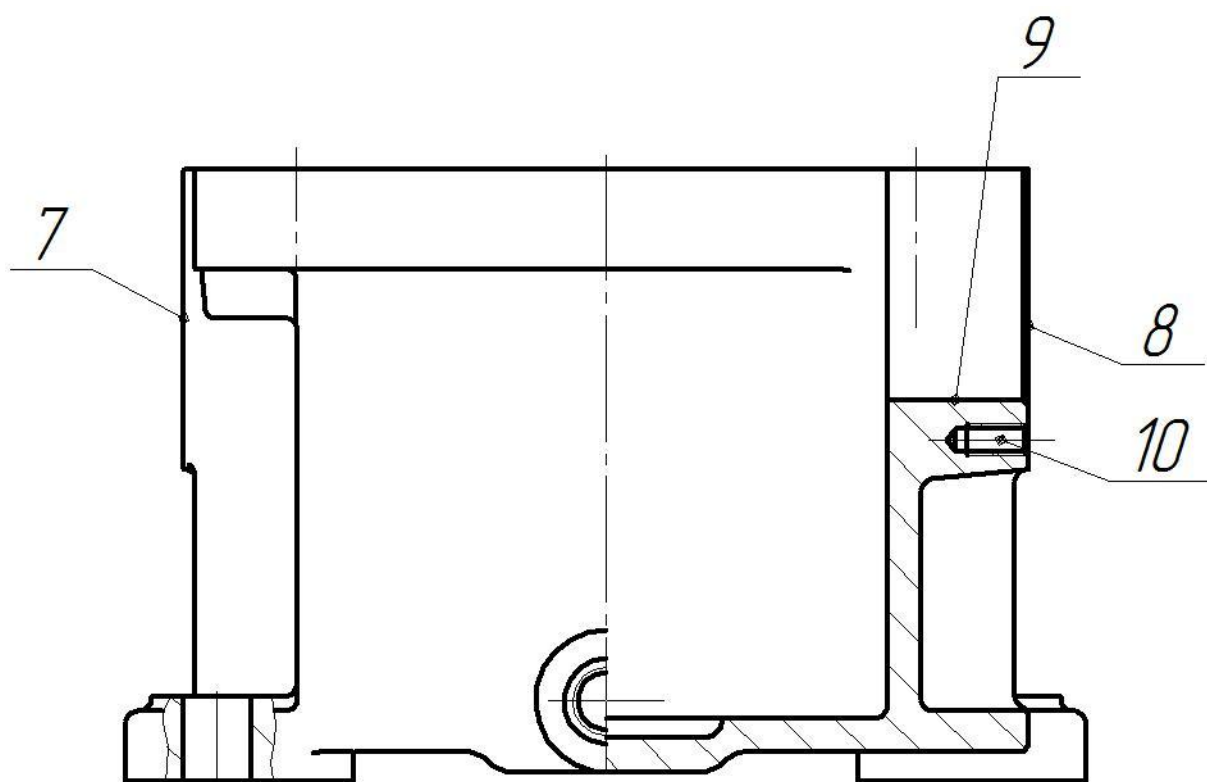


Рисунок 1.2 – Вид сбоку корпуса червячного редуктора

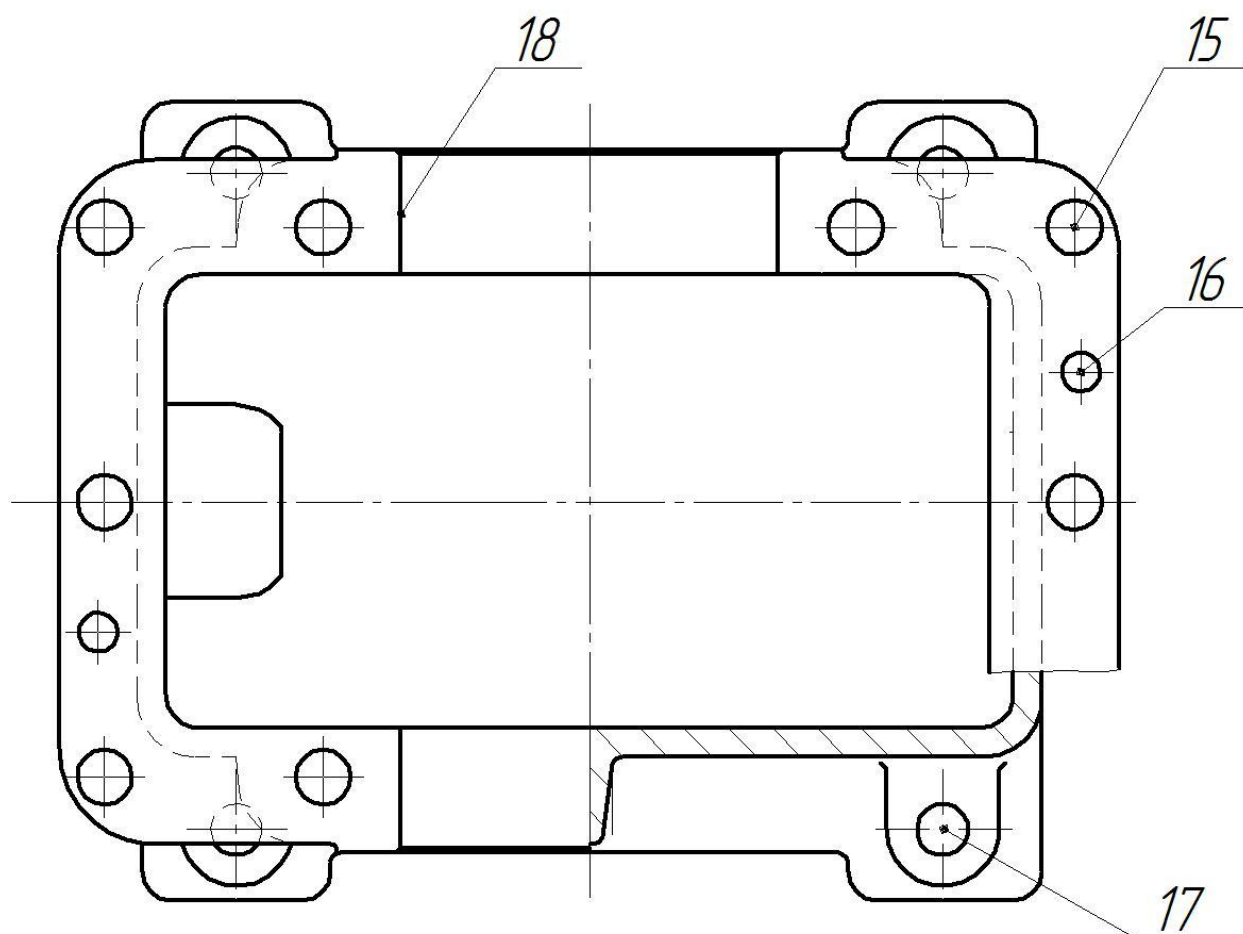


Рисунок 1.3 – Вид сверху корпуса червячного редуктора

Корпус редуктор однорядный представлен на рисунках 1.1-1.3 с нумерацией поверхностей все требования на которые показаны в таблице 1.3.

Корпус - призматическая детали сложной формы. Она имеет полости, ребра жесткости, переменную толщину стенок.

Корпус небольших размеров. Испытывает при работе средние нагрузки. С учетом выше сказанного выбирается чугун СЧ 20 ГОСТ 1412-85.

Его химический состав приводится в табл. 1.2 [20]. В табл.1.3. показаны физико-механические свойства.

Таблица 1.3 - Классификация поверхностей по требованиям

| №  | Форма | Тип | Размеры<br>мм | Квалите<br>т, IT | Отклон<br>ения<br>располо<br>жения и<br>формы | Допуски,<br>мм | Шерох<br>оватос<br>ть<br>поверх<br>ностей,<br>мкм |
|----|-------|-----|---------------|------------------|-----------------------------------------------|----------------|---------------------------------------------------|
| 1  | 2     | 3   | 4             | 5                | 6                                             | 7              | 8                                                 |
| 1  | П     | ВКБ | 180           | 14               | //<br>□                                       | 0,02<br>0,01   | 1,25                                              |
| 2  | П     | ВКБ | 25            | 14               |                                               |                | 6,3                                               |
| 3  | П     | ВКБ | 38            | 14               |                                               |                | 6,3                                               |
| 4  | П     | ВКБ | 21            | 14               |                                               |                | 2,5                                               |
| 5  | П     | ОКБ | 285x284       | 14               | //<br>□                                       | 0,02<br>0,01   | 1,25                                              |
| 6  | Ф     | С   | 4             | 16               |                                               |                | 2,5                                               |
| 7  | П     | ВКБ | 222           | 14               | ⊥                                             | 0,02           | 2,5                                               |
| 8  | П     | ВКБ | 222           | 14               | ⊥                                             | 0,02           | 2,5                                               |
| 9  | О     | ВКБ | 18            | 10               |                                               |                | 2,5                                               |
| 10 | Р     | ВКБ | 8             | 8                |                                               |                | 2,5                                               |
| 11 | П     | ВКБ | 2,5           | 14               |                                               |                | 6,3                                               |
| 12 | П     | ВКБ | 2,5           | 14               |                                               |                | 3,2                                               |
| 13 | ЦВ    | С   | 22            | 14               |                                               |                | 3,2                                               |
| 14 | Р     | ВКБ | 18            | 8                |                                               |                | 3,2                                               |
| 15 | О     | ВКБ | 18            | 10               |                                               |                | 2,5                                               |
| 16 | О     | ВКБ | 12            | 7                |                                               |                | 1,25                                              |
| 17 | О     | ОКБ | 12            | 14               |                                               |                | 6,3                                               |

Продолжение табл. 1.3

| 1  | 2 | 3          | 4    | 5  | 6 | 7     | 8    |
|----|---|------------|------|----|---|-------|------|
| 18 | О | ВКБ,<br>И. | 58,5 | 7  | © | 0,015 | 1,25 |
| 19 | Ф | С          | 1,5  | 14 |   |       | 6,3  |

Примечания: О-отверстие; Ф-фасонная; Р-резьба; ЦВ-цилиндрическая внутренняя; П-плоские; С-свободные; ВКБ и ОКБ – установочные и главные конструкторские базы; И-рабочие поверхности

## 1.2 Анализ технологичности конструкции детали

Затруднено обеспечение требований точности и правильности геометрических форм отверстий под подшипники пов. 17, 18 Ø160H7<sup>(+0,04)</sup>. Для этого требуется сборка с прилегающей деталью, их совместная обработка для получения двух точных отверстий с качеством 6 и шероховатостью Ra1,25 мкм и последующее штифтование. Отверстия разнесены на значительное расстояние около 170мм. Требование при этом по соосности очень высокие: 0,015 мм. Это требует: во-первых их совместной обработки с одного станова; во-вторых, использование жесткого расточного инструмента -борштанги. Нетехнологичным является поднутрения-выточки с обратной стороны верхнего буртика у отверстий под стяжные болты корпуса с крышкой. Снизу зона обработки закрыта. Поэтому необходимо использовать цековки для растачивания через отверстия сверху.

В целом можно сделать вывод, что деталь не технологична, и в тоже позволяет применять высокопроизводительные методы обработки.

## **2. ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ РАБОТЫ**

### **2.1. Определение характеристик типа производства**

По [12] тип производства определим по годовой программе выпуска (по заданию она равна 1000 деталей в год). Необходимо учесть массу готовой детали - корпуса. Она определяется по чертежу с учетом плотности (таблица 1.1) и равна 12,3 кг.

Тогда выбираем среднесерийное производство для которого необходимо рассчитать размер партии периодического запуска [12]:

$$n = \frac{N \times a}{254}, \quad (2.1)$$

где: а – периодичность запуска в днях, а = 6 дней ;

N – годовая программа выпуска, деталей в год.

$$n = \frac{1000 \times 6}{254} = 24шт$$

### **2.2. Выбор и проектирование заготовки**

Для коробчатой детали – корпуса редуктора изготавливаемого в условиях серийного производства из материала – серого чугуна СЧ 20 единственно допустимы способом получения заготовки является способ литья в песчано – глинистые формы.

Литье в песчаные– глинистые формы относится к универсальным методам литья при средней точности и качестве поверхности при сравнении с литьем в металлические формы (кокиль). К тому же последний способ дороже, а повышенное качество отливки в среднесерийном производстве и не требуется.

Для проектирования исходной заготовки – отливки необходимо:

1. выбрать класс размерной точности. С учетом материала, размеров и серийности он равен (по ГОСТ26645-85) 11.
2. выбрать степень коробления с учетом размеров, материала -8.
3. выбрать класс точности масс – 11.
4. выбрать ряд припусков – 4.
5. выбрать степень точности поверхности – 9.

В соответствии с этими параметрами проектируется заготовка отливка: назначаются припуски, пересчитываются с учетом припусков размеры заготовки и на эти размеры назначаются допуски. Все эти параметры представлены на листе графической части.

На точную поверхность корпуса  $\varnothing 160H7 \begin{smallmatrix} 0,048 \\ \end{smallmatrix}$  промежуточные припуски и технологические размеры результаты расчета по формулам из [24] показаны в таблице 2.1.

На рисунке 2.1 эти данные показаны в виде схемы.

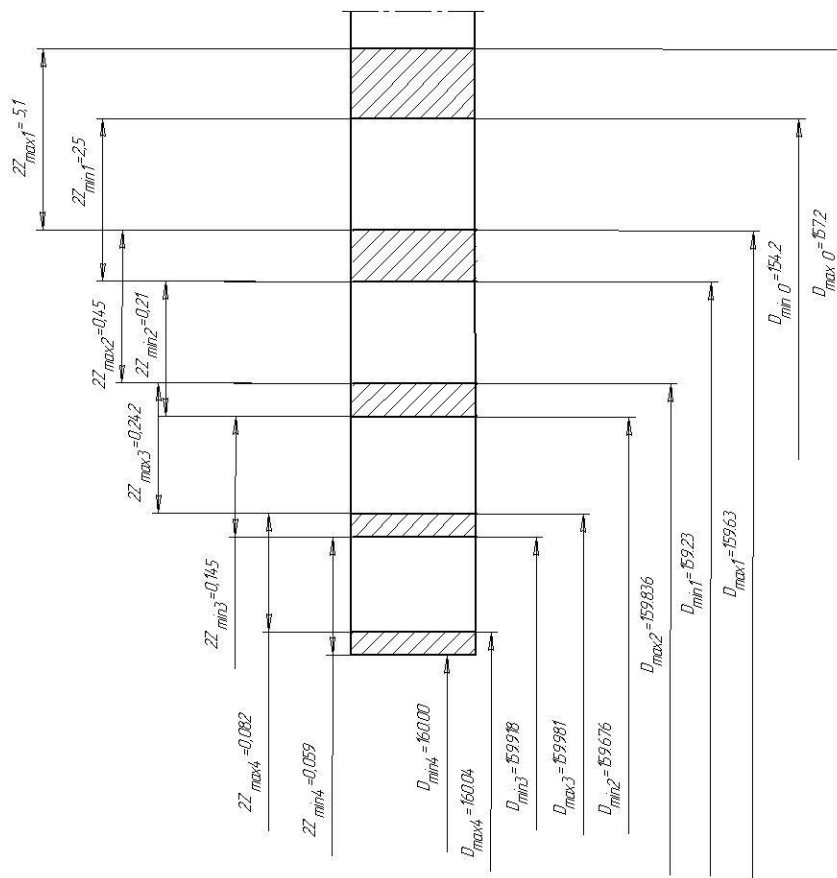


Рисунок 2.1 - Схемы припусков на пов.160H7

Таблица 2.1 Расчет операционных размеров отверстия корпуса Ø160H7  $\left( \begin{smallmatrix} +0,048 \\ 0 \end{smallmatrix} \right)$

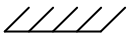
| Маршрут<br>обработки с<br>допусками (мм)  | Элементы для расчета<br>припуска, мкм |    |              |             | IT | Прельные<br>припуски, мм |                  | Операционные<br>размеры, мм |                  |
|-------------------------------------------|---------------------------------------|----|--------------|-------------|----|--------------------------|------------------|-----------------------------|------------------|
|                                           | T                                     | Rz | $\epsilon_y$ | $\rho_{пр}$ |    | Z <sub>min</sub>         | Z <sub>max</sub> | Ø <sub>min</sub>            | Ø <sub>max</sub> |
| 1. литье(3,0)                             | 650                                   |    |              | 570         | 15 |                          |                  | 154,2                       | 157,2            |
| 2. Растачивание<br>черновое(0,4)          | 30                                    | 30 | 100          | 34          | 12 | 2,5                      | 5,1              | 159,23                      | 159,63           |
| 3. растачивание<br>получистовое(0,<br>16) | 20                                    | 25 | 25           | 23          | 10 | 0,21                     | 0,45             | 159,676                     | 159,836          |
| 4. Растачивание<br>чистовое(0,063)        | 5                                     | 10 | 15           | 11          | 8  | 0,145                    | 0,242            | 159,918                     | 159,981          |
| 5. растачивание<br>тонкое(0,04)           | 5                                     | 6  | 9            | 6           | 7  | 0,059                    | 0,082            | 160,0                       | 160,04           |

Масса отливки корпуса  $Q=12,3$  кг. Для оценки эффективности использования материала определим коэффициент использования по формуле:

$$K_M = q/Q, \quad (2.2)$$
$$K_M = 12,3/14,2 = 0,87.$$

Для среднесерийного типа производства данное значение  $K_M$  является очень хорошим.

На чертеже отливки указываются дополнительные требования:

1. Очистка поверхности – дробеструйная обработка
2. Неуказанные литейные радиусы - R3 мм и уклоны – на наружные поверхности 3-5°, на внутренние – 4-7°.
3. Дефекты формы – сдвиг не более 1 мм.
4. Дефекты глубиной не более половины фактического припуска.
5.  - черновые технологические базы.
6. Ряд припусков – 4 по ГОСТ 26645-85.

### **2.3. Разработка технологического маршрута и схем базирования**

В представленной ниже таблице 2.2 указаны способы формирования поверхностей в соответствии с их назначением, размерами, допусками и шероховатостью. Все последовательности обработки являются типовыми [8, 26].

Таблица 2.2 - Группы методов обработки

| № поверхности  | Точность | Шероховатость, Ra | Метод обработки                                                                                                                                     |
|----------------|----------|-------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1              | 2        | 3                 | 4                                                                                                                                                   |
| 1, 5, 7, 8, 11 | IT 14    | 1,25              | Фрезерование черновое (12; Ra 6,3) – Фрезерование чистовое (9; Ra 1,25)                                                                             |
| 18             | IT 7     | 1,25              | Растачивание черновое (12; Ra 12,5) – Растачивание получистовое (10; Ra 6,3) – Растачивание чистовое (8; Ra 2,5) - Растачивание тонкое (7; Ra 1,25) |
| 19             | IT 14    | 6,3               | Растачивание черновое (12; Ra 12,5) – Растачивание получистовое (10; Ra 6,3)                                                                        |
| 17             | IT 14    | 6,3               | Сверление (12; Ra 6,3)                                                                                                                              |
| 16             | IT 7     | 1,25              | Сверление (12; Ra 6,3) – Зенкерование (9; Ra 2,5) – Развертывание (7; Ra 1,25)                                                                      |
| 15,9           | IT 10    | 2,5               | Сверление (12; Ra 6,3) – Зенкерование (9; Ra 2,5)                                                                                                   |
| 10             | -8       | 2,5               | Сверление (11; Ra 3,2) – Резьбо нарезание (8; Ra 2,5)                                                                                               |
| 12             | 14       | 3,2               | Растачивание черновое (12; Ra 12,5)                                                                                                                 |

Обозначения в таблице:

С - сверление, З – зенкерование, РВ – развертывание, РВч – развертывание чистовое, Ф - фрезерование, Фп - фрезерование получистовое,

Фч – фрезерование чистовое, Т – точение, Тч – точение чистовое, Р – растачивание, Рч – растачивание чистовое, Рт – растачивание тонкое.

Для основания корпуса техпроцесс состоит из двух этапов: отдельная обработка корпуса и совместная обработка с крышкой. Все переходы распределены по операциям в этапам (черновой, получистовой и чистовой) и показаны в таблице 2.3 [7].

Таблица 2.3 – Маршрут обработки поверхностей корпуса сборного

| № операции | Наименование операции     | Переходы и №№ обрабатываемых поверхностей | Квалитет | Ra, мкм | Оборудование               |
|------------|---------------------------|-------------------------------------------|----------|---------|----------------------------|
| 1          | 2                         | 3                                         | 4        | 5       | 6                          |
| 000        | Заготовительная (отливка) | -                                         | 16       | 25      | -                          |
| 010        | Многооперационная         | Фрезерование черновое пов. 5              | IT13     | 12,5    | Многооперационный 2554ВМФ4 |
|            |                           | Фрезерование получистовое пов. 5          | IT11     | 2,5     |                            |
|            |                           | Фрезерование чистовое пов. 5              | IT9      | 1,25    |                            |
|            |                           | Сверление пов. 17*                        | IT12     | 6,3     |                            |
|            |                           | Сверление пов. 17                         | IT12     | 6,3     |                            |
|            |                           | Зенкерование пов. 17                      | IT9      | 2,5     |                            |

Продолжение таблицы 2.3

| 1   | 2                 | 3                                      | 4    | 5    | 6                           |
|-----|-------------------|----------------------------------------|------|------|-----------------------------|
|     |                   | Развертывание<br>пов. 17               | ЛТ7  | 1,25 |                             |
|     |                   | Подрезка торца<br>пов. 4               | ЛТ12 | 6,3  |                             |
| 020 | Многооперационная | Фрезерование<br>черновое пов. 1        | ЛТ12 | 6,3  | Многооперационный 2554ВМФ4  |
|     |                   | Фрезерование<br>получистовое<br>пов. 1 | ЛТ9  | 3,2  |                             |
|     |                   | Сверление пов.<br>9,15                 | ЛТ12 | 6,3  |                             |
|     |                   | Зенкование пов.<br>9,15                | ЛТ12 | 6,3  |                             |
|     |                   | Растачивание<br>пов. 2,18              | ЛТ11 | 6,3  |                             |
| 030 | Слесарная         | Убрать острые<br>кромки                |      |      |                             |
| 040 | Сборочная         | Сборка                                 |      |      | Сверлильный<br>станок 2М57  |
|     |                   | Сверление пов.<br>16                   | ЛТ12 | 6,3  |                             |
|     |                   | Зенкерование<br>пов. 16                | ЛТ9  | 2,5  |                             |
|     |                   | Развертывание<br>пов. 16               | ЛТ7  | 1,25 |                             |
|     |                   | Штифтование                            |      |      |                             |
| 050 | Многооперационная | Фрезерование<br>черновое пов. 7,8      | ЛТ13 | 12,5 | Многооперационный ИР320ПМФ4 |

Продолжение таблицы 2.3

| 1   | 2           | 3                                          | 4    | 5    | 6                                                            |
|-----|-------------|--------------------------------------------|------|------|--------------------------------------------------------------|
|     |             | Фрезерование<br>получистовое<br>пов. 7,8   | JT10 | 2,5  |                                                              |
|     |             | Растачивание<br>черновое пов. 18           | JT13 | 12,5 |                                                              |
|     |             | Растачивание<br>получистовое<br>пов. 18,19 | JT9  | 3,2  |                                                              |
|     |             | Сверление 10                               | JT8  | 3,2  |                                                              |
|     |             | Нарезание<br>резьбы пов. 10                | JT8  | 3,2  |                                                              |
|     |             | Фрезерование<br>черновое пов. 11           | JT12 | 6,3  |                                                              |
|     |             | Фрезерование<br>получистовое<br>пов. 11    | JT9  | 3,2  |                                                              |
|     |             | Сверление пов.<br>12,13                    | JT12 | 6,3  |                                                              |
|     |             | Цекование пов.<br>12,13                    | JT12 | 3,2  |                                                              |
|     |             | Нарезание<br>резьбы пов. 14                | -    | 6,3  |                                                              |
| 060 | Расточная   | Растачивание<br>тонкое пов. 18             | JT7  | 1,25 | Горизонтальный<br>отделочно-<br>расточной<br>п/автомат 2706П |
| 070 | Моечная     |                                            |      |      |                                                              |
| 080 | Контрольная |                                            |      |      |                                                              |

## **2.4. Выбор средств технологического оснащения**

Операция 010 [4, 9, 17, 18, 19, 22].

Станок: Многооперационный 2254ВМФ4.

Приспособление: наладочное специализированное приспособление.

Инструмент: ВИ54.576.00.000-04 Фреза d=63, z=14 P6M5 ТУ 2-035-757-80, 01.2.059.000-03 Фреза d=63, z=12 P6M5 ТУ 2-035-874-82, 2300-0908 Сверло d=11 P6M5 ГОСТ 19543-74, 2320-0212 Зенкер d=12 P6M5 ГОСТ 21581-76, 2363-0115 Развертка d=13 BK6 ГОСТ 1672-80, 2353-0142 Зенковка P6M5 ГОСТ 14953-80.

Средства контроля: ШЦ-I-250-0,1 ГОСТ 166-80, ШЦ-I-50 -0,1 ГОСТ 166-80.

Операция 020.

Станок: Многооперационный 2254ВМФ4.

Приспособление: Стол 7204-0002 ГОСТ 16936-71, СРП.

Инструмент: 2214-0502 Фреза d=63, z=6 T15K6 ГОСТ 28719-90, 2214-0008 Фреза d=200, z=12 T15K6 ГОСТ 24359-80, 2302-0786 Сверло d=18 P18 ГОСТ 20697-75, 2353-0143 Зенковка P6M5 ГОСТ 14953-80, 191421333 Оправка ТУ 2-035-775-80.

Средства контроля: ШЦ-I-250-0,1 ГОСТ 166-80, ШЦ-I-50 -0,1 ГОСТ 166-80.

Операция 030.слесарная. Стол. Щетка.

040. Сборочная.

Станок: вертикально сверлильный.

Приспособление: стол.

Инструмент: 2301-0820 Сверло d=8 P6M5 ГОСТ 19546-74, 2320-2504 Зенкер d=9 BK8 ГОСТ 21544-76, 2363-2051 Развертка d=10 BK6 ГОСТ 28321-89.

Операция 050.

Станок: Многооперационный ИР320ПМФ.

Приспособление: Стол 7204-0002 ГОСТ 16936-71, СРП.

Инструмент: фреза торцовая из быстрорежущей стали Р6М5 ГОСТ 9304-69, 191421258 Оправка ТУ 2-035-774-80, 2214-0008 Фреза  $d=200$ ,  $z=12$  Т15К6 ГОСТ 24359-80, 2301-0810 Сверло  $d=7$  Р6М5 ГОСТ 19546-74, 2301-1030 Сверло  $d=9$  Р6М5 ГОСТ 19547-74, 2353-0143 Зенковка Р6М5 ГОСТ 14953-80, 191421333 Оправка ТУ 2-035-775-80, 2629-0011 Метчик ГОСТ 17927-72, 2629-0083 Метчик ГОСТ 17927-72.

Средства контроля: ШЦ – I – 120 – 0,1 ГОСТ 166-80.

Операция 060.

Станок Горизонтальный отделочно-расточной п/автомат 2706П.

Инструмент: 191421155 Оправка ТУ 2-035-775-80.

Средства контроля: нутромер индикаторный ИЧ ГОСТ 577-68, приспособление для контроля отклонений от круглости, непараллельности, несоосности  $\varnothing 160H7$  мм.

## **2.5. Проектирование технологических операций**

На 020 операции проводится черновое и чистовое фрезерование поверхности 5. Далее обрабатываются отверстия: отверстия сверлятся и растачиваются. Расчет проведем для фрезерного перехода [18, 25].

Ширина фрезерования  $B = 32$  мм, глубина резания  $t = 1,6$  мм, Подача  $S_z = 0,14$  мм/зуб.

Определяем подачу оборот по формуле:

$$S_o = S_z \cdot z = 0,84, \quad (2.1)$$

где  $z$  – для торцовой фрезы число зубьев,  $Z = 6$ .

Определим скорость фрезерования ( $V$ , м/мин):

$$v = \frac{C_v \times D^q}{T^m \times t^x \times S_z^y \times B^u \times Z^p} \times K_v, \quad (2.2)$$

где  $C_v$ ,  $q$ ,  $x$ ,  $y$ ,  $u$ ,  $p$ ,  $m$  – коэффициент и показатели степени для фактических условий резания.

$C_v=42$ ;  $q= 0,2$ ;  $x = 0,1$ ;  $y = 0,4$ ;  $u = 0,1$ ;  $p = 0,1$ ;  $m = 0,15$ ;

$T$  – табличный период стойкости торцевой фрезы,  $T = 60$  мин.

$K_v$  - общий коэффициент на условия фрезерования:

$$K_v = K_{MV} \cdot K_{ПВ} \cdot K_{ИВ}, \quad (2.3)$$

где  $K_{mv}$  – коэффициент, учитывающий свойства материала заготовки:

$$K_{MV} = \left( \frac{190}{HB} \right)^{n_v}, \quad (2.4)$$

$K_{ПВ}$  – коэффициент для состояния поверхности заготовки,  $K_{ПВ} = 0,8$  для отливки при грязной корке;

$K_{ИВ}$  – коэффициент, учитывающий материал инструмента,  $K_{ИВ} = 1,0$  для материала режущей части ВК8.

Для фрезы частота вращения:

$$n = \frac{1000 \times V}{\pi \times D} = \frac{1000 \cdot 201}{3,14 \cdot 63} = 1013 \text{ об/мин} \quad (2.5)$$

Определяем силу резания по формуле:

$$P_Z = \frac{10 C_P t^x S_z^y B^u Z}{D^q n^w} K_{MP}, \quad (2.6)$$

где группа показателей  $C_p, x, y, u, q, w$  –  $C_p=50; x=0,9; y=0,72; u=1,14; q=1,14; w=0;$

$K_{mp}$  – поправочный коэффициент на обрабатываемый материал.  
Определяется по формуле:

$$K_{mp} = \left( \frac{HB}{190} \right)^n \quad (2.7)$$

$$P_z = 603H,$$

Определяем мощность резания по формуле:

$$N_e = \frac{P_z \times V}{1020 \times 60} = \frac{603 \times 201}{1020 \times 60} = 2,0 \text{ кВт}. \quad (2.8)$$

Проверка расчетов по мощности станка (22 кВт):

$$N_{cm} \geq N, \quad (2.9)$$

Назначаем режимы резания на чистовое фрезерование поверхности 5 по данным [25] и результат заносим в таблицу 2.6.

Таблица 2.6 - Режимы обработки для 020 многооперационной операции

| Переходы              | Глубина резания<br>$t$ , мм | Подача<br>$S$ ,<br>мм/об | Подача минутная<br>$S_m$ , мм/мин | Скорость резания<br>$v$ , м/мин | Обороты шпинделя<br>$n$ ,<br>об/мин |
|-----------------------|-----------------------------|--------------------------|-----------------------------------|---------------------------------|-------------------------------------|
| 1                     | 2                           | 3                        | 4                                 | 5                               | 6                                   |
| Фрезерование черновое | 1,5                         | 0,084                    | 851                               | 201                             | 1013                                |
| Фрезерование чистовое | 0,5                         | 0,42                     | 664                               | 312                             | 1580                                |

Продолжение таблицы 2.6

| 1                        | 2   | 3    | 4   | 5   | 6    |
|--------------------------|-----|------|-----|-----|------|
| Сверление                | 9   | 0,35 | 207 | 33  | 591  |
| Зенкерование             | 2   | 0,9  | 336 | 22  | 373  |
| Растачивание<br>черновое | 5,5 | 0,3  | 508 | 106 | 1694 |

Таблица 2.7 Сила резания, мощность - 020 многооперационная операция

| Переходы                 | Сила<br>касательная<br>$P_z$ , Н | Сила<br>радиальная<br>$P_y$ , Н | Сила<br>осевая<br>$P_x$ , Н | Стойкость<br>инструмента<br>$T$ , мин | Мощность<br>резания<br>$N$ , кВт |
|--------------------------|----------------------------------|---------------------------------|-----------------------------|---------------------------------------|----------------------------------|
| Фрезерование<br>черновое | 603                              | 181                             | 302                         | 60                                    | 2                                |
| Фрезерование<br>чистовое | 134                              | 40                              | 67                          | 60                                    | 0,7                              |
| Сверление                | Росевая=3213<br>Н                | Мкр=28,4Нм                      |                             | 60                                    | 1,7                              |
| Зенкерование             | Росевая=501<br>Н                 | Мкр=1,3 Нм                      |                             | 30                                    | 0,05                             |
| Растачивание<br>черновое | 2051                             | 1204                            | 1563                        | 60                                    | 3,6                              |

## 2.6. Нормирование технологических операций

Рассчитаем штучно-калькуляционное время на 020 операцию - фрезерование черновое, чистовое поверхности 5 торцевой фрезой на вертикальном многооперационном станке с последующим сверлением, зенкерованием и развертыванием [18, 28].

Определяем норму штучно-калькуляционного времени по формуле:

$$T_{ш-к} = \frac{T_{n-3}}{n} + T_o + \left( \overset{\curvearrowright}{\underset{\curvearrowright}{T_{y.c} + T_{з.о} + T_{yn} + T_{из}}} \right) K + T_{обсл.от}, \quad (2.10)$$

где все составляющие определяются по [21].

$K$  – поправочный коэффициент на вспомогательное время для серийного производства,  $K = 1,85$ .

Время  $T_o$  мин. при черновом фрезеровании определяется по формуле:

$$T_{o_1} = \frac{l}{S_o \cdot n}, \quad (2.11)$$

где  $l$  – длина обработки,  $l = 800$  мм.

$$T_{o_1} = \frac{986}{0.84 \cdot 1013} = 1,2 \text{ мин.}$$

Все составляющие основного времени сводим в таблицу 2.8.

$$\dot{O}_{\Sigma O} = \Sigma \dot{O}_{O_i} = 1,2 + 1,5 + 0,06 + 0,06 + 1,7 = 4,52 \text{ мин}$$

Определяем подготовительно-заключительное время по данным [26]:  
 $T_{п.з} = 18$  мин.

$$T_v = (0,15 + 0,4 + 0,24 + 0,08) \times 1,85 = 1,61 \text{ мин,}$$

$$T_{оп} = T_o + T_v \quad (2.13)$$

$$T_{оп} = 5,42 + 1,61 = 6,03 \text{ мин.}$$

Определяем время на обслуживание рабочего места и отдых по формуле:

$$T_{об.от} = T_{оп} \times 11 / 100 \quad (2.14)$$

$$T_{об.от} = 4,52 \times 11/100 = 0,45 \text{ мин.}$$

Определяем штучно-калькуляционное время на операции по формуле (2.9):

$$T_{шт-к} = 18/24 + 4,52 + 1,61 + 0,27 + 0,18 = 7,33 \text{ мин.}$$

Таблица 2.8 - Расчет времени 020 многооперационной операции

| Переходы                 | Основное<br>время<br>$T_o$ , мин | Вспомогательное<br>Время $T_v$ , мин           | Время<br>обслуживания<br>$T_{обсл}$ , мин | Время<br>отдыха<br>$T_{отд}$ , мин |
|--------------------------|----------------------------------|------------------------------------------------|-------------------------------------------|------------------------------------|
| Фрезерование<br>черновое | 1,2                              | $(0,15 + 0,4 + 0,08 + 0,24) \cdot 1,85 = 1,61$ | $4,52 \cdot 0,06 = 0,27$                  | $4,52 \cdot 0,04 = 0,18$           |
| Фрезерование<br>чистовое | 1,5                              |                                                |                                           |                                    |
| Сверление                | 1,7                              |                                                |                                           |                                    |
| Зенкерование             | 0,06                             |                                                |                                           |                                    |
| Растачивание<br>черновое | 0,06                             |                                                |                                           |                                    |

В разделе выполнены все расчеты по проектированию технологических операций изготовления корпуса редуктора.

### **3. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПРИСПОСОБЛЕНИЯ**

#### **3.1. Расчет и проектирование станочного приспособления**

##### **3.1.1. Описание операции**

Цель – спроектировать универсально-сборное станочное приспособление по данным.

Спроектируем станочное приспособление на операцию 020 – для фрезерования, сверления и растачивания. Так как наибольшее усилие на переходе фрезерование черновое принимаем для расчета данные из п.2.5.

Операционный эскиз представлен на рисунке 3.1.

Составляющие сил резания  $P_z = 603 \text{ Н}$ ,  $P_y = 181 \text{ Н}$ ,  $P_x = 302 \text{ Н}$ .

Для расчета могут использоваться составляющие  $P_h$  и  $P_v$ .

Они равны соответственно:

##### **3.1.2. Расчет усилия зажима**

Схема закрепления корпуса и силы для наихудшего варианта их расположения показана на рисунке 3.1 [2, 11, 21].

При расположении вершины резца в точке 1 сила  $P_z$  стремится развернуть заготовку относительно точки  $O_1$ , создавая момент резания, определяемый по формуле:

$$M_{рез} = (P_z + P_y) \times l_1 + P_x \times l_2. \quad (3.1)$$

Повороту заготовки препятствуют сила закрепления  $W$ . Момент закрепления определяется по формуле:

$$M_3 = W \times l_{w*} \quad (3.2)$$

Приравнявая момент закрепления и момент резания, определяем величину силы зажима:

$$W_1'' = \frac{k \times ((P_z + P_y) \times l_1 + P_x \times l_2)}{l_{w''}}, \quad (3.3)$$

где  $k$  – коэффициент запаса,  $k = 2,5$ .

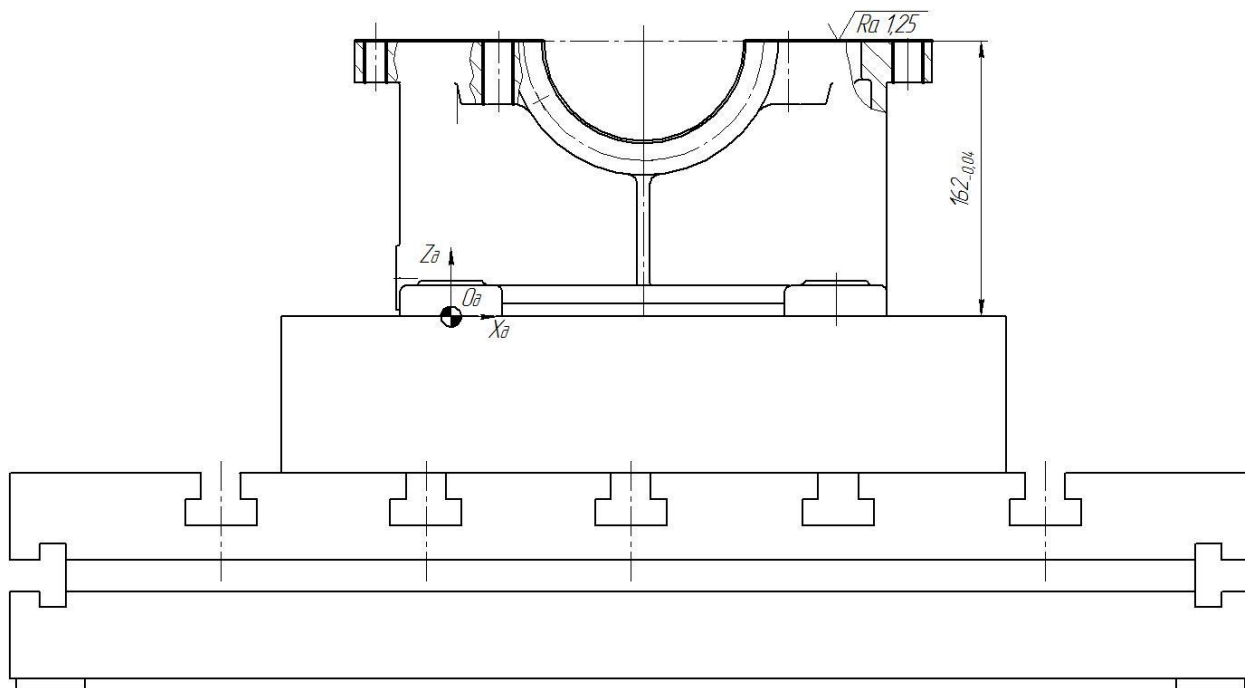


Рисунок 3.1 - Операционный эскиз

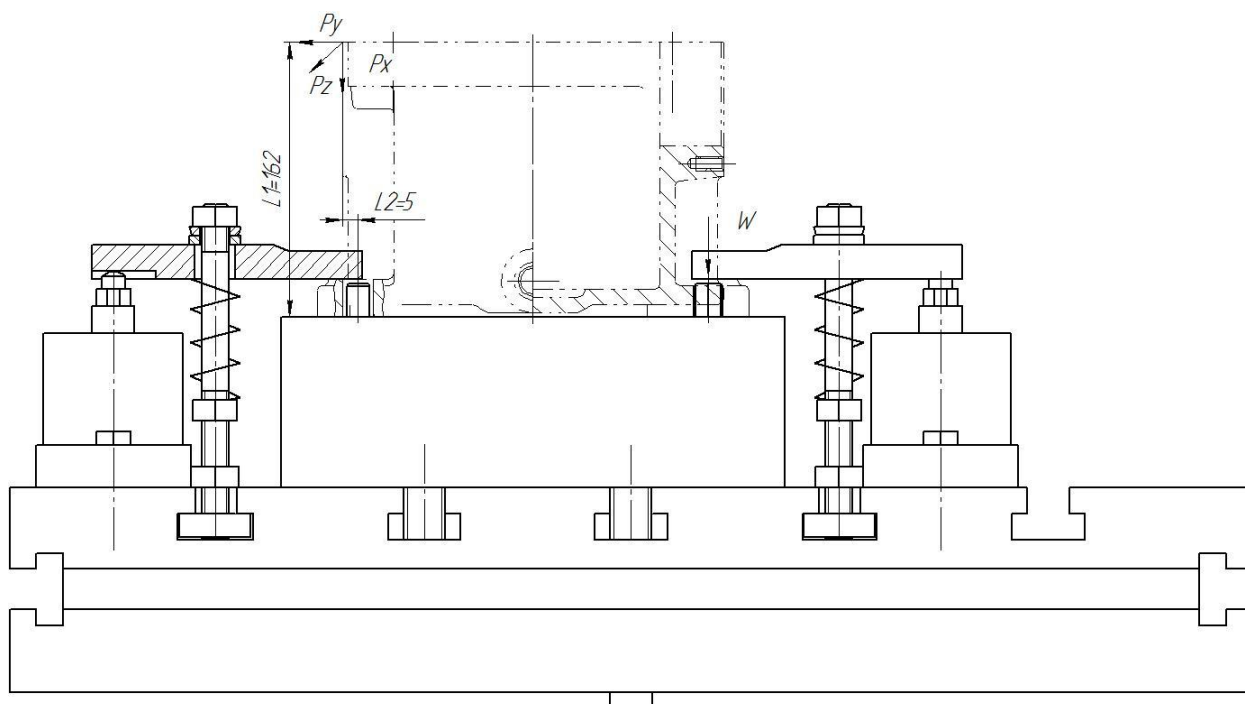


Рисунок 3.2 - Схема закрепления заготовки

Подставляя полученные данные в формулу (3.3), определим силу закрепления:

$$W_1'' = \frac{2,5 \times (603 + 181) \times 0,162 + 302 \times 0,005}{0,134} = 2398H$$

### 3.1.3. Расчет силового привода

Создается исходное усилие Q с использованием силового привода, который устанавливается на базовой плите приспособления. В качестве привода применим гидравлический, так как он более компактный.

Диаметр поршня определяется по формуле:

$$D = 1,13 \times \sqrt{\frac{Q}{P \times \eta}}, \quad (3.4)$$

где P –давление среды, принимаемое в расчетах равным 2 МПа;

$\eta$  – КПД, учитывающий потери в цилиндре,  $\eta = 0,9$ .

$$D = 1,13 \times \sqrt{\frac{2398}{2 \cdot 0,9}} = 26 \text{ мм}$$

Принимаем значения размеров привода: диаметр поршня - D=30 мм, диаметра штока поршня - d =18 мм; ход поршня - S=25 мм.

### 3.1.4. Расчет точности установки

Точность определяется как:

$$\varepsilon_y = \sqrt{\varepsilon_B^2 + \varepsilon_3^2 + \varepsilon_{ПП}^2}, \quad (3.5)$$

где  $\varepsilon_B$  – погрешность при базировании, равной при данной величине зазора в сопряжении палец – отверстие (равен 0,04 мм);

$\varepsilon_3$  – погрешность закрепления, что является смещением измерительной базы – установочной плоскости в результате действия сил зажима (в данном случае  $\varepsilon_3=0$ );

$\varepsilon_{ГР}$  – погрешность конструкции самого приспособления, которая определяется точностью его изготовления, собственно установки и износа (учитывается при определении зазора).

Определяем величину погрешности установки  $\varepsilon_y$  по формуле (3.5):

$$\varepsilon_y = 0,04 \text{ мм.}$$

Допустимая погрешность установки:

$$\varepsilon_{\text{доп}} = 0,3 \cdot T_d, \quad (3.6)$$

где  $T_d$  – допуск на размер в горизонтальной плоскости между осями отверстий,  $T_d = 0,2$  мм.

$$\varepsilon_{\text{доп}} = 0,3 \cdot 0,2 = 0,06 \text{ мм} \geq 0,04 \text{ мм}.$$

Конструкция приспособления удовлетворяет необходимой точности.

### **3.1.5. Описание конструкции приспособления**

Приспособление зажимное содержит корпус 1, гидропривод 2, прихваты 14, базовую плиту 4 с установленными в ней цилиндрическим пальцем 4 и срезанным пальцем 17. Базовая плита винтами 13 прикручена к корпусу 2, которая шпонками 15 ориентируется в пазах стола станка. Через Т-образные пазы приспособление на столе закрепляется. Прихваты 14

подпираются штоками гидроцилиндров 1, фиксируются через сферические шайбы 10, шпильку 5 и пружину 7.

Приспособление работает следующим образом. Заготовка ориентируется по пальцам 4 и 17. Далее прихваты 14 поворачиваются на шпильках 5 для фиксации заготовки. Шток гидроцилиндра 1 поднимается вверх, прихват 14 фиксирует заготовку. Шток уходит вниз, прихват 14 отводится и заготовка снимается.

### **3.2. Функционально-стоимостной анализ в проектировании технологии**

#### **Обзор существующих подходов оценки технологических процессов**

Для эффективного проектирования техпроцессов необходимо проводить оценку различных вариантов. Делать это на основе подробных технико-экономических расчетов не выгодно из-за затрат, малого количества сравниваемых вариантов. Предлагается для предварительной оценки различных вариантов техпроцессов использовать нечеткую логику и ее развитие – логику антонимов [1, 15, 16, 27, 28].

Логика антонимов позволяет упростить вычисление оценки уровня технологического процесса на основе использования качественных зависимостей. Это дает возможность сформировать критерий такой оценки с учетом особенностей операций и на весь технологический процесс изготовления. Логика антонимов продолжение логики нечетких множеств, разработанных профессором Заде (1965 г.) [27]. Методика построения математической модели основана на декомпозиции системы или процесса по группам признаков, характеризующим эффективность системы или процесса.

Логика антонимов позволяет провести субъективную оценку технологического процесса. Для этого необходимо задать вид связи между зависимыми параметрами - слабую или тесную.

При разработке общей оценки технологического процесса с учетом различных критериев имеет смысл пользоваться логикой антонимов, так как необходимо учесть большое число разнохарактерных параметров.

С помощью логики антонимов параметры оценки представляют в виде граф-модели. Для ее построения и определения оценки необходимо выстроить все взаимосвязи параметров по различным критериям. Учитывая влияние в виде сильной или слабой связи какого-либо фактора на другой, логика антонимов позволяет определить число, которое ставится в соответствие параметру (рисунок 3.1).

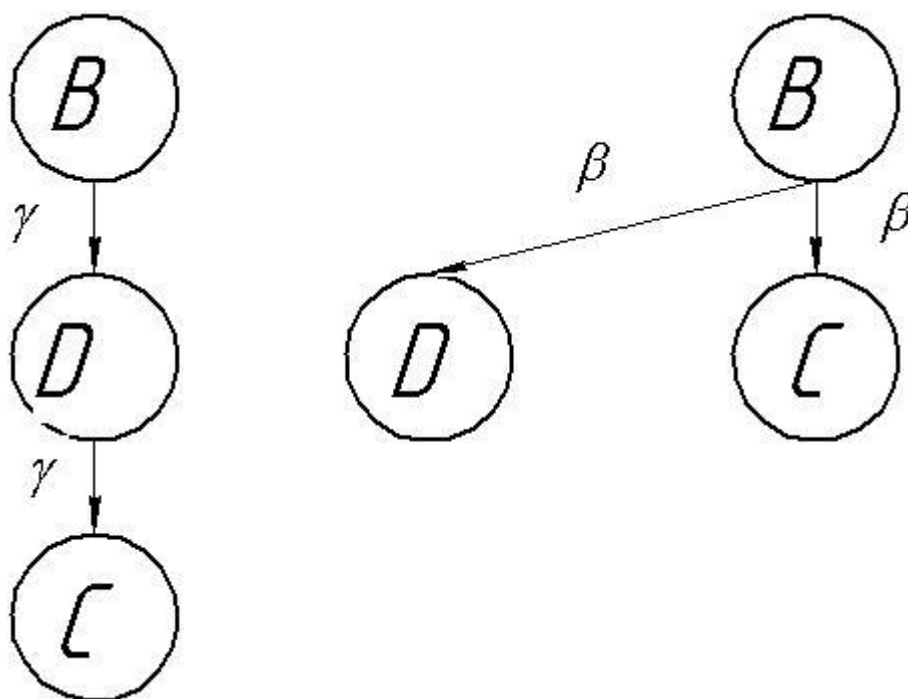


Рисунок 3.1 – Виды влияния параметров на оценку: слабая и сильная:

$B$  – оценка критерия;  $D$ ,  $C$  – параметры, влияющие на критерий; двухместные операторы  $\beta$  – слабая связь параметров и  $\gamma$  – сильная связь

Построим связи между  $B$ ,  $C$ ,  $D$ , задав их вид с помощью двухместных операторов  $\beta$  и  $\gamma$ . Для нахождения оценки  $B$  используются следующие положения аксиоматики логики антонимов:

для параллельного соединения в случае слабой связи

$$H[B] = \beta H[D] + \beta H[C], \quad (3.7)$$

для последовательного соединения в случае сильной связи

$$H[B] = -\log_2 \left( -2^{-\gamma H[C]} \right), \quad (3.8)$$

где  $H[B]$  - степень отношения к объекту  $B$  (число);

$H[D]$  - степень отношения к объекту  $D$  (число);

$H[C]$  - степень отношения к объекту  $C$  (число);

$B$  – оценка критерия;

$D, C$  – параметры, влияющие на критерий;

$\beta$  - двухместный оператор - слабая связь параметров;

$\gamma$  - двухместный оператор - сильная связь параметров.

Если элементарным факторам, которые состоят в любой сложной зависимости с итоговой оценкой, поставлены в соответствие числа, то в логике антонимов итоговая оценка определяется достаточно легко.

Это элементы, определяющие конечный уровень техпроцесса. Для представленных групп факторов методики составлена схема (см. лист).

Тогда комплексные коэффициенты по порядку равны.

$$H[A] = -\log_2 \left( - \left( -2^{-b_{A1} \cdot H[A1]} \right) \beta \left( -2^{-b_{A2} \cdot H[A2]} \right) \beta \left( -2^{-b_{A3} \cdot H[A3]} \right) \beta b_{A4} \cdot H[A4] \beta b_{A5} \cdot H[A5] \beta b_{A6} \cdot H[A6] \right. \\ \left. + b_{A7} \cdot H[A7] \beta b_{A8} \cdot H[A8] \beta b_{A9} \cdot H[A9] \right);$$

$$H[B] = -\log_2 \left( - \left( -2^{-b_{B1} \cdot H[B1]} \right) \beta b_{B2} \cdot H[B2] \beta b_{B3} \cdot H[B3] \beta b_{B4} \cdot H[B4] \right); \\ H[B] = -\log_2 \left( - \left( -2^{-b_{B1} \cdot H[B1]} \right) \beta \left( -2^{-b_{B2} \cdot H[B2]} \right) \beta b_{B3} \cdot H[B3] \beta b_{B4} \cdot H[B4] \right); \\ H[\Gamma] = b_{\Gamma1} \cdot H[\Gamma1] \beta b_{\Gamma2} \cdot H[\Gamma2] \beta b_{\Gamma3} \cdot H[\Gamma3] \beta b_{\Gamma4} \cdot H[\Gamma4] \beta b_{\Gamma5} \cdot H[\Gamma5] \beta b_{\Gamma6} \cdot H[\Gamma6]; \\ H[D] = -\log_2 \left( - \left( -2^{-b_{D1} \cdot H[D1]} \right) \beta b_{D2} \cdot H[D2] \beta b_{D3} \cdot H[D3] \beta b_{D4} \cdot H[D4] \right);$$

Где  $A, B, \Gamma, D$  – оценки группы факторов, определяющих уровень технологического процесса;  $b_{ij}$  - коэффициент весомости технологического процесса;  $i$  – группа факторов первого порядка,  $A, B, \Gamma, D$ ;  $j$  – номер группы факторов второго порядка,  $j=1,2,.., k$ ;  $k$  – количество параметров в каждой группе факторов первого порядка. Если оценивать по количеству переходов,

то чем меньше – тем лучше. По коэффициенту уточнения, чем больше, тем лучше. Численные оценки могут быть по производительности, трудоемкости, коэффициенту загрузки. По экономичности оценка может быть по схеме (рисунок 3.3).

Весовые коэффициенты определяем по методике [16] с оптимизацией операций. Влияние конструкторско-технологических факторов на элементарные погрешности обосновано по [28].

На основании экспериментов и литературного поиска определяется вид связи каждого из факторов техпроцесса с итоговой оценкой по заданному критерию.

Используя положения аксиоматики логики антонимов, для каждой операции рассчитывается комплексная оценка эффективности технологического процесса. Каждая операция оценивается по степени положительности формирования конкретного параметра (рис.). Все оценки приведены к одной шкале –  $[0; 1]$ . Это позволяет после ранжирования по степени значимости влияния каждого из параметров на рассматриваемый критерий определить их комплексную совместную оценку. На их основе получаем итоговую оценку всего технологического процесса.

Каждая операция имеет комплексную оценку по каждому критерию

$$P = \sum_{i=1}^{n=8} q_i \cdot K_{ij} ; \quad (3.9)$$

Где  $i$  – номер критерия;

$P$  – комплексная оценка операции;

$K_{TOi}$  – оценка передачи для данной операции по  $i$  – показателю;

$q_i$  – степень влияния данной операции на передачу  $i$  – показателя;

$j$  – группа операций. Ранжирование показателей по каждой операции проводим методом по парного сравнения. В результате рассчитывается комплексная оценка всего технологического процесса:

$$G = \sum_{j=1}^m w_j \cdot P_j ; \quad (3.15)$$

Где  $j$  – номер операции;  $m$  – количество операций;

$G$  – комплексная итоговая оценка технологического процесса;

$w$  – коэффициент весомости  $j$  – операции. Ранжирование операций по каждому критерию проводим методом по парного сравнения.

Таблица 3.1. Таблица коэффициентов

| № | Параметр                          | Операции        |                           |              |              |                               |              |
|---|-----------------------------------|-----------------|---------------------------|--------------|--------------|-------------------------------|--------------|
|   |                                   | Заготовительная | Фрезерная-<br>сверлильная | Фрезерная    | Сборочная    | Сверлильная<br>резьбонарезная | Расточная    |
| 1 | Коэффициент точности размеров     | $K_{T1}$        | $K_{T2}$                  | $K_{T3}$     | $K_{T4}$     | $K_{T5}$                      | $K_{T6}$     |
| 2 | Коэффициент точности расположения | $K_{P1}$        | $K_{P2}$                  | $K_{P3}$     | $K_{P4}$     | $K_{P5}$                      | $K_{P6}$     |
| 3 | Коэффициент точности формы        | $K_{\Phi 1}$    | $K_{\Phi 2}$              | $K_{\Phi 3}$ | $K_{\Phi 4}$ | $K_{\Phi 5}$                  | $K_{\Phi 6}$ |
| 4 | Коэффициент волнистости           | $K_{B1}$        | $K_{B2}$                  | $K_{B3}$     | $K_{B4}$     | $K_{B5}$                      | $K_{B6}$     |
| 5 | Коэффициент шероховатости         | $K_{Ш1}$        | $K_{Ш2}$                  | $K_{Ш3}$     | $K_{Ш4}$     | $K_{Ш5}$                      | $K_{Ш6}$     |
| 6 | Коэффициент остаточных напряжений | $K_{O1}$        | $K_{O2}$                  | $K_{O3}$     | $K_{O4}$     | $K_{O5}$                      | $K_{O6}$     |
| 7 | Коэффициент структуры             | $K_{C1}$        | $K_{C2}$                  | $K_{C3}$     | $K_{C4}$     | $K_{C5}$                      | $K_{C6}$     |
| 8 | Коэффициент упрочнения-наклепа    | $K_{H1}$        | $K_{H2}$                  | $K_{H3}$     | $K_{H4}$     | $K_{H5}$                      | $K_{H6}$     |

Полученный итоговый коэффициент показывает, в какой степени данный техпроцесс является эффективным по учтенным критериям.

## 4. БЕЗОПАСНОСТЬ И ЭКОЛОГИЧНОСТЬ РАБОТЫ

### 4.1 Конструктивно-технологическая характеристика объекта

Таблица 4.1 - Паспорт технического объекта

| №<br>п/п | Технически<br>й и/или<br>технологич<br>еский<br>процесс | Операция<br>технологи<br>ческого<br>процесса<br>и/или вид<br>предлагае<br>мых работ | Должность<br>работающе<br>го,<br>который<br>будет<br>выполнять<br>предлагаем<br>ый<br>технологич<br>еский<br>процесс<br>и/ил<br>операцию | Технологическое<br>оборудование<br>и/или<br>техническое<br>приспособление,<br>устройство | Используем<br>ые<br>материалы<br>и/или<br>вещества |
|----------|---------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------|
| 1        | Литье в<br>песчаные<br>формы                            | Заготовите<br>льная<br>литейная<br>операция                                         | Литейщик                                                                                                                                 | Литейная<br>установка                                                                    | ЧугунСЧ20                                          |
| 2        | Фрезерован<br>ие,<br>сверление,<br>расточиван<br>ие     | Многоцеле<br>вая                                                                    | Оператор<br>станочник                                                                                                                    | Многооперацион<br>ный<br>ИР320ПМФ4                                                       | Чугун СЧ20,<br>смазочные<br>средства               |

## 4.2 Идентификация профессиональных рисков

Таблица 4.2 – Риски в профессиональной деятельности

| №<br>п/п | Производственная<br>операция,<br>технологическая<br>операция и/или<br>эксплуатационная<br>операция,<br>технологическая<br>операция; вид<br>предлагаемых<br>работ | Производственный вредный и/или<br>опасный фактор                                                                                                    | Источник<br>вредного<br>производственн<br>ого фактора<br>и/или опасного<br>производственн<br>ого фактора |
|----------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1        | Литье в песчаные<br>формы                                                                                                                                        | Высокая температура при нагреве                                                                                                                     | Литейная<br>установка,<br>расплав, форма                                                                 |
| 2        | Фрезерование,<br>сверление,<br>расточивание                                                                                                                      | Шпиндель, суппорт, зажимные<br>элементы(двигаются); отлетающие<br>частицы стружки, острые кромки<br>режущих инструментов,<br>напряжение в сети, шум | Многооперацио<br>нный<br>ИР320ПМФ4                                                                       |

## 4.3 Методы и технические средства снижения профессиональных рисков

Таблица 4.3 – Мероприятия направленные на снижение уровня опасных и вредных производственных факторов

| №<br>п/п | Вредный<br>производственный<br>фактор и/или опасный<br>производственный<br>фактор | Технические средства<br>защиты,<br>организационно-<br>технические методы<br>частичного снижения,<br>полного устранения<br>вредного<br>производственного<br>фактора и/или опасного<br>производственного<br>фактора | СИЗ<br>работающего                                     |
|----------|-----------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|
| 1.       | Высокая температура<br>при нагреве                                                | Система охлаждения<br>станка, оснащения,<br>Ограждение или<br>блокировка                                                                                                                                          | Рукавицы<br>защитные<br>комбинированные                |
| 2.       | Шпиндель, суппорт,<br>зажимные<br>элементы(двигаются)                             | Установить защитный<br>экран                                                                                                                                                                                      | -                                                      |
| 3.       | Отлетающие частицы<br>стружки, острые<br>кромки режущих<br>инструментов           | Стружкосборники<br>правила эксплуатации                                                                                                                                                                           | Перчатки<br>полимерные                                 |
| 4.       | Напряжение в сети                                                                 | Инструктажи<br>применение<br>предохранительно-<br>защитных систем                                                                                                                                                 | Резиновое<br>диэлектрическое<br>покрытие<br>заземление |

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

Таблица 4.4 – Определение характеристик пожара

| №<br>п/п | Производственный участок и/или производственное подразделение | Используемое оборудование                                                                                      | Номер пожара                                                                                            | Опасные факторы при пожаре                                                   | Сопутствующие проявляющиеся факторы при пожаре                                                                                                             |
|----------|---------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1        | 2                                                             | 3                                                                                                              | 4                                                                                                       | 5                                                                            | 6                                                                                                                                                          |
| 1.       | Литейный участок;<br>Механическая обработка                   | Литейные установки формы<br>Многооперационный ИР320ПМФ 4<br>Горизонтальный отделочно-расточной п/автомат 2706П | Пожары, связанные с воспламенением и горением жидкостей или плавящихся твердых веществ и материалов (В) | Неисправность электропроводки; пламя и искры; возгорание промасленной ветоши | Вынос (замыкание) высокого электрического напряжения на токопроводящие части технологических установок, оборудования, агрегатов, изделий и иного имущества |

Таблица 4.5 – Выбор средства пожаротушения

| Средства первичного пожаротушения | Средства мобильного пожаротушения          | Установки стационарного пожаротушения и/или пожаротушащие системы              | Средства автоматической для пожаротушения | Оборудование для пожаротушения   | СИЗ для спасения людей                                       | Инструмент для пожаротушения (механизированный и немеханизированный) | Сигнализация, связь и оповещение при пожаре |
|-----------------------------------|--------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------|----------------------------------|--------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------|
| Огнетушители,                     | Пожарные автомобили, пожарные автолестницы | Системы автоматического пожаротушения и оборудование для пенного пожаротушения | Приборы приемно-контрольные пожарные      | пожарные шкафы пожарные гидранты | Респираторы, противогазы, самоспасатели, огнестойкие накидки | ломы, багры, топоры, лопаты.                                         | Автоматическая пожарная сигнализация        |

Таблица 4.6 – Средства обеспечения пожарной безопасности

| Название техпроцесса, применяемого оборудования, которое входит в состав технического объекта | Вид предлагаемых к реализации организационных и/или организационно-технических мероприятий                                      | Нормативные требования по обеспечению пожарной безопасности, а также реализуемые эффекты                                                                                                                                 |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>Многооперационный ИР320ПМФ4</p> <p>Горизонтальный отделочно-расточной п/автомат 2706П</p>  | <p>Хранение ветоши в негоряемых ящиках;</p> <p>Применение плавких предохранителей или автоматов в электроустановках станков</p> | <p>Использование пожарной сигнализации и пожарных извещателей,</p> <p>противопожарные инструктажи в соответствии с графиком, обеспечение средствами пожаротушения, обеспечение безопасности проведения огневых работ</p> |

#### 4.5 Обеспечение экологической безопасности рассматриваемого технического объекта

Таблица 4.7 – Определение экологически опасных факторов объекта

| Название<br>технического<br>о объекта<br>и/или<br>производств<br>енного<br>техпроцесса | Структурные<br>элементы<br>технического<br>объекта и/или<br>производственн<br>о техпроцесса<br>(производственн<br>о сооружения или<br>производственн<br>о здания по<br>функциональному<br>назначению,<br>операций<br>техпроцесса,<br>технического<br>оборудования), а<br>также<br>энергетической<br>установки,<br>транспорта и т.п. | Экологическ<br>ое<br>негативное<br>воздействие<br>рассматривае<br>мого<br>технического<br>объекта на<br>атмосферу<br>(опасные и<br>вредные<br>выбросы в<br>воздух) | Экологическое<br>негативное<br>воздействие<br>рассматриваемог<br>о технического<br>объекта на<br>гидросферу<br>(забор воды из<br>источников<br>водяного<br>снабжения,<br>сточные воды) | Экологическое<br>негативное<br>воздействие<br>рассматриваемого<br>технического<br>объекта на<br>литосферу (недра,<br>почву, забор<br>плодородной<br>почвы,<br>растительный<br>покров, порча<br>растительного<br>покрова,<br>землеотчуждение<br>и образование<br>отходов и т.д.) |
|----------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Многоопе<br>рационная,<br>расточная                                                    | Многооперацио<br>нный<br>ИР320ПМФ4<br>Гор. отделочн.<br>расточной<br>2706П                                                                                                                                                                                                                                                          | Пыль<br>чугунная,<br>пары СОЖ                                                                                                                                      | СОЖ                                                                                                                                                                                    | Стружка,<br>ветошь                                                                                                                                                                                                                                                              |

Таблица 4.8 – Разработанные (дополнительные и/или альтернативные) организационные и технические мероприятия для снижения антропогенного негативного воздействия

| Название технического объекта                                                              | Операция по изготовлению корпуса            |
|--------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------|
| Предлагаемые мероприятия для снижения негативного антропогенного воздействия на атмосферу  | Фильтры                                     |
| Предлагаемые мероприятия для снижения негативного антропогенного воздействия на гидросферу | Флотомшины для сточных вод с отстойниками   |
| Предлагаемые мероприятия для снижения негативного антропогенного воздействия на литосферу  | Стружка на переплавку, остальное на полигон |

#### 4.6 Выводы по разделу «Безопасность и экологичность технического объекта» выпускной квалификационной работы бакалавра

В данном разделе приведены характеристики технологического процесса изготовления корпуса, меры по безопасности и обеспечению экологичности. Выявлены опасные и вредные производственные факторы. Разработаны меры по их снижению. Разработаны меры по снижению пожарной опасности.

## 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.

В предыдущих разделах был описан технологический процесс изготовления корпуса, который имеет ряд недостатков и которые можно устранить путем его совершенствования. Чтобы иметь четкое представление об обоснованности этого совершенствования необходимо провести экономическое сравнение рассматриваемых вариантов ТП.

Для этого представим краткое описание существующего и предлагаемого технологического процесса в виде таблицы 5.1.

Таблица 5.1 – Краткое описание изменений технологического процесса изготовления корпуса

| Базовый вариант                                                                                                                                                                                                                                                                                       | Проектируемый вариант                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p><u>Операция – Фрезерная</u></p> <p><u>Оборудование</u> – Вертикально-фрезерный станок, модель 6P11.</p> <p><u>Оснастка</u> – СМП.</p> <p><u>Инструмент</u> – фреза торцевая, ВК6</p> <p><math>T_O = 2,7 \text{ мин}; T_{\text{ШТ-К}} = 4,7 \text{ мин}</math></p>                                  | <p><u>Операция – Многооперационная</u></p> <p><u>Оборудование</u> – многооперационный станок с ЧПУ, модель ИР320ПМФ4.</p> <p><u>Оснастка</u> – СМП.</p> <p><u>Инструменты</u>: фреза торцевая, ВК6 – <math>T_O = 2,7 \text{ мин.}</math>; сверло, Ø20, Р6М5 – <math>T_O = 1,8 \text{ мин.}</math></p> <p><math>T_{\text{ШТ-К}} = 7,3 \text{ мин}</math></p> |
| <p><u>Операция – Вертикально-сверлильная</u></p> <p><u>Оборудование</u> – Вертикально-сверлильный станок, модель 2А125.</p> <p><u>Оснастка</u> – кондуктор скальчатый.</p> <p><u>Инструмент</u> – сверло, Ø20, Р6М5</p> <p><math>T_O = 0,18 \text{ мин}; T_{\text{ШТ-К}} = 3,6 \text{ мин}</math></p> |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |

Кроме описанных условий нам понадобится информация о заготовке и ее материале. Изделия выполнено из серого чугуна СЧ 20 с массой детали 12,3 кг и массой заготовки 14,2 кг, поэтому методом получения заготовки является литье.

Также, важное значение, для экономического обоснования, имеет программа выпуска, которая составляет 1000 штук.

Используя исходные данные и, применяя методику расчета капитальных вложений [10], определим величину инвестиций в проектируемый вариант. Величина необходимых для осуществления предлагаемых внедрений составит 72921,73 руб. Указанная сумма будет направлена на приобретение оборудования, с учетом его коэффициента загрузки данной деталью – 0,025, и затраты на проектирование технологического процесса.

Используя методику определения себестоимости и калькуляции себестоимости [10] были получены значения полной себестоимости изделия до и после внедрения совершенствований, которые составили 126,94 руб. и 103,2 руб., соответственно.

Для более наглядного представления изменений по структуре полной себестоимости, представим ее диаграмму по статьям расходов, для рассматриваемых вариантов (рисунок 5.1).

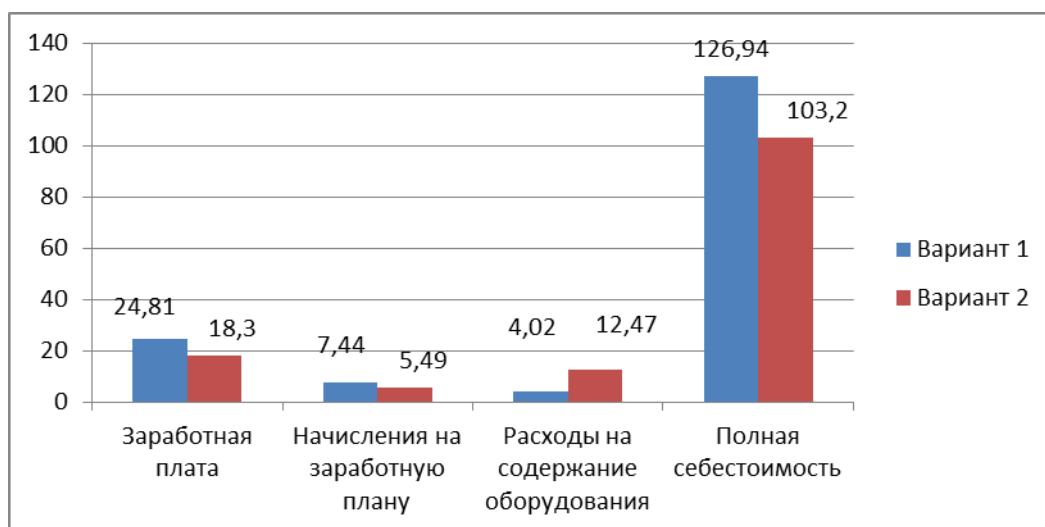


Рисунок 5.1 – Структура технологической себестоимости и величина полной себестоимости, руб.

Анализируя представленную диаграмму, можно сделать вывод о снижении величины полной себестоимости, что является положительным моментом для внедрения предложенного технологического процесса. Однако, чтобы окончательно убедиться в целесообразности его внедрения, необходимо провести расчеты, связанные с экономическим обоснованием данного внедрения.

Чтобы провести экономическое обоснование воспользуемся всеми полученными значениями, представленными ранее, а также методикой расчета экономической эффективности внедряемого проекта [10]. Согласно которой мы можем рассчитать целый ряд значений, необходимых нам для формирования соответствующего вывода о необходимости внедрения нового ТП. Все значения, которые получены, при использовании описанной методике, представлены в таблице 5.2.

Таблица 5.2 – Результаты расчетов показателей эффективности

| № | Наименование показателей                                        | Условное обозначение, единица измерения | Значение показателей |           |
|---|-----------------------------------------------------------------|-----------------------------------------|----------------------|-----------|
|   |                                                                 |                                         | Вариант 1            | Вариант 2 |
| 1 | Капитальные вложения в проект (инвестиции)                      | $K_{ВВ.ПР}$ , руб.                      | –                    | 72921,73  |
| 2 | Себестоимость единицы изделия                                   | $C_{ПОЛН}$ , руб.                       | 126,94               | 103,2     |
| 3 | Чистая прибыль                                                  | $P_{ЧИСТ}$ , руб.                       | 18992                |           |
| 4 | Срок окупаемости инвестиций                                     | $T_{ОК}$ , лет                          | 4                    |           |
| 5 | Общий дисконтированный доход                                    | $D_{ОБЩ.ДИСК}$ , руб.                   | 82691,17             |           |
| 6 | Интегральный экономический эффект (чистый дисконтируемый доход) | $E_{ИНТ} = ЧДД$ , руб.                  | 9769,44              |           |
| 7 | Индекс доходности                                               | $ИД$ , руб. / руб.                      | 1,13                 |           |

Анализируя данные, представленные в таблице 5.2., можно сделать заключение о том, что внедрение предложенных изменений в технологический процесс будет эффективным. Об этом свидетельствуют значения, полученные расчетным путем. А именно, положительная величина интегрального экономического эффекта, которая равна 9769,44 руб. Кроме того, проект окупиться в течение 4 лет, что для инвестиций в машиностроительное производства является хорошим показателем. И наконец, индекс доходности (ИД) составляет 1,13 руб./руб., это говорит о том, что каждый вложенный рубль в этот проект принесет предприятию не только возврат вложенных средств, но и дополнительную прибыль. Все вышеперечисленные значения дают нам право сделать заключение об эффективности предложенных изменений.

## **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

В работе рассмотрены вопросы проектирования технологического процесса изготовления корпуса с использованием функционально-стоимостного анализа.

На примере проектирования техпроцесса изготовления корпуса рассматривались вопросы по эффективному выбору тех или иных технических решений (выбор методов обработки, станков и оснащения). Выбор этот основан на использовании нечеткой логики антонимов, позволяющей дать комплексную оценку конкретного варианта проведения техпроцесса с использованием различных критериев эффективности.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Адаменко А.А., Ерошенко Я.Б., Кондрашова Т.В. Недетерминированные когнитивные модели на базе логики антонимов/Научные ведомости. Серия История. Политика. Экономика. Информатика, №1 (172), 2014, С. 105-109
2. Антонюк В.Е. Конструктору станочных приспособлений: Справочник / В.Е. Антонюк. – МН: Беларусь, 1991, 400 с.
3. Белоусов, А.П. Проектирование станочных приспособлений: Учеб пособие для учащихся техникумов. / А.П. Белоусов.; 3-е изд., перераб. И доп. – М.: Высш.школа, 1980, 240 с
4. Вардашкин Б.Н. Станочные приспособления: Справочник. В 2-х т. Т.1/ Б.Н. Вардашкин [и др.]. – М.: Машиностроение, 1984. – 604с.
5. Горина, Л.Н. Обеспечение безопасных условий труда на производстве. Учеб. Пособие. / Л.Н. Горина, - Тольятти, 2016, 68 с.
6. Горохов В.А. Проектирование и расчет приспособлений/В.А.Горохов – Мн.: Высш. школа, 1986. – 238с.
7. Гусев А.А. Технология машиностроения (специальная часть)/ А.А. Гусев, М. :Машиностроение, 1986. –480 с.
8. Безъязычный, В.Ф. Основы технологии машиностроения. М.:Машиностроение, 2013. - 598 с.
9. Дьячков В.Б. Специальные металлорежущие станки общемашиностроительного применения:Справочник/В.Б. Дьячков[и др.] - М.: Машиностроение, 1983. – 288с.
10. Зубкова, Н.В. Методическое указание к экономическому обоснованию курсовых и дипломных работ по совершенствованию технологических процессов механической обработки деталей (для студентов специальностей 120100 / Н.В. Зубкова,– Тольятти: ТГУ, 2015, 46 с.

11. Корсаков В.С. Основы конструирования приспособлений./ В.С. Корсаков. - М.: Машиностроение, 1983. - 277с.
12. Краченко Е.Г., Забарина Т.Ю., Степанов А.А. Методика оценки качества технологического процесса/Современные материалы, техника и технологии, №1(4), 2016, С. 118-121
13. Михайлов А.В., Расторгуев Д.А. Основы проектирования технологических процессов механосборочного производства/ А.В. Михайлов, Д.А. Расторгуев. - Тольятти: ТГУ, 2003. – 160 с.
14. Михайлов, А.В. Технологические основы обеспечения качества изготовления деталей в машиностроении: учеб. пособие / А.В. Михайлов, О.И. Драчев, А.Г. Схиртладзе. – Тольятти : Тольяттинский гос. ун-т, 2004. – 164 с.
15. Моисеева Н.К., Карпунина М.Г. Основы теории и практики функционально-стоимостного анализа: Учеб. пособие для техн. спец. Вузов. – М.: Высш.шк., 1988. – 192 с.
16. Моисеева Н.К. Выбор технических решений при создании новых изделий. – М.: Машиностроение, 1980. – 181 с.
17. Новиков М.П. Основы технологии сборки машин и механизмов/ М.П. Новиков – 5-е изд., М.: Машиностроение, 1980. – 592 с.
18. Обработка металлов резанием: Справочник технолога. / А.А. Панов [и др.]; под общ. ред. А.А. Панова, 2-е изд., перераб. И доп. – М.: Машиностроение, 2005 – 784 с.
19. Ординарцев И.А. Справочник инструментальщика./ И.А. Ординарцев [и др.] – Л.: Машиностроение, 1987. – 846с.
20. Орлов П.Н. Краткий справочник металлиста./ П.Н. Орлов – М.: Машиностроение, 1987. – 960с.

21. Расчет и проектирование приспособлений в машиностроении [Электронный ресурс] : учебник / Ю. М. Зубарев. - Санкт-Петербург : Лань, 2015. - 320 с.
22. Справочник контролера машиностроительного завода : допуски, посадки, линейн. измерения / А. Н. Виноградов [и др.] ; под ред. А. И. Якушева. – М.: Машиностроение, 1980. - 527 с.
23. Справочник по функционально-стоимостному анализу/А.П. Ковалев, Н.К. Моисеева, В.В. Сысун и др.; Под ред. М.Г. Карпунина, Б.И. Майданчика. – М.: Финансы и статистика, 1988. – 431 с.
24. Справочник технолога - машиностроителя. В 2-х кн. Кн. 1/ А.Г. Косилова [и др.]; под ред. А.М. Дальского [и др.]; - 5-е изд., перераб. и доп. - М: Машиностроение-1, 2001 г., 912 с.
25. Справочник технолога - машиностроителя. В 2-х кн. Кн. 2/ А.Г. Косилова [и др.]; под ред. А.М. Дальского [и др.]; - 5-е изд., перераб. и доп. - М: Машиностроение-1, 2001 г., 944 с
26. Технология машиностроения: учеб. пособие/И. С. Иванов. - 2-е изд., перераб. и доп. - Москва: ИНФРА-М, 2016. - 240 с.
27. Тисенко, В.Н. Нечеткие множества в задачах комплексных испытаний при реализации инновационных проектов / В.Н. Тисенко. – СПб. : Политехника, 1998. – 104 с.
28. Жарский, И.М. Технологические методы обеспечения надежности деталей машин/И.М. Жарский [и др.]. - Минск:Выш. шк., 2010. - 336 с.

## **ПРИЛОЖЕНИЯ**

[illegible]

[illegible]



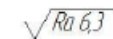


[illegible]



[illegible]

020



7