

Министерство образования Республики Беларусь  
Учреждение образования  
Гомельский государственный технический университет имени П.О.Сухого

Кафедра: «Технология машиностроения»

РАСЧЕТНО-ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА  
к курсовому проекту  
по дисциплине «Проектирование технологических процессов»

на тему: «Разработать технологический процесс механической обработки детали  
«Вал» КИС 0605612»

Выполнил: студент группы  
ЗТМ-41с  
Д.В.Ермоленко

Проверил: преподаватель  
Д.В.Мельников

Гомель 2013

# **Содержание**

## **Введение**

### **1. Технологический раздел**

- 1.1. Назначение и конструкция обрабатываемой детали.
- 1.2. Определение типа производства.
- 1.3. Анализ конструкции детали на технологичность.
- 1.4. Выбор и экономическое обоснование метода получения заготовки.
- 1.5. Анализ базового и технико-экономическое обоснование предлагаемого варианта технологического процесса обработки детали.
- 1.6. Расчет припусков на механическую обработку.
- 1.7. Расчет режимов резания.
- 1.8. Техническое нормирование.
- 1.9. Выбор оборудования и расчет его количества.

### **2. Конструкторский раздел.**

- 2.1. Кондуктор для сверления двух отверстий .
  - 2.1.1 Назначение и описание работы приспособления.
  - 2.1.2 Расчет приспособления на точность.
  - 2.1.3 Расчет необходимого усилия зажима.
  - 2.1.4 Расчет элементов приспособления на прочность
- 2.2. Контрольное приспособление
  - 2.2.1 Назначение и описание работы приспособления.
  - 2.2.2 Расчет приспособления на точность

## **Вывод**

## **Литература**

## **Приложения**

## **Введение**

Эффективность производства, его технический прогресс, качество выпускаемой продукции во многом зависят от опережающего развития производства нового оборудования, машин, станков и аппаратов технико-экономического анализа.

В связи с этим в учебном процессе высших учебных заведений значительное место отводится самостоятельным работам, выполняемым студентами курсов, таким, как курсовое проектирование по технологии машиностроения. Курсовое проектирование закрепляет, углубляет и обобщает знания, полученные студентами во время лекционных и практических занятий. Курсовое проектирование должно научить студента пользоваться справочной литературой, ГОСТами, таблицами, номограммами, нормами и расценками, умело, сочетая справочные данные теоретическими знаниями, полученными в процесс изучения курса.

При курсовом проектировании особое внимание уделяется самостоятельному творчеству студента с целью его инициативы в решении технических и организационных задач, а также детального и творческого анализа существующих технологических процессов.

При выполнении проекта принятие решений по выбору вариантов технологических процессов, оборудования, оснастки, методов получения заготовок производится на основании технико-экономических расчетов, что дает возможность предложить оптимальный вариант.

## 1. Технологический раздел

### 1.1. Назначение и конструкция обрабатываемой детали.

Деталь «Вал» КИС 0605612 представляет собой деталь цилиндрической ступенчатой формы. Вал предназначен для передачи вращательного движения на гладкий венец и на ведущий вал транспортера жатки .

Наиболее высокие требования предъявляются к следующим поверхностям детали:

Поверхность Ø45h9 - предназначена для установки шкива клиноременной передачи ,через который вал получает вращательное движение посредством шпоночного соединения;

Поверхность Ø40h9-предназначена для установки зубчатого колеса, посредством которого вращение от вала далее передается по кинематической цепи на гладкий венец и ведущий вал транспортера жатки.

Поверхности Ø45k6 и Ø35k6 –служат для установки шариковых двухрядных подшипников

Для предотвращения смещения в осевом направлении подшипника с одного торца детали предусмотрены и 2 отверстия с резьбой М10-7Н в которые устанавливаются болты для закрепления торцевой шайбы ,а с противоположной стороны вала для закрепления шкива – шейка с резьбой М 27х2-8g и отверстием Ø 4 мм на которую крепится корончатая гайка стопоримая шплинтом.

Остальные размеры и поверхности имеют второстепенное значение для служебного назначения детали.Вал изготавливается из конструкционной стали 45, (ГОСТ 1050-74), химический состав и механические свойства которой приведены в таблицах 1.1 и 1.2.

Таблица 1.1 Химический состав стали 45, %.

| C        | Si        | Mn      | Не более |       | Cr  | Ni  |
|----------|-----------|---------|----------|-------|-----|-----|
|          |           |         | S        | P     |     |     |
| 0,4-0,50 | 0,17-0,37 | 0,5-0,8 | 0,045    | 0,045 | 0,3 | 0.3 |

Таблица 1.2 Механические свойства стали 45

| Предел текуче-<br>сти<br>σт | Временное<br>сопротивление<br>σв | Относительное<br>удлинение<br>σб | Относительное<br>сужение попе-<br>речного сечения<br>ψ | Ударная вязкость<br><br>αн,<br>Дж/см <sup>2</sup> |
|-----------------------------|----------------------------------|----------------------------------|--|---|
| МПа                         |                                  | %                                |  |   |
| Не менее                    |                                  |                                  |  |   |
| 360                         | 610                              | 16                               | 40   |   |
|                             |                                  |                                  |  | 50  |

## 1.2 Определение типа производства.

Тип производства по ГОСТ 3.1108-74 характеризуется коэффициентом закрепления операций  $K_{з.о}$  который показывает отношение всех различных технологических операций, выполняемых в течение месяца, к числу рабочих мест.

$$K_{з.о} = \frac{\Sigma O}{\Sigma P}$$

где  $\Sigma O$  - суммарное число различных операций;

$\Sigma P$  - суммарное число рабочих мест;

Располагая штучным временем по базовому технологическому процессу, определяем количество станков: [1]

$$C_{pi} = \frac{N \cdot T_{шт-к}}{60 \cdot F_{д} \cdot \eta_{з.н}}$$

где  $N$  - годовой объем выпуска,  $N=3000$  шт.;

$T_{шт-к}$  - штучное время (вертикально-фрезерная), мин.;

$F_{д}=2015$  - действительный годовой фонд времени, ч;

$\eta_{з.н}= 0.75; 0.8; 0.9$  - нормативный коэффициент загрузки оборудования для крупносерийного, среднесерийного и мелкосерийного производства соответственно; так как на данном этапе тип производства еще неизвестен то принимаем усредненное значение  $\eta_{з.н}= 0.8$

$$C_{p010} = \frac{3000 \cdot 2.157}{60 \cdot 2015 \cdot 0.8} = 0,0669$$

$$C_{p100} = \frac{3000 \cdot 0.762}{60 \cdot 2015 \cdot 0.8} = 0,0236$$

$$C_{p020} = \frac{3000 \cdot 0.56}{60 \cdot 2015 \cdot 0.8} = 0,0173$$

$$C_{p110} = \frac{3000 \cdot 0.456}{60 \cdot 2015 \cdot 0.8} = 0,0141$$

$$C_{p030} = \frac{3000 \cdot 2.556}{60 \cdot 2015 \cdot 0.8} = 0,0792$$

$$C_{p160} = \frac{3000 \cdot 1.63}{60 \cdot 2015 \cdot 0.8} = 0,051$$

$$C_{p040} = \frac{3000 \cdot 2.259}{60 \cdot 2015 \cdot 0.8} = 0,07$$

$$C_{p170} = \frac{3000 \cdot 2}{60 \cdot 2015 \cdot 0.8} = 0,062$$

$$C_{p050} = \frac{3000 \cdot 1.254}{60 \cdot 2015 \cdot 0.8} = 0,038$$

$$C_{p180} = \frac{3000 \cdot 3.48}{60 \cdot 2015 \cdot 0.8} = 0,107$$

$$C_{p060} = \frac{3000 \cdot 1.34}{60 \cdot 2015 \cdot 0.8} = 0,0415$$

$$C_{p190} = \frac{3000 \cdot 2.44}{60 \cdot 2015 \cdot 0.8} = 0,075$$

$$C_{p070} = \frac{3000 \cdot 0.43}{60 \cdot 2015 \cdot 0.8} = 0,0133$$

$$C_{p200} = \frac{3000 \cdot 1.6}{60 \cdot 2015 \cdot 0.8} = 0,0496$$

$$C_{p080} = \frac{3000 \cdot 1}{60 \cdot 2015 \cdot 0.8} = 0,031$$

$$C_{p210} = \frac{3000 \cdot 4.9}{60 \cdot 2015 \cdot 0.8} = 0,152$$

$$C_{p090} = \frac{3000 \cdot 0.295}{60 \cdot 2015 \cdot 0.8} = 0,009$$

$$C_{p220} = \frac{3000 \cdot 5.4}{60 \cdot 2015 \cdot 0.8} = 0,167$$

Значение фактического коэффициента загрузки рабочего места определяем по формуле:

$$\eta_{3.\phi} = \frac{C_{pi}}{P}$$

где P=1- принятое число рабочих мест.

$$\eta_{3.\phi 010.} = \frac{0,0669}{1} = 0,0669$$

$$\eta_{3.\phi 070.} = \frac{0,0133}{1} = 0,0133$$

$$\eta_{3.\phi 020.} = \frac{0,0173}{1} = 0,0173$$

$$\eta_{3.\phi 080.} = \frac{0,031}{1} = 0,031$$

$$\eta_{3.\phi 030.} = \frac{0,0792}{1} = 0,0792$$

$$\eta_{3.\phi 090.} = \frac{0,009}{1} = 0,009$$

$$\eta_{3.\phi 040.} = \frac{0,07}{1} = 0,07$$

$$\eta_{3.\phi 100.} = \frac{0,0236}{1} = 0,0236$$

$$\eta_{3.\phi 050.} = \frac{0,038}{1} = 0,038$$

$$\eta_{3.\phi 110.} = \frac{0,0141}{1} = 0,0141$$

$$\eta_{3.\phi 060.} = \frac{0,0415}{1} = 0,0415$$

$$\eta_{3.\phi 160.} = \frac{0,051}{1} = 0,051$$

$$\eta_{3.\phi 170.} = \frac{0,062}{1} = 0,062$$

$$\eta_{3.\phi 200.} = \frac{0,0496}{1} = 0,0496$$

$$\eta_{3.\phi 180.} = \frac{0,107}{1} = 0,107$$

$$\eta_{3.\phi 210.} = \frac{0,152}{1} = 0,152$$

$$\eta_{3.\phi 190.} = \frac{0,075}{1} = 0,075$$

$$\eta_{3.\phi 220.} = \frac{0,167}{1} = 0,167$$

Определим количество операций O выполняемых на одном рабочем месте:

$$O = \frac{\eta_{3.H.}}{\eta_{3.\phi.}}$$

$$O_{010} = \frac{0.8}{0.0669} = 11.59 \approx 12$$

$$O_{060} = \frac{0.8}{0.0415} = 19.27 \approx 19$$

$$O_{020} = \frac{0.8}{0.0173} = 4.62 \approx 5$$

$$O_{070} = \frac{0.8}{0.0133} = 60.15 \approx 60$$

$$O_{030} = \frac{0.8}{0.0792} = 10.1 \approx 10$$

$$O_{080} = \frac{0.8}{0.031} = 25.8 \approx 26$$

$$O_{040} = \frac{0.8}{0.07} = 11.42 \approx 11$$

$$O_{090} = \frac{0.8}{0.009} = 88.8 \approx 89$$

$$O_{050} = \frac{0.8}{0.038} = 21.05 \approx 21$$

$$O_{100} = \frac{0.8}{0.0236} = 33.89 \approx 34$$

$$O_{110} = \frac{0.8}{0.0141} = 56.73 \approx 57$$

$$O_{190} = \frac{0.8}{0.075} = 10.66 \approx 11$$

$$O_{160} = \frac{0.8}{0.051} = 15.68 \approx 16$$

$$O_{200} = \frac{0.8}{0.0496} = 16.1 \approx 16 \quad O_{170} = \frac{0.8}{0.062} = 12.9 \approx 13$$

$$O_{210} = \frac{0.8}{0.152} = 5.26 \approx 5$$

$$O_{180} = \frac{0.8}{0.107} = 7.47 \approx 8$$

$$O_{220} = \frac{0.8}{0.167} = 4.79 \approx 5$$

Все рассчитанные значения для остальных операций сводим в таблицу 1.3

Таблица 1.3 Определение типа производства

| № операции | Наименование операции   | $T_{шт}$ | $C_{pi}$ | P  | $\eta_{з.ф}$ | O   |
|------------|-------------------------|----------|----------|----|--------------|-----|
| 010        | Горизонтально-фрезерная | 2,157    | 0,0669   | 1  | 0,0669       | 12  |
| 020        | Центровальная           | 0,56     | 0,0173   | 1  | 0,0173       | 5   |
| 030        | Токарно-копировальная   | 2,556    | 0,0792   | 1  | 0,0792       | 10  |
| 040        | Токарно-копировальная   | 2,259    | 0,07     | 1  | 0,07         | 11  |
| 050        | Токарно-винторезная     | 1,254    | 0,038    | 1  | 0,038        | 21  |
| 060        | Вертикально-сверлильная | 1,34     | 0,0415   | 1  | 0,0415       | 19  |
| 070        | Вертикально-сверлильная | 0,43     | 0,0133   | 1  | 0,0133       | 60  |
| 080        | Вертикально-сверлильная | 1,0      | 0,031    | 1  | 0,031        | 26  |
| 090        | Токарно-револьверная    | 0,295    | 0,009    | 1  | 0,009        | 89  |
| 100        | Вертикально-сверлильная | 0,762    | 0,0236   | 1  | 0,0236       | 34  |
| 110        | Вертикально-сверлильная | 0,456    | 0,0141   | 1  | 0,0141       | 57  |
| 160        | Круглошлифовальная      | 1,63     | 0,051    | 1  | 0,051        | 16  |
| 170        | Круглошлифовальная      | 2,0      | 0,062    | 1  | 0,062        | 13  |
| 180        | Круглошлифовальная      | 3,48     | 0,107    | 1  | 0,107        | 8   |
| 190        | Торцекруглошлифовальная | 2,44     | 0,075    | 1  | 0,075        | 11  |
| 200        | Круглошлифовальная      | 1,6      | 0,0496   | 1  | 0,0496       | 16  |
| 210        | Шпоночно-фрезерная      | 4,9      | 0,152    | 1  | 0,152        | 5   |
| 220        | Шпоночно-фрезерная      | 5,4      | 0,167    | 1  | 0,167        | 5   |
| Итого      | -                       | 34,519   | 1        | 18 | -            | 418 |

$$K_{3.0.} = \frac{418}{18} = 23.2$$

Согласно ГОСТ 14.004-74 при  $20 \leq K_{3.0.} \leq 40$  производство будет мелкосерийным. Это тип производства, характеризующийся ограниченной номенклатурой изделий, изготавливаемых или ремонтируемых периодически повторяющимися партиями, и сравнительно большим объемом выпуска. Объем выпуска предприятий серийного типа колеблется от десятков и сотен до тысяч регулярно повторяющихся изделий. Используется универсальное, специальное и частично специализированное оборудование. Широко используются станки с ЧПУ, обрабатывающие центры, находят применение гибкие автоматизированные системы станков с ЧПУ, связанными транспортирующими устройствами и управляемых с помощью ЭВМ. Оборудование расставляется по технологическим группам с учетом направления основных грузопотоков цеха по предметно-замкнутым участкам

Количество деталей в партии для одновременного запуска допускается определить упрощенным способом по формуле:

$$n = \frac{N \cdot a}{F}, \text{шт}$$

где,  $a=24$  периодичность запуска в днях;

$F=252$  –число рабочих дней в году.

$$n = \frac{3000 \cdot 24}{252} \approx 286 \text{ шт}$$

Размер партии может быть скорректирован. Корректировка состоит в распределении расчетного числа смен на обработку всей партии деталей на основных рабочих местах.

$$C = \frac{T_{шт-к.ср} \cdot n}{476 \cdot \eta_{з.н}}$$

где  $T_{шт.ср.}$  - среднее штучное время по операциям мех. обработки.

$$T_{шт-к.ср} = \frac{\sum T_i}{k}$$

где  $k=16$  – число технологических операций;

$\sum T_i$  - сумма времен всех операций, мин(см табл1.4)

$$T_{шт-к.ср} = \frac{34.519}{18} = 1.918 \text{ мин}$$

476 -действительный фонд времени работы оборудования в смену,мин

$\eta_{з.н}=0.9$  – нормативный коэффициент загрузки станков в условиях принятого мелкосерийного производства

$$c = \frac{1.918 \cdot 286}{476 \cdot 0.9} = 1.28$$

принимаем  $c=1$  смены.



Расчетное число смен округляем до принятого числа смен  $c_{пр}=1$ , затем определяем число деталей в партии необходимых для загрузки в течение целого числа смен:

$$n_{пр} = \frac{476 \cdot 0,75 \cdot c_{пр}}{T_{шт-к.ср}} = \frac{476 \cdot 0,9 \cdot 1}{1,918} = 223 \text{ шт}$$

Для дальнейших расчетов принимаем количество деталей в настроечной партии  $n=223$  штуки.

### **1.3 Анализ конструкции детали на технологичность.**

#### **1 Качественный анализ на технологичность.**

Деталь «Вал» КИС 0605612 представляет собой цилиндрическую деталь ступенчатой формы из конструкционной стали 45. Вал довольно прост по конфигурации, имеет хорошие базовые поверхности для начальных операций механической обработки.

С точки зрения механической обработки деталь имеет следующие недостатки в отношении технологичности:

Наличие двух резьбовых отверстий М10-7Н на торце детали, параллельных оси вала не удобно, так как их получение подразумевает применение специального приспособления (кондуктора) ввиду невозможности изготовления на токарных операциях.

Наличие на резьбовой шейке вала отверстия Ø4, перпендикулярного оси вала с двусторонними фасками, при изготовлении которых необходимо переустанавливать деталь. Кроме этого при сверлении отверстия и рассверливании фасок нарезанная резьба будет с заусенцами, что вызывает необходимость дополнительно калибровать резьбу плашкой.

В остальном обрабатываемые поверхности с точки зрения обеспечения точности и шероховатости не представляют технологических трудностей и дают возможность обрабатывать деталь высокопроизводительными методами.

**2** Количественная оценка технологичности конструкции сводится к определению следующих показателей: коэффициента точности обработки, коэффициента шероховатости обрабатываемых поверхностей и коэффициента использования материала.

Коэффициент точности обработки определяется по формуле

$$K_{мч} = 1 - \frac{1}{T_{ср}},$$

где  $T_{cp}$  – среднее значение качества точности.

Среднее значение качества точности определяется по формуле

$$T_{cp} = \frac{\sum T_i \cdot n_i}{\sum n_i},$$

где  $T_i$  – значение качества точности  $i$ -ой поверхности;

$n_i$  – количество поверхностей с данным качеством точности.

Расчеты по определению коэффициента точности обработки сводим в таблицу 1.4.

Таблица 1.4 – Определение коэффициента точности

| $T_i$        | $n_i$     | $T_i \times n_i$ |
|--------------|-----------|------------------|
| 14           | 10        | 140              |
| 10           | 1         | 10               |
| 9            | 4         | 36               |
| 8            | 1         | 8                |
| 7            | 2         | 14               |
| 6            | 2         | 12               |
| <b>Итого</b> | <b>20</b> | <b>220</b>       |

Тогда получим

$$K_{mч} = 1 - \frac{20}{220} = 0,909.$$

Деталь технологична по точности, так как  $K_{тч}=0,909 > 0,8$ .

Коэффициент шероховатости обработанных поверхностей определяется по формуле

$$K_{ш} = \frac{1}{Ш_{cp}},$$

где  $Ш_{cp}$  – среднее значение шероховатости обработанных поверхностей.

Среднее значение шероховатости обработанных поверхностей определяется по формуле

$$Ш_{cp} = \frac{\sum Ш_i \cdot n_i}{\sum n_i},$$

где  $Ш_i$  – значение параметра шероховатости  $i$ -ой поверхности;

$n_i$  – количество поверхностей с данной шероховатостью.

Расчеты по определению коэффициента шероховатости обработанных поверхностей сводим в таблицу 1.5.

Таблица 1.5 – Определение коэффициента шероховатости

| $\Pi_i$      | $n_i$     | $\Pi_i \times n_i$ |
|--------------|-----------|--------------------|
| 20           | 5         | 100                |
| 10           | 5         | 50                 |
| 5            | 4         | 20                 |
| 12,5         | 3         | 37,5               |
| 2,5          | 3         | 7,5                |
| 1,25         | 2         | 2,5                |
| 0,63         | 1         | 0,63               |
| <b>Итого</b> | <b>23</b> | <b>218,13</b>      |

Тогда получим

$$K_{ш} = \frac{23}{218,13} = 0,105$$

Деталь технологична по шероховатости, так как  $K_{ш}=0,105 < 0,2$ .

Коэффициент использования материала детали определяется по формуле

$$K_{им} = \frac{q}{H_p},$$

где  $q$  – масса готовой детали,  $q=2,24$  кг;

$Q$  – масса заготовки, для прутка определяется по формуле:

$$Q = \frac{\pi}{4}(D^2 \cdot l) = \frac{\pi}{4}(60^2 \cdot 232) \cdot \rho = 5.146 \text{ кг}$$

где  $D$  и  $l$  – диаметр и длина прутка соответственно

$\rho$  – плотность материала  $\rho=7,85 \cdot 10^{-6}$  кг

$$K_{им} = \frac{2.24}{5.146} = 0.43.$$

Деталь не технологична с точки зрения коэффициента использования материала, так как КИМ  $0,43 < 0,45$ . (для деталей изготавливаемых из проката).

В результате выполненного анализа технологичности можно сделать вывод, что деталь достаточна технологична, допускает применение высокопроизводительных режимов обработки, имеет хорошие базовые поверхности для первоначальных операций и достаточно проста по конструкции.

## 1.4 Выбор и технико-экономическое обоснование метода получения заготовки

На выбор метода получения заготовки оказывают влияние: материал детали, ее назначение и технические требования на изготовление, объем и серийность выпуска, форма поверхностей и размеры детали.

Оптимальный метод получения заготовки определяется на основании всестороннего анализа названных факторов и технико-экономического расчета технологической себестоимости детали. Метод получения заготовки, обеспечивающий технологичность изготавливаемой из нее детали, при минимальной себестоимости последней считается оптимальным.

В качестве заготовки для детали принимаем сортовой горячекатный прокат Ø60 мм ГОСТ 7417-75, так как его применяют для изготовления гладких и ступенчатых валов с небольшим перепадом ступеней. Точность проката ориентировочно соответствует 11-12 качеству.

При изготовлении заготовки прокат режут на абразивно-отрезном станке или дисковой пиле с последующей термообработкой заготовки.

$$S_{\text{заг}} = M + \sum C_{\text{ОЗ}}$$

где  $M$  – затраты на материал заготовки, руб.;

$\sum C_{\text{ОЗ}}$  – технологическая себестоимость операций, руб.;

$$\sum C_{\text{ОЗ}} = \frac{C_{\text{ПЗ}} \cdot T_{\text{шт}}}{60}$$

$T_{\text{шт}}$  – штучное время выполнения заготовительной операции, мин;

$C_{\text{ПЗ}}$  – приведенные затраты на рабочем месте, руб.;

$$\sum C_{\text{ПЗ}} = \frac{2710 \cdot 2.56}{60} + \frac{1880 \cdot 3.56}{60} = 227, \text{ руб}$$

$$M = Q \cdot S - (Q - q) \cdot \frac{S_{\text{ОТХ}}}{1000}$$

где  $Q$  – масса заготовки, кг.;  $Q = 5,146$  кг

$S$  – цена 1 кг материала заготовки, руб.;  $S = 7500$  руб

$q$  – масса готовой детали, кг.;  $q = 2,24$  кг

$S_{\text{ОТХ}}$  – цена 1 кг отходов, руб.;  $S_{\text{ОТХ}} = 1090$  руб

$$M = 5,146 \cdot 7500 - (5,146 - 2,24) \cdot \frac{1090}{1000} = 38592, \text{ руб}$$

$$S_{\text{заг}} = 38592 + 227 = 38819 \text{ руб}$$

Для сравнения произведем расчет себестоимости заготовки полученной методом штамповки

$$S_{\text{заг}}^1 = M + \sum C_{\text{ОЗ}}$$

где  $M$  – затраты на материал заготовки, руб.;

$\sum C_{\text{ОЗ}}$  – технологическая себестоимость операций производства штамповки, руб.;

$$\sum C_{oz} = \frac{2650 \cdot 3.56}{60} + \frac{3598 \cdot 3.29}{60} = 352, \text{ руб}$$

$$S_{заг}^1 = 38592 + 352 = 38944 \text{ руб}$$

Сравнивая полученные результаты можно сделать вывод что получение заготовки из проката наиболее целесообразно чем из штамповки.

Годовой экономический эффект на программу выпуска будет равен

$$\Xi = (S_{заг}^1 - S_{заг}) \cdot N = (38944 - 38819) \cdot 3000 = 375000 \text{ руб.}$$

Хотя экономический эффект достаточно мал, больший эффект получится от того, что не будет использоваться оборудование, которое после внедрения нового способа получения заготовки будет отсутствовать в новом технологическом процессе.

### **1.5 Анализ базового и технико-экономическое обоснование предлагаемого вариантов технологического процесса обработки детали**

Операции механической обработки, используемые в базовом технологическом процессе механической обработке, и информация по оборудованию представлены в таблице 1.6.

Таблица 1.6 – Базовый технологический процесс

| Наименование и номер операции | Модель станка | Содержание операции   |
|-------------------------------|---------------|---|
| 1                             | 2             | 3   |
| 010 Горизонтально-фрезерная   | 6М82          | Фрезерование торца в размер 237мм   |
| 020 Центровальная             | МН2911        | Центрование торцев  |
| 030Токарно-копировальная      | 1Н713         | Точить поверхности $\varnothing 35,7h11$ ; $\varnothing 40,7h11$ ; $\varnothing 45,7h11$ точение фаски $3,5 \times 45^\circ$ ; $2 \times 45^\circ$                                    |
| 040Токарно-копировальная      | 1Н713         | Точить поверхности $\varnothing 29h12$ ; $\varnothing 45,7h11$ ; $\varnothing 51h14$ ; $\varnothing 55,7h11$ ; точение фаски $30^\circ$ ; $2 \times 45^\circ$ ; $3,5 \times 45^\circ$ |
| 050Токарно-винторезная        | 16К20         | Точить поверхность под резьбу $\varnothing 25,61_{-0,17}$ точение канавки $\varnothing 24_{-0,52} \times 5 \pm 0,1$   |
| 060 Вертикально-сверлильная   | 2Н125         | Сверление 2-х отверстий под резьбу $\varnothing 8,43^{+0,3}$  |
| 070 Вертикально-сверлильная   | 2Н125         | Зенкование 2-х фасок $1,6 \times 45^\circ$  |

Продолжение таблицы 1.6

|                             |               |   |
|-----------------------------|---------------|---|
| 080 Вертикально-сверлильная | 2Н125         | Нарезание резьбы М10-7Н в двух отверстиях           |
| 090 Токарно-револьверная    | Marei         | Накатывание резьбы М27×2-8g                         |
| 100 Вертикально-сверлильная | 2Б118         | Сверление отверстия Ø4,2 мм                         |
| 110 Вертикально-сверлильная | 2Б118         | Зенкование 2-х фасок 1,6×45°                        |
| 160 Круглошлифовальная      | 3Б161         | Шлифование поверхности Ø 55h10                      |
| 170 Круглошлифовальная      | 3Б161Н<br>180 | Шлифование поверхности Ø 45h9                       |
| 180 Круглошлифовальная      | 3Б161         | Шлифование поверхности Ø 40h9                       |
| 190 Торцекруглошлифовальная | 3Т161Н<br>180 | Шлифование поверхности Ø 45к6 с подшлифовкой торца. |
| 200 Круглошлифовальная      | 3Б161         | Шлифование поверхности Ø 35к6                       |
| 210 Шпоночно-фрезерная      | 692Р          | Фрезерование паза 12p9×70                           |
| 220 Шпоночно-фрезерная      | 692Р          | Фрезерование паза 14p9×70                           |

Так как производство мелкосерийное то наиболее целесообразно заменить токарно-копировальные станки 1Н713 применяемые на операции 030 и 040 на станки с ЧПУ 16К20Ф3 С39, что позволит объединить операции 040 –Токарно-копировальная, 050-Токарно-винторезная и 090-Токарно-револьверная в одну за счет многофункциональности станков с ЧПУ, а также исключить такие операции как 010-Горизонтально-фрезерная и 020 –Центровальная. Станки которые освободились за счет этого, можно использовать при обработке других деталей в другом технологическом процессе. Остальные операции предлагается оставить без изменений.

Предлагаемый технологический процесс представлен в таблице 1.7  
Таблица 1.7 – Предлагаемый технологический процесс

| Наименование и номер операции | Модель станка  | Содержание операции  |
|-------------------------------|----------------|--|
| 1                             | 2              | 3  |
| 010 Токарная с ЧПУ            | 16К20Ф<br>3С39 | Подрезка торца, центрование отверстия , то-<br>чить поверхности Ø35,7h11; Ø40,7h11;<br>Ø45,7h11 точение фаски 3,5×45°; 2×45° |

Продолжение таблицы 1.7

|                             |                |  |
|-----------------------------|----------------|--|
| 020 Токарная с ЧПУ          | 16K20Ф<br>3C39 | Подрезка торца, центрование отверстия , точить поверхности $\varnothing 29h12$ ; $\varnothing 45,7h11$ ; $\varnothing 51h14$ ; $\varnothing 55,7h11$ ; точение фаски $30^\circ$ ; $2 \times 45^\circ$ ; $3,5 \times 45^\circ$ ; Точить поверхность под резьбу $\varnothing 25,61_{-0,17}$ точение канавки $\varnothing 24_{-0,52} \times 5 \pm 0,1$ ; Накатывание резьбы M27 $\times$ 2-8g |
| 030 Вертикально-сверлильная | 2Н125          | Сверление 2-х отверстий под резьбу $\varnothing 8,43^{+0,3}$   |
| 040 Вертикально-сверлильная | 2Н125          | Зенкование 2-х фасок $1,6 \times 45^\circ$   |
| 050 Вертикально-сверлильная | 2Н125          | Нарезание резьбы М10-7Н в двух отверстиях  |
| 060 Вертикально-сверлильная | 2Б118          | Сверление отверстия $\varnothing 4,2$ мм   |
| 070 Вертикально-сверлильная | 2Б118          | Зенкование 2-х фасок $1,6 \times 45^\circ$   |
| 100 Круглошлифовальная      | 3Б161          | Шлифование поверхности $\varnothing 55h10$   |
| 120 Круглошлифовальная      | 3Б161Н<br>180  | Шлифование поверхности $\varnothing 45h9$  |
| 130 Круглошлифовальная      | 3Б161          | Шлифование поверхности $\varnothing 40h9$  |
| 140 Торцекруглошлифовальная | 3Т161Н<br>180  | Шлифование поверхности $\varnothing 45k6$ с подшлифовкой торца.  |
| 150 Круглошлифовальная      | 3Б161          | Шлифование поверхности $\varnothing 35k6$  |
| 160 Шпоночно-фрезерная      | 692Р           | Фрезерование паза 12p9 $\times$ 70   |
| 170 Шпоночно-фрезерная      | 692Р           | Фрезерование паза 14p9 $\times$ 70   |

Прежде чем принять решение о методах и последовательности обработки отдельных поверхностей детали и составить технологический маршрут изготовления всей детали, необходимо произвести расчеты экономической эффективности отдельных вариантов и выбрать из них наиболее рациональный для данных условий производства. Критерием оптимальности является минимум приведенных затрат на единицу продукции.

При выборе варианта технологического маршрута приведенные затраты могут быть определены в виде удельных величин на 1 час работы оборудования. В качестве себестоимости рассматривается технологическая себестоимость, которая включает изменяющиеся по вариантам статьи затрат. Часовые приведенные затраты можно определить по формуле:

$$C_{n.3} = C_3 + C_{ч.3} + E_n(K_c + K_3),$$

- где  $C_3$  – основная и дополнительная зарплата с начислениями, руб./час;  
 $C_{ч.3}$  – часовые затраты по эксплуатации рабочего места, руб./час;  
 $E_n$  – нормативный коэффициент экономической эффективности капитальных вложений ( $E_n=0,15$ );  
 $K_c$  – удельные часовые капитальные вложения в станок, руб./час.  
 $K_3$  – удельные часовые капитальные вложения в здание, руб./час.

Основная и дополнительная заработная плата с начислениями определяется по формуле

$$C_3 = \varepsilon \cdot C_{тф} \cdot k \cdot y,$$

- где  $\varepsilon$  – коэффициент, учитывающий дополнительную зарплату, равную 9%, начисления на социальное страхование 7,6% и приработок к основной зарплате в результате перевыполнения норм на 30 %;  
 $\varepsilon = 1,09 \cdot 1,076 \cdot 1,3 = 1,53$ .  
 $C_{тф}$  – часовая тарифная ставка станочника-сдельщика соответствующего разряда, руб./час;  
 $k$  – коэффициент, учитывающий зарплату наладчика для серийного производства  $k=1,0$ ;  
 $y$  – коэффициент, учитывающий оплату рабочего при многостаночном обслуживании.  $y=1$

Часовые затраты по эксплуатации рабочего места определяются по формуле

$$C_{ч.3} = C_{ч.3}^{б.н} \cdot K_m,$$

- где  $C_{ч.3}^{б.н}$  – практические часовые затраты на базовом рабочем месте, руб./час;  
 $K_m$  – коэффициент, показывающий во сколько раз затраты, связанные с работой данного станка, больше, чем аналогичные расходы у базового станка.

Капитальные вложения в станок

$$K_c = \frac{Ц}{F_d \cdot \eta_3},$$

- где  $Ц$  – балансовая стоимость станка, определяемая как сумма оптовой цены станка и затрат на транспортирование и его монтаж, составляющих 10...15% оптовой цены станка, руб.;
- $F_d$  – действительный годовой фонд времени работы станка,  $F_d=2015$  час.;
- $\eta_3$  – коэффициент загрузки станка, для серийного производства  $\eta_3=0,8$ ;

Капитальные вложения в здание

$$K_3 = \frac{F \cdot Ц_{зд}}{F_d \cdot \eta_3},$$

- где  $F$  – производственная площадь, занимаемая станком с учетом проходов,  $m^2$ ;



$\Pi_{зд}$  – стоимость одного м<sup>2</sup> производственной площади, руб.

Производственная площадь, занимаемая станком с учетом проходов, определяется по формуле

$$F = f \cdot k_f,$$

где  $f$  – площадь станка в плане, м<sup>2</sup>;

$k_f$  – коэффициент, учитывающий проходы, проезды и др.

Технологическая себестоимость операции механической обработки

$$C_o = \frac{C_{п.з} \cdot T_{шт-к}}{60 \cdot k_6},$$

где  $T_{шт-к}$  –штучно-калькуляционное время на операцию, мин.;

$k_6$  – коэффициент выполнения норм, обычно принимаемый равным 1,3.

Определим значения приведенных часовых затрат и технологической себестоимости для базового варианта.

Операция «Токарно-винторезная». Станок модели 16K20.

$C_{тф}=3658,5$  руб./час;  $\tilde{N}_{\div, \zeta}^{d, i} = 180$  шт./ч  $K_M=1,5$ ;  $\Pi=20000$  тыс. руб.;  $\Pi_{зд}=1200000$  руб.;  $f=2,98$  м<sup>2</sup>;  $k_f=3$ ,  $T_{шт-к}=6697$  мин. тогда

$$C_3 = 1,53 \cdot 3658,5 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 5597,5 \text{ руб./час};$$

$$C_{ч.з} = 1800 \cdot 1,5 = 2700 \text{ руб./час};$$

$$K_c = \frac{96000000}{2016 \cdot 0,8} = 59553 \text{ руб./час};$$

$$K_3 = \frac{2,98 \cdot 1200000}{2016 \cdot 0,8} = 2217 \text{ руб./час};$$

$$C_{п.з} = 5597,5 + 2700 + 0,15 \cdot (59553 + 2217) = 20558 \text{ руб./час}.$$

$$C_{ол}^{баз} = \frac{20558 \cdot 1,254}{60 \cdot 1,3} = 331 \text{ руб.}$$

Остальные операции сводим в таблицу 1.8.

Таблица 1.8 Затраты на операции техпроцесса

| Наименование оборудования | Стоимость, млн. руб. | Площадь, м <sup>2</sup> | Часовая тарифная ставка, руб/ч | Зарплата, руб/ч | Затраты по экспл. раб. мест, руб/ч | Кап. вложения в станок, руб/ч | Кап. вложения в здание, руб/ч | Часовые приведенные затраты, руб/ч | Время штучное на операцию мин | Себестоимость операции |
|---------------------------|----------------------|-------------------------|--------------------------------|-----------------|------------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|------------------------------------|-------------------------------|------------------------|
| Базовый техпроцесс        |                      |                         |                                |                 |                                    |                               |                               |                                    |                               |                        |
| 6M82                      | 70                   | 4,82                    | 3658,5                         | 5597,5          | 2700                               | 43424                         | 3586                          | 15349                              | 2,157                         | 424                    |
| MH2911                    | 160                  | 2,84                    | 3658,5                         | 5597,5          | 2700                               | 99206                         | 2113                          | 23495                              | 0,56                          | 169                    |
| 1H713                     | 200                  | 3,06                    | 3658,5                         | 5597,5          | 3060                               | 124008                        | 2278                          | 27600                              | 2,556                         | 904                    |
| 1H713                     | 200                  | 3,06                    | 3658,5                         | 5597,5          | 3060                               | 124008                        | 2278                          | 27600                              | 2,259                         | 799                    |
| <b>16K20</b>              | <b>96</b>            | <b>2,98</b>             | <b>3658,5</b>                  | <b>5597,5</b>   | <b>2700</b>                        | <b>59553</b>                  | <b>2217</b>                   | <b>20558</b>                       | <b>1,254</b>                  | <b>331</b>             |
| 2H125                     | 12                   | 0,72                    | 3658,5                         | 5597,5          | 2700                               | 7444                          | 536                           | 9495                               | 1,34                          | 163                    |

Продолжение таблицы 1.8

|                                |     |                    |        |        |      |            |            |       |       |             |
|--------------------------------|-----|--------------------|--------|--------|------|------------|------------|-------|-------|-------------|
| 2Н125                          | 12  | 0,72               | 3658,5 | 5597,5 | 2700 | 7444       | 536        | 9495  | 0,43  | 52          |
| 2Н125                          | 12  | 0,72               | 3658,5 | 5597,5 | 2700 | 7444       | 536        | 9495  | 1,0   | 122         |
| Marei                          | 123 | 2,98               | 3143,6 | 4809,7 | 2700 | 76265      | 2217       | 19282 | 0,295 | 73          |
| 2Б118                          | 14  | 0,51               | 3143,6 | 4809,7 | 2700 | 8685       | 379        | 8869  | 0,762 | 87          |
| 2Б118                          | 14  | 0,51               | 3143,6 | 4809,7 | 2700 | 8685       | 379        | 8869  | 0,456 | 52          |
| 3Б161                          | 215 | 15,12              | 3658,5 | 5597,5 | 3060 | 13337<br>5 | 11250      | 30351 | 1,63  | 634         |
| 3Б161Н18<br>0                  | 215 | 15,12              | 3658,5 | 5597,5 | 3060 | 13337<br>5 | 11250      | 30351 | 2,0   | 778         |
| 3Б161                          | 215 | 15,12              | 3658,5 | 5597,5 | 3060 | 13337<br>5 | 11250      | 30351 | 3,48  | 1354        |
| 3Т161Н18<br>0                  | 230 | 17,55              | 3658,5 | 5597,5 | 3060 | 14268<br>0 | 13058      | 32018 | 2,44  | 1002        |
| 3Б161                          | 215 | 15,12              | 3658,5 | 5597,5 | 3060 | 13337<br>5 | 11250      | 30351 | 1,6   | 623         |
| 692Р                           | 83  | 1,56               | 3143,6 | 4809,7 | 2700 | 51489      | 1161       | 15407 | 4,9   | 968         |
| 692Р                           | 83  | 1,56               | 3143,6 | 4809,7 | 2700 | 51489      | 1161       | 15407 | 5,4   | 1067        |
| <b>ИТОГО</b>                   |     | <b>104,0<br/>7</b> |        |        |      |            |            |       |       | <b>9591</b> |
| <b>Предлагаемый техпроцесс</b> |     |                    |        |        |      |            |            |       |       |             |
| 16К20Ф3<br>С39                 | 232 | 5,75               | 4254,7 | 6509,7 | 3060 | 14384<br>9 | 4278       | 31789 | 3,778 | 1539        |
| 16К20Ф3<br>С39                 | 232 | 5,75               | 4254,7 | 6509,7 | 3060 | 14384<br>9 | 4278       | 31789 | 3,363 | 1371        |
| 2Н125                          | 12  | 0,72               | 3658,5 | 5597,5 | 2700 | 7444       | 5360       | 10218 | 1,34  | 163         |
| 2Н125                          | 12  | 0,72               | 3658,5 | 5597,5 | 2700 | 7444       | 5360       | 10218 | 0,43  | 52          |
| 2Н125                          | 12  | 0,72               | 3658,5 | 5597,5 | 2700 | 7444       | 5360       | 10218 | 1,0   | 122         |
| 2Б118                          | 14  | 0,51               | 3143,6 | 4809,7 | 2700 | 8685       | 3797       | 9382  | 0,762 | 87          |
| 2Б118                          | 14  | 0,51               | 3143,6 | 4809,7 | 2700 | 8685       | 3797       | 9382  | 0,456 | 52          |
| 3Б161                          | 215 | 15,12              | 3658,5 | 5597,5 | 3060 | 13337<br>5 | 11255<br>6 | 45547 | 1,63  | 634         |
| 3Б161Н18<br>0                  | 215 | 15,12              | 3658,5 | 5597,5 | 3060 | 13337<br>5 | 11255<br>6 | 45547 | 2,0   | 778         |
| 3Б161                          | 215 | 15,12              | 3658,5 | 5597,5 | 3060 | 13337<br>5 | 11255<br>6 | 45547 | 3,48  | 1354        |
| 3Т161Н18<br>0                  | 230 | 17,55              | 3658,5 | 5597,5 | 3060 | 14268<br>0 | 13064<br>5 | 49656 | 2,44  | 1002        |
| 3Б161                          | 215 | 15,12              | 3658,5 | 5597,5 | 3060 | 13337<br>5 | 11255<br>6 | 45547 | 1,6   | 623         |
| 6Р11                           | 50  | 1,56               | 3658,5 | 5597,5 | 2700 | 31002      | 1161       | 13122 | 4,9   | 824         |
| 6Р11                           | 50  | 1,56               | 3658,5 | 5597,5 | 2700 | 31002      | 1161       | 13122 | 5,4   | 908         |
| <b>ИТОГО</b>                   |     | <b>95,83</b>       |        |        |      |            |            |       |       | <b>9509</b> |

Исходя из данных представленных в таблице, выяснилось, что в проектируемом варианте уменьшается производственная площадь, занимаемая оборудованием, а также снижается себестоимость изготовления детали

## 1.6 Расчет припусков на механическую обработку

Производим расчет припусков для обработки поверхности Ø45к6. Технологический маршрут обработки поверхности Ø45к6 состоит из точения чернового, чистового и шлифования поверхности Ra=1,25 мкм. Расчет припусков расчетно-аналитическим методом ведем с использованием таблицы 1.9, в которую последовательно записываем выполненные расчеты[1].

Значения, характеризующие качество поверхности проката составляют Rz=150 мкм и T=250 мкм. После чернового точения – Rz=50 мкм и T=50 мкм, после чистового точения – Rz=30 мкм и T=30 мкм после шлифования – Rz=10 мкм и T=20 мкм.

Таблица 1.9 – Расчет припусков и предельных размеров по технологическим переходам на обработку поверхности Ø45к6

| Технологические переходы обработки отверстия Ø45к6 | Элементы припуска, мкм |     |     | 2Z <sub>min</sub> , мкм | d <sub>p</sub> , мм | δ, мкм | Предельные значения размеров |                  | Предельные значения припусков  |                                |
|--|------------------------|-----|-----|-------------------------|---------------------|--------|------------------------------|------------------|--------------------------------|--------------------------------|
|  | Rz                     | T   | ρ   |                         |                     |        | d <sub>min</sub>             | d <sub>max</sub> | Z <sub>min</sub> <sup>ид</sup> | Z <sub>max</sub> <sup>ид</sup> |
| Заготовка  | 150                    | 250 | 182 | —                       | 47,1                | 1600   | 47,1                         | 48,7             | —                              | —                              |
| Точение: черновое(1)                               | 50                     | 50  | 11  | 1164                    | 45,96               | 620    | 45,96                        | 46,58            | 1140                           | 2120                           |
| Чистовое(2)  | 30                     | 30  | 8   | 822                     | 45,14               | 160    | 45,14                        | 45,3             | 820                            | 1280                           |
| Шлифование (3)                                     | 5                      | 15  | 4   | 136                     | 45,002              | 16     | 45,002                       | 45,018           | 136                            | 282                            |
| <b>Итого</b>                                       | —                      | —   | —   | —                       | —                   | —      | —                            | —                | <b>1626</b>                    | <b>3682</b>                    |

$$\rho_K = \Delta_K \cdot l = 1,3 \cdot 140 = 182 \text{ мкм.}$$

где l=140мм-вылет заготовки

$$\rho_K = \rho_K \cdot 0.06 = 182 \cdot 0.06 = 11 \text{ мкм.}$$

$$\rho_K = \rho_K \cdot 0.06 = 182 \cdot 0.04 = 8 \text{ мкм.}$$

Шлифование:

$$\rho_K = \rho_K \cdot 0.06 = 182 \cdot 0.02 = 4 \text{ мкм.}$$

Расчетный минимальный припуск рассчитываем по формуле:

$$2Z \min i = 2 \cdot (Rz_{i-1} + T_{i-1} + \rho_{i-1})$$

$$2Z \min 1 = 2 \cdot (150 + 250 + 182) = 1164 \text{ мкм}$$

$$2Z \min 2 = 2 \cdot (150 + 250 + 11) = 822 \text{ мкм}$$

$$2Z \min 3 = 2 \cdot (30 + 30 + 8) = 136 \text{ мкм}$$

Расчетный размер:

$$dp3 = d \min = 45.002 \text{ мм}$$

$$dpi = d_{i+1} + 2Z \min i \text{ мм}$$

$$dp2 = 45.002 + 0.136 = 45.138 \approx 45.14 \text{ мм}$$

$$dp1 = 45.14 + 0.822 = 45.962 \approx 45.96 \text{ мм}$$

$$dp3ag = 45.96 + 1.164 = 47.124 \approx 47.1 \text{ мм}$$

Наибольшие предельные размеры:

$$d \max_i = d \min_i + \delta \text{ мм}$$

$$d \max 3ag = 47,1 + 1,6 = 48,7 \text{ мм}$$

$$d \max 1 = 45,96_i + 0,62 = 46,58 \text{ мм}$$

$$d_{\max 2} = 45,14 + 0,16 = 45,3 \text{ мм}$$

Предельные значения припусков:

Максимальный  $2Z_{MAX}^{PP}$

Минимальный  $2Z_{MIN}^{PP}$

$$2Z_{MAX}^{PP} = d_{\max i} - d_{\max i-1}$$

$$2Z_{MIN}^{PP} = d_{\min i} - d_{\min i-1}$$

$$2Z_{MAX}^{PP} 3 = 45,3 - 45,018 = 0,282 \text{ мм}$$

$$2Z_{MIN}^{PP} 3 = 45,14 - 45,002 = 0,136 \text{ мм}$$

$$2Z_{MAX}^{PP} 2 = 46,58 - 45,3 = 1,28 \text{ мм}$$

$$2Z_{MIN}^{PP} 2 = 45,96 - 45,14 = 0,82 \text{ мм}$$

$$2Z_{MAX}^{PP} 1 = 48,7 - 46,58 = 2,12 \text{ мм}$$

$$2Z_{MIN}^{PP} 1 = 47,1 - 45,96 = 1,14 \text{ мм}$$

Общие припуски:

$$\text{максимальный } Z_{OMAX} = 282 + 1280 + 2120 = 3682 \text{ мкм}$$

$$\text{минимальный } Z_{OMIN} = 136 + 350 + 1140 = 1626 \text{ мкм}$$

Номинальный припуск рассчитываем по формуле

$$Z_{оном} = Z_{о min} + H_z - H_{\partial}.$$

где  $H_z$  – нижнее отклонение размеров заготовки, по ГОСТ -2590-71 и равно 500 мкм

Минимальный припуск на растачивание

$$Z_{оном} = 1626 + 1100 - 2 = 2724 \text{ мкм}.$$

тогда

$$d_{ном} = 45,002 + 2,724 = 47,726 \text{ мм}.$$

Так как данный расчетный диаметр заготовки не является наибольшим диаметром ступени вала, то принимаем прокат  $d_{ном} = 60 \text{ мм}$ ;

Проведём проверку правильности выполненных расчётов

$$Z_{1 \max}^{np} - Z_{1 \min}^{np} = 2120 - 1140 = 980 \text{ мкм};$$

$$\delta_1 - \delta_2 = 1600 - 620 = 980 \text{ мкм};$$

$$Z_{2 \max}^{np} - Z_{2 \min}^{np} = 1280 - 820 = 460 \text{ мкм};$$

$$\delta_2 - \delta_3 = 620 - 160 = 460 \text{ мкм};$$

$$Z_{3 \max}^{np} - Z_{3 \min}^{np} = 282 - 136 = 144 \text{ мкм};$$

$$\delta_3 - \delta_4 = 160 - 16 = 144 \text{ мкм};$$

Полученные значения удовлетворяют неравенству, следовательно, расчеты выполнены верно.

На остальные поверхности детали припуски назначаются аналогично данной поверхности исходя из практического опыта.

## 1.7 Расчет режимов резания

При помощи расчетно-статистического метода произведем расчет режимов резания для на черновую токарную обработку на станке с ЧПУ диаметра  $\varnothing 55 \text{ h}10$ .

Глубина резания  $t=1,7 \text{ мм}$ .

Подача  $S=0,9 \text{ мм/об. (табл 13)}$

Скорость резания при определяется по формуле[3]

$$V = \frac{C_v}{T^m \cdot t^x \cdot S^y} \cdot K_v,$$

где  $C_v$  – коэффициент,  $C_v=340$ ;

$m, x, y$  – показатели степени,  $m=0,2$ ;  $x=0,15$ ;  $y=0,45$ ;

$T$  – период стойкости,  $T=120$  мин.;

$K_v$  – общий поправочный коэффициент на скорость резания.

Общий поправочный коэффициент на скорость резания, учитывающий фактические условия резания определяется по формуле

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{nv} \cdot K_{iv},$$

где  $K_{mv}$  – коэффициент, учитывающий обрабатываемый материал;  $K_{nv}$  – коэффициент, учитывающий состояние поверхности заготовки  $K_{nv}=1$ ; для поверхности без корки

$K_{iv}$  – коэффициент, учитывающий материал инструмента  $K_{iv}=1,0$ .

Коэффициент на обрабатываемый материал при обработке стали 21 определяется по формуле

$$K_{mv} = K_r \left( \frac{750}{\sigma_s} \right)^{n_v},$$

где  $K_r$  – коэффициент, характеризующий группу стали по обрабатываемости,  $K_r=1$  (для ст 45);

$n_v$  – показатель степени,  $n_v=1,0$ .

$$K_{mv} = 1 \left( \frac{750}{610} \right)^{1_v} = 1.23$$

$$K_v = 1.23 \cdot 1 \cdot 1 = 1.23$$

Тогда расчетное значение скорости резания будет равно

$$V = \frac{340}{120^{0,2} \cdot 1.7^{0,15} \cdot 0.9^{0,45}} \cdot 1.23 = 155.4 \text{ м/мин.}$$

Определяем частоту вращения шпинделя станка по формуле

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d} = \frac{1000 \cdot 155.4}{3.14 \cdot 55} = 899.8 \text{ мин}^{-1}.$$

Принимаем действительную частоту вращения шпинделя станка  $n_d=900 \text{ мин}^{-1}$ .

Действительная скорость резания:

$$V = \frac{\pi \cdot D \cdot n_d}{1000} = \frac{\pi \cdot 55 \cdot 900}{1000} = 155.43 \text{ м/мин}$$

Машинное время обработки:

$$t_M = \frac{L_{px}}{S_o \cdot n}, \text{ мин}$$

где  $L_{px}$  – длина рабочего хода, мм

длина рабочего хода определяется по формуле:

$$L_{px} = L + y_{vp} + y_{nep}$$

где  $L$  -длина обрабатываемой поверхности  $L=22$  мм .

$y_{вр}$  -величина врезания, мм  $y_{вр}=2$  мм

$y_{пер}$  -величина перебега  $y_{пер}=0$

$$L_{px} = 22 + 2 + 0 = 24 \text{ мм}$$

Машинное время обработки поверхности:

$$t_M = \frac{24}{0.9 \cdot 900} = 0,029 \text{ мин}$$

Рассчитываем мощность резания для токарных станков

Определяем мощность затрачиваемую на резание:

$$N = \frac{P_Z \cdot V}{1020 \cdot 60} \quad \text{кВт}$$

где  $P_Z$  -сила резания

$$P_Z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_{mp}$$

где  $K_{mp}$  -поправочный коэффициент на силу резания;

$$K_{mp} = \left(\frac{\sigma_s}{750}\right)^{0,3} = \left(\frac{610}{750}\right)^{0,3} = 0,93$$

$C_p$  -коэффициент силы резания,  $C_p=300$

q,w,x,y,u, -показатели степени:

$$x=1, \quad y=0.75, \quad n=-0.15,$$

$$P_Z = 10 \cdot 300 \cdot 1.7^1 \cdot 0.9^{0.75} \cdot 155.43^{-0.15} \cdot 0.93 = 2056 \text{ Н}$$

Мощность резания:

$$N = \frac{155.43 \cdot 2056}{1020 \cdot 60} = 5,22 \text{ кВт}$$

Для сверлильных операций мощность резания рассчитывается:

$$N = \frac{M_{кр} \cdot n}{9750} \quad \text{кВт}$$

$$M_{кр} = 10 \cdot C_m \cdot S^y \cdot D^q \cdot K_{mp}$$

$$C_m = 0,0345 \quad q=2 \quad y=0.8$$

Для фрезерных операций мощность резания рассчитывается:

$$N = \frac{P_Z \cdot V}{1020 \cdot 60} \quad \text{кВт}$$

$$P_Z = \frac{10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S_Z^y \cdot B^u \cdot z}{D^q \cdot n^w} \cdot K_{mp}$$

$$C_p=12,5$$

$$q=0,73 \quad w=-0,13 \quad , \quad x=0,85, \quad y=0,75, \quad u=1.1,$$

$$S_Z = \frac{S_M}{z \cdot n} = \frac{12}{6 \cdot 630} = 0.003 \quad S_Z = \frac{S_M}{z \cdot n} = \frac{14}{6 \cdot 630} = 0.004$$

Результаты расчетов приведены в таблице 1.10

Таблица 1.10-Мощность резания

| Номер и наименование операции | Модель станка | Припуск максимальный, t мм | Диаметр отверстия (фрезы) D.мм | Подача.S. мм/об | Частота вращения n. мин <sup>-1</sup> | Мощность резания N,Н |
|-------------------------------|---------------|----------------------------|--------------------------------|-----------------|---------------------------------------|----------------------|
| Токарная с ЧПУ                | 16K20Ф3С39    | 1,7                        | -                              | 0,9             | 900                                   | 5,22                 |
| Токарная с ЧПУ                | 16K20Ф3С39    | 1,7                        | -                              | 0,9             | 900                                   | 5,22                 |
| Вертикально-сверлильная       | 2Н125         | 4,215                      | 8,43                           | 0,1             | 110                                   | 0,04                 |
| Вертикально-сверлильная       | 2Н125         | 1,75                       | 15                             | 0,1             | 500                                   | 0,58                 |
| Вертикально-сверлильная       | 2Н125         | 0,75                       | 12                             | 1,5             | 180                                   | 1,18                 |
| Вертикально-сверлильная       | 2Б118         | 2                          | 4                              | 0,06            | 1000                                  | 0.06                 |
| Вертикально-сверлильная       | 2Б118         | 0,5                        | 6                              | 0,1             | 500                                   | 0.09                 |
| Круглошлифовальная            | 3Б161         | -                          | -                              | -               | -                                     | -                    |
| Круглошлифовальная            | 3Б161Н180     | -                          | -                              | -               | -                                     | -                    |
| Круглошлифовальная            | 3Б161         | -                          | -                              | -               | -                                     | -                    |
| Торцекруглошлифовальная       | 3Т161Н180     | -                          | -                              | -               | -                                     | -                    |
| Круглошлифовальная            | 3Б161         | -                          | -                              | -               | -                                     | -                    |
| Вертикально-фрезерная         | 6Р11          | 12                         | (12)                           | 15мм/мин        | 630                                   | 0,05                 |
| Вертикально-фрезерная         | 6Р11          | 14                         | (14)                           | 10мм/мин        | 630                                   | 0,12                 |

## 1.8 Техническое нормирование

Технические нормы времени в условиях серийного производства устанавливаются расчетно-аналитическим методом. В серийном производстве определяется норма штучно-калькуляционного времени по формуле[1]

$$T_{шт-к} = \frac{T_{п-з}}{n} + T_{шт},$$

где  $T_{п-з}$  – подготовительно-заключительное время, мин.;

$n$  – количество деталей в настроечной партии, в соответствии с расчетами (см. пункт 1.2) принимаем  $n=223$  шт.;

$T_{шт}$  – штучное время, мин.

Штучное время определяется по формуле

$$T_{шт} = T_o + T_e + T_{об} + T_{от},$$

где  $T_o$  – основное время на операции, мин.;

$T_e$  – вспомогательное время, мин;

$T_{об}$  – время на обслуживание рабочего места, мин.;

$T_{от}$  – время перерывов на отдых и личные надобности, мин.

Вспомогательное время состоит из затрат времени на отдельные приемы и определяется по формуле

$$T_{\text{в}} = T_{\text{ус}} + T_{\text{зо}} + T_{\text{уп}} + T_{\text{из}},$$

где  $T_{\text{ус}}$  – время на установку и снятие детали, мин.;

$T_{\text{ус}}=0,15$  мин для детали массой до 6 кг при закреплении в трехкулачковом патроне

$T_{\text{зо}}$  – время на закрепление и открепление детали, мин.;

$T_{\text{зо}}=0,024$  мин при закреплении рукояткой пневмозажима

$T_{\text{уп}}$  – время на приемы управления станком, мин.;

$T_{\text{уп}}=0,01$  мин включение –выключение станка

$T_{\text{из}}$  – время на измерение детали, время на измерение детали будет равно нулю, так как обработка производится на станках с числовым программным управлением по заданной программе и оно будет перекрываться основным временем на обработку, мин.

В серийном производстве время на обслуживание рабочего места и отдых для всех операций, кроме шлифовальных, по отдельности не определяются, дается сумма этих двух составляющих в процентах от оперативного времени

$$T_{\text{об.от}} = \frac{T_{\text{он}} \cdot P_{\text{об.от}}}{100},$$

где  $P_{\text{об.от}}$  – затраты времени на отдых и обслуживание рабочего места, % для токарных с ЧПУ-6,5%

Оперативное время на операцию определяется по формуле

$$T_{\text{он}} = T_{\text{о}} + T_{\text{в}}.$$

где  $T_{\text{тех}}$  – время на техническое обслуживание рабочего места, мин.;

$T_{\text{орг}}$  – время на организационное обслуживание рабочего места, мин.;

Производим расчет технических норм времени по операциям и полученные значения заносим в таблицу 1.11.

Таблица 1.11 – Сводная таблица технических норм времени ,мин

| Операция                         | $T_{\text{о}}$ | $T_{\text{в}}$ | $T_{\text{оп}}$ | $T_{\text{об.от}}$ | $T_{\text{шт}}$ | $T_{\text{п-з}}$ | $T_{\text{шт-к}}$ |
|----------------------------------|----------------|----------------|-----------------|--------------------|-----------------|------------------|-------------------|
| Токарная с ЧПУ<br>16K20Ф3<br>С39 | 3,18           | 0,368          | 3,548           | 0,23               | 3,778           | 23               | 3,88              |
| Токарная с ЧПУ<br>16K20Ф3<br>С39 | 2,79           | 0,368          | 3,158           | 0,205              | 3,363           | 23               | 3,466             |

В данном технологическом процессе приведен расчет основного времени на каждую операцию: [1]

010- Токарная с ЧПУ

$$T_{\text{о}} = (0,037 \cdot 60^2 + 0,52 \cdot 6,3 \cdot 13,98 + 2 \cdot 0,17 \cdot 55 \cdot 132 + 0,1 \cdot 45,7 \cdot 22 + 0,1 \cdot 78 \cdot 40,7 + 0,1 \cdot 32 \cdot 35,7) \cdot 10^{-3} = 3,18 \text{ мин}$$

020- Токарная с ЧПУ

$$T_{\text{о}} = (0,037 \cdot 60^2 + 0,52 \cdot 6,3 \cdot 13,98 + 0,17 \cdot 55 \cdot 74 + 2 \cdot 0,1 \cdot 45,7 \cdot 74 + 2 \cdot 0,1 \cdot 27 \cdot 22 + 0,19 \cdot 27 \cdot 22) \cdot 10^{-3} = 2,79 \text{ мин}$$



Так как последующие операции в проектном техпроцессе не изменялись, то расчет основного времени для них не производится

Вспомогательное время для токарных операций:

$$T_{\epsilon} = 0.15 \cdot 2 + 0.024 \cdot 2 + 0.01 \cdot 2 + 0 = 0.368 \text{ мин}$$

Оперативное время

$$T_{оп} = 3.18 + 0.368 = 3.548 \text{ мин}$$

Время на отдых и обслуживание

$$T_{об.от} = \frac{3.548 \cdot 6.5}{100} = 0.23 \text{ мин},$$

$$\text{Штучное время } T_{шт} = 3.18 + 0.368 + 0.23 = 3.778 \text{ мин},$$

Подготовительно-заключительное время включает следующие составляющие:  
на наладку приспособления (самоцентрирующий патрон и задняя бабка и 6 инструментов) - 13 мин

на дополнительные приемы - получение инструмента - 10 мин

$$T_{ПЗ} = 13 + 10 = 23 \text{ мин}$$

Штучно-калькуляционное время

$$T_{шт-к} = \frac{23}{223} + 3.778 = 3.88 \text{ мин},$$

## 1.9 Выбор оборудования и расчет его количества

Правильный выбор оборудования определяет его рациональное использование. При выборе станков для разработанного технологического процесса этот фактор должен учитываться таким образом, чтобы исключить их простои, то есть нужно выбирать станки по производительности. С этой целью определим наряду с другими технико-экономическими показателями критерии, показывающие степень использования каждого станка в отдельности и всех вместе по разработанному технологическому процессу. Для каждого станка в технологическом процессе подсчитываются коэффициент загрузки станка и коэффициенты использования станка по основному времени и по мощности.

Коэффициент загрузки оборудования определяется по формуле [1]

$$\eta_z = \frac{m_p}{m_{пр}},$$

где  $m_p$  – расчетное число станков, шт.;

$m_{пр}$  – принятое число станков, определяется округлением расчетного числа станков в большую сторону до целого числа, шт.

Расчетное количество станков определяется по формуле

$$m_p = \frac{T_{шт-к}}{t_{\epsilon}},$$

где  $T_{шт-к}$  – штучно-калькуляционное время на операцию, мин.;

$t_v$  – такт выпуска, мин./шт.

Такт выпуска детали определяется по формуле

$$t_v = \frac{60 \cdot F_d}{N} = \frac{60 \cdot 2015}{3000} = 40,3 \text{ мин./шт.}$$

Коэффициент использования оборудования по основному времени свидетельствует о доле машинного времени в общем времени работы станка и определяется по формуле

$$\eta_o = \frac{T_o}{T_{шт}},$$

где  $T_o$  – основное время на операцию, мин.;

$T_{шт}$  – штучное время на операцию, мин.

Использование станков по мощности характеризуется коэффициентом использования оборудования по мощности, который представляет собой отношение необходимой мощности резания к приведенной мощности главного привода станка с учетом потерь в узлах трения

$$\eta_m = \frac{N_e}{N_{ст} \cdot \eta},$$

где  $N_e$  – мощность резания, кВт;

$N_{ст}$  – мощность станка, кВт;

$\eta$  – коэффициент потерь,  $\eta=0,8$ .

Все полученные значения коэффициентов использования оборудования заносим в таблицу 1.12.

Таблица 1.12 – Определение коэффициентов использования оборудования

| Наименование операции   | $T_{шт-к}$ , мин. | $T_o$ , мин. | $N_e$ , кВт | $N_{ст}$ , кВт | $\eta_m$ | $\eta_o$ | $\eta_z$ |
|-------------------------|-------------------|--------------|-------------|----------------|----------|----------|----------|
| Токарная с ЧПУ          | 3,778             | 3,18         | 5.22        | 10             | 0,65     | 0,84     | 0,093    |
| Токарная с ЧПУ          | 3,363             | 2,79         | 5.22        | 10             | 0,65     | 0,83     | 0,083    |
| Вертикально-сверлильная | 1,34              | 1,04         | 0,04        | 2,2            | 0,022    | 0,78     | 0,033    |
| Вертикально-сверлильная | 0,43              | 0,29         | 0,58        | 2,2            | 0,33     | 0,67     | 0,01     |
| Вертикально-сверлильная | 1,0               | 0,41         | 1,18        | 2,2            | 0,67     | 0,41     | 0,025    |
| Вертикально-сверлильная | 0,76<br>2         | 0,5          | 0.06        | 1,5            | 0,05     | 0,66     | 0,019    |
| Вертикально-сверлильная | 0,45<br>6         | 0,11         | 0.09        | 1,5            | 0,075    | 0,24     | 0,011    |
| Круглошлифовальная      | 1,63              | 0,78         | -           | -              | -        | 0,48     | 0,04     |
| Круглошлифовальная      | 2,0               | 0,91         | -           | -              | -        | 0,46     | 0,05     |
| Круглошлифовальная      | 3,48              | 1,82         | -           | -              | -        | 0,52     | 0,05     |
| Торцекруг-              | 2,44              | 1,02         | -           | -              | -        | 0,42     | 0,09     |

|                     |  |  |  |  |  |  |  |
|---------------------|--|--|--|--|--|--|--|
| лошлифо-<br>вальная |  |  |  |  |  |  |  |
|---------------------|--|--|--|--|--|--|--|

Продолжение таблицы 1.12

|                       |     |      |      |     |       |      |       |
|-----------------------|-----|------|------|-----|-------|------|-------|
| Круглошлифовальная    | 1,6 | 0,7  | -    | -   | -     | 0,44 | 0,039 |
| Вертикально-фрезерная | 4,9 | 3,77 | 0,05 | 5.5 | 0,011 | 0,77 | 0,122 |
| Вертикально-фрезерная | 5,4 | 4,23 | 0,12 | 5.5 | 0,027 | 0,78 | 0,134 |
| <b>ИТОГО</b>          |     |      |      |     |       |      |       |

## 2 КОНСТРУКТОРСКИЙ РАЗДЕЛ

### 2.1 Кондуктор для сверления двух отверстий

#### 2.1.1 Назначение, описание конструкции и принцип действия приспособления

Кондуктор предназначен для сверления двух отверстий расположенных на торце вала КИС 0605612, расположенных на расстоянии 20 мм друг от друга.

Кондуктор действует следующим образом: вал устанавливается торцом на пятах 18, а наружной цилиндрической поверхностью опирается на призмы 16, и прижимается винтом 3, расположенным на откидной планке 15. После чего фиксируется кондукторная плита 17 посредством винта 4, и производится сверление первого отверстия. Далее поднимается рукоятка 22, благодаря которой фиксатор 26 высвобождается из первого отверстия стопора 24 и поворачивается качалкой 11 с расположенной на ней поворотной плитой 14 и призмами 16 с деталью до крайнего положения. Фиксатор 26, возвращаясь под действием пружины 21 устанавливается во второе отверстие стопора, после чего производится сверление второго отверстия.

Базирование детали происходит по плоскости пяты 18 торцевой поверхностью, а также по плоскости призмы 16 наружной цилиндрической поверхностью.

Межосевое расстояние 20 мм между двумя просверливаемыми отверстиями получается за счет поворота качалки 11 на определенный угол.

#### 2.1.2 Расчет приспособления на точность

Для расчета погрешности проектирования приспособления можно использовать формулу [2]

$$\varepsilon_{np} \leq \delta - K_T \cdot \sqrt{(K_{T1} \cdot \varepsilon_6)^2 + \varepsilon_3^2 + \varepsilon_{уст}^2 + \varepsilon_{изн}^2 + \varepsilon_n^2 + (K_{T2} \cdot \omega)^2},$$

где  $\delta$  – допуск на выдерживаемый размер ( $20 \pm 0,2$ ),  $\delta = 0,4$  мм;

$K_T$  – коэффициент учитывающий возможное отступление от нормального распределения отдельных составляющих,  $K_T = 1 \dots 1,2$ ; Принимаем  $K_T = 1,1$

$K_{T1}$  – коэффициент, принимаемый во внимание в случаях, когда погрешность базирования не равна нулю,  $K_1 = 0,8 \dots 0,85$ ; Принимаем  $K_1 = 0,83$

$\varepsilon_6$  – погрешность базирования,  $\varepsilon_6 = 0$  мм;

$\varepsilon_3$  – погрешность закрепления, для ручного привода механического зажим принимаем  $\varepsilon_3 = 0,07$  мм;

$\varepsilon_{уст}$  – погрешность установки приспособления при установке с помощью фиксатора ( $\varnothing 15H7/f9$ ),

$$\varepsilon_{уст} = S_{MAX} = 15,018 / 14,931 = 0,087 \text{ мм}$$

$$\varepsilon_{уст} = 0,087 \text{ мм};$$

$\varepsilon_{\text{изн}}$  – погрешность износа установочных элементов приспособления,  
 $\varepsilon_{\text{изн}}=0,01$  мм;

$\varepsilon_{\text{п}}$  – погрешность смещения режущего инструмента, , так как присутствуют направляющие элементы расчет производим по формуле:

$$\varepsilon_n = S_1 + \frac{2 \cdot S_1 \cdot m}{l},$$

где  $S_1$  -односторонний максимальный зазор между втулкой и сверлом  
 8,5H7/f9

$$S_1 = \frac{D_{\text{max вт}} - d_{\text{min св}}}{2} = \frac{8.515 - 8.451}{2} = 0.032$$

m-зазор между втулкой и поверхностью детали m=3мм

l-длина кондукторной втулки l=17мм

$$\varepsilon_n = 0.032 + \frac{2 \cdot 0.032 \cdot 3}{17} = 0.043 \text{ мм},$$

$K_2$  – коэффициент, учитывающий долю погрешности обработки в суммарной погрешности, не зависящей от приспособления  $K_2=0,8..0,6$ ;Принимаем  $K_2=0,6$

$\omega$  – погрешность обработки, исходя из экономической точности сверления,  $\omega=0,025$  мм.

Тогда погрешность проектирования приспособления будет равна

$$\varepsilon_{\text{пр}} = 0,4 - 1,1 \cdot \sqrt{(0,83 \cdot 0)^2 + 0,07^2 + 0,087^2 + 0,01^2 + 0,043^2 + (0,6 \cdot 0,025)^2} = 0,252 \text{ мм.}$$

Следовательно, при сборке приспособления необходимо обеспечить погрешность в пределах полученного значения допустимой погрешности проектирования.

### 2.1.3 Расчет необходимого усилия зажима

Расчет необходимого усилия зажима включает определение необходимых сил закрепления заготовки, основных характеристик и конструктивных параметров силовых механизмов. Вначале определяем силу резания, действующую на заготовку в процессе обработки.

Главная составляющая силы резания при сверлении крутящий момент, которая определяется по формуле[3]

$$M_{\text{кр}} = 10 \cdot C_{\text{м}} \cdot S^y \cdot D^q \cdot K_{\text{пр}}$$

$$C_{\text{м}} = 0,0345 \quad q=2 \quad y= 0.8$$

где  $C_{\text{р}}$  – постоянная силы резания,  $C_{\text{р}}=0,0345$ ;

y, q – показатели степени при величинах, определяющих силу резания, y=0.8, q=2,

t – глубина резания,  $t=8.5/2=4.25$  мм;

S – подача на оборот,  $S_z = 0,1$ мм/об;

V – скорость резания,  $V=26,7$  м/мин;

n – частота вращения шпинделя  $n=110$ мин<sup>-1</sup>

$K_{mp}$  – поправочный коэффициент на силу резания.

$$K_{mp} = \left(\frac{\sigma_s}{750}\right)^{0,3} = \left(\frac{610}{750}\right)^{0,3} = 0,93$$

$$M_{kp} = 10 \cdot 0.0345 \cdot 0.1^{0.8} \cdot 4.25^2 \cdot 0.93 = 0.92 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Показатели степени и постоянный коэффициент в эмпирических формулах для определения силы резания принимаем по справочным таблицам.

Тогда усилие зажима [2,4]

$$W = \frac{K \cdot M_K \cdot \sin \frac{\alpha}{2}}{D \cdot f} \text{ Н.}$$

где  $k$  – коэффициент запаса.

Коэффициент запаса определяется по формуле

$$k = k_0 \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot k_4 \cdot k_5 \cdot k_6,$$

где  $k_0$  – гарантированный коэффициент запаса,  $k_0=1,5$ ;

$k_1$  – коэффициент, учитывающий увеличение силы резания при затуплении инструмента,  $k_1=1,2$ ; при сверлении стали

$k_2$  – коэффициент, учитывающий состояние поверхности заготовки, для черновой заготовки  $k_2=1,2$  для черновой обработки;

$k_3$  – коэффициент, учитывающий увеличение сил резания при прерывистой обработке, при сверлении  $k_3=1,5$ ;

$k_4$  – коэффициент, учитывающий постоянство усилия зажима, при использовании ручного винтового зажима (с неудобным расположением рукояток)  $k_4=1,6$ ;

$k_5$  – коэффициент, учитывающий установку детали базовой поверхностью на опору ограниченной поверхности, (с неудобным расположением рукояток)  $k_5=1,2$ ;

$k_6$  – коэффициент, учитываемый только при наличии крутящих моментов, стремящихся повернуть обрабатываемую деталь,  $k_6=1,0$ .

$$k = 1,5 \cdot 1,2 \cdot 1,2 \cdot 1,5 \cdot 1,6 \cdot 1,2 \cdot 1,0 = 6.22.$$

$f$  – коэффициент трения между призмой и деталью, принимаем  $f=0,25$  для гладкой поверхности.

$M_K$  - крутящий момент на сверле, Н·м

$\alpha$ -угол призмы  $\alpha=90^\circ$

$D$  – диаметр поверхности, устанавливаемой в призму, мм ;  $D=45,7$  мм

Тогда необходимое усилие зажима будет равно

$$W = \frac{6.22 \cdot 0.92 \cdot 10^3 \cdot \sin \frac{90}{2}}{45.7 \cdot 0.25} = 354.2 \text{ Н.}$$

## 2.1.4 Расчет элементов приспособления на прочность

Определяем номинальный (наружный) диаметр резьбы винта  $d$  по формуле: [4]

$$d = C \sqrt{\frac{W}{[\sigma]}},$$

где  $C=1,4$  – коэффициент, для основной метрической резьбы;  
 $W$  – сила зажима, Н;  
 $[\sigma]=80..100$ Н – допускаемое напряжение сжатия.

$$d = 1,4 \cdot \sqrt{\frac{354,2}{100}} = 2,63 \text{ мм},$$

Принимаем для удобства работы  $d=12$  мм.

Определяем момент силы зажатия винта:

$$M = 0,2 \cdot d \cdot W = 0,2 \cdot 12 \cdot 354,2 \cdot 10^{-3} = 0,85 \text{ Н}$$

## 2.2. Контрольное приспособление

### 2.2.1 Назначение и описание работы приспособления

Прибор (измерительное приспособление) предназначен для контроля перекаса шпоночного паза относительно оси вала. Приспособление состоит из призмы 5, на которой смонтированы кронштейн 1 с индикатором часового типа 6, который упирается ножкой в пятку 2, запрессованную в рычаг 3, закрепленный в корпусе призмы 5 с помощью планок 4. На рычаг действует пружина 8 регулируемая винтом 11.

Перед применением прибор настраивают в нулевое положение с помощью установочных мер, путем вращения винта 11, который воздействует на пружину перемещая рычаг. После настройки прибор призмой устанавливается на наружную поверхность вала, а вставками 10 упирается в боковые поверхности паза. После чего снимают показания, продвигая прибор вдоль паза. Отклонение не должно превышать 0,025 мм

### 2.2.2 Расчет приспособления на точность

При расчете приспособления на точность определяют его суммарную погрешность измерения состоящую из систематических и суммарных погрешностей: [2]

$$\varepsilon_{изм} = \varepsilon_{из} + \varepsilon_{ин} + \varepsilon_{им} + \sqrt{\varepsilon_{иб}^2 + \varepsilon_3^2 + \varepsilon_{ис}^2 + \varepsilon_{зп}^2 + \varepsilon_{си}^2 + \varepsilon_{др}^2}, \text{ мм}$$



где-  $\varepsilon_{ИУ}$  -погрешность вызванная неточностью изготовления установочных элементов и неточностью их расположения в корпусе приспособления  $\varepsilon_{ИУ}=0,008\text{мм}$

$\varepsilon_{ИП}$  -погрешность вызванная неточностью изготовления передаточных элементов(рычагов,штифтов ,стержней)для рычага на пластинчатых пружинах  $\varepsilon_{ИП}=0,003\dots 0,005$  принимаем 0,005

$\varepsilon_{ИМ}$  -погрешность вызванная неточностью изготовления установочных мер; для плоскопараллельных плиток  $\varepsilon_{ИМ}=0,0001\dots 0,0005\text{мм}$

$\varepsilon_{ИБ}$  -погрешность вызванная несовпадением измерительной и конструкторской базы  $\varepsilon_{ИБ}=0$

$\varepsilon_3$  -погрешность, возникающая в результате закрепления контролируемого объекта вследствие его возможной деформации (при незначительных усилиях не учитывается)  $\varepsilon_3=0$

$\varepsilon_{ИС}$  -погрешность зависящая от измерительной силы,возникает в результате смещения измерительной базы детали от заданного положения в результате измерения,имеет случайный характер. При использовании индикатора  $\varepsilon_{ИС}=0,0009\dots 0,0012\text{мм}$  Принимаем 0,00010мм

$\varepsilon_{ЗП}$  -погрешность возникающая по причине зазоров между осями рычагов передаточных устройств  $\varepsilon_{ЗП}=0$

$\varepsilon_{СИ}$  -погрешность средства измерения для индикатора ИЧ-02  $\varepsilon_{СИ}=0,003\text{мм}$

$\varepsilon_{ДР}$  -другие погрешности ,вызванные действием случайных факторов,при выполнении контроля  $\varepsilon_{ДР} = (0.03 - 0.05)\delta = 0.03 \cdot 0.025 = 0.00075\text{мм}$

$$\varepsilon_{ИЗМ} = 0.008 + 0.005 + 0.0005 + \sqrt{0^2 + 0^2 + 0.00010^2 + 0^2 + 0.003^2 + 0.00075^2} = 0.0166, \text{мм}$$

Так как погрешность измерения меньше контролируемого параметра

$\varepsilon_{ИЗМ} \leq \delta = 0,025 \text{ мм}$  то приспособление можно считать годным для контроля данного параметра.

### **Вывод.**

В процессе оформления курсового проекта был описан существующий и применяемый технологический процесс механической обработки детали – «Вал» КИС 0605612, назначение и его конструкция, рассмотрен материал детали.. Определён тип производства для односменного режима работы и партии деталей в 3000 шт. Был произведён анализ существующего технологического процесса и произведён технико-экономическое обоснование получения заготовки. В результате которого выяснилось что проектируемый вариант более выгоден так как сокращается себестоимость изготовления детали а также освобождается лишняя производственная площадь.

Кроме этого произведены расчеты на точность сверлильного и контрольного приспособлений, используемых в технологии обработки детали, описан принцип их работы и основные детали.

## Литература

1. Горбацевич А.Ф. и др. курсовое проектирование по технологии машиностроения. Мн. ВШ, 1983-256с.
- Бабук В.В. И др. проектирование технологических процессов механической обработки в машиностроении. . Мн. ВШ, 1987-255с.
2. Горохов В.Н. проектирование и расчет приспособлений. Мн. Высшая Школа, 1986-237с.
- Режимы резаний металлов . Справочник под редакцией Ю.В. Барановского. М., Машиностроение, 1972.
3. Справочник технолога. , Машиностроение, в 2-х т, Т. 2 /под редакцией А.Г. Костювой и Г.К. Мещерикова . Машиностроение, 1986-496с.
4. Антонюк В.Е. В помощь молодому конструктору станочных приспособлений «Беларусь» 1975 360с