

Министерство образования и науки Российской Федерации  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого  
Институт металлургии, машиностроения и транспорта  
Кафедра «Технологические процессы и оборудование автоматизированных  
машиностроительных производств»

Допускаю к защите

И.о. зав.кафедрой

\_\_\_\_\_ А.В. Приемышев

« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2015 г.

## **ДИПЛОМНЫЙ ПРОЕКТ**

Тема: Конструкторско-технологическое и инструментальное обеспечение  
изготовления детали «колонна»

Специальность: 151002 «Металлообрабатывающие станки и комплексы»

Выполнил студент  
группы в63329/3

А.А. Вишневецкая

Руководитель  
к.т.н., доцент

Р.Н. Битюков

Консультанты:

по экономической части  
к.э.н., доцент

В.И. Петрович

по вопросам БЖД  
к.т.н., доцент

А.И. Демидов

Рецензент  
Председатель совета директоров  
МАШИНИМПЕКС

Э.М. Васюшкин

Санкт-Петербург  
2015г.

## СОДЕРЖАНИЕ

|  |           |
|--|-----------|
| <b>ВВЕДЕНИЕ.....</b>   | <b>5</b>  |
| <b>1. ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ .....</b>  | <b>7</b>  |
| 1.1. КОНФИГУРАЦИЯ ДЕТАЛИ «КОЛОННА» .....   | 7         |
| 1.2. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТИПА И ОРГАНИЗАЦИИ ФОРМЫ ПРОИЗВОДСТВА   | 8         |
| 1.3. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТИПА ПРОИЗВОДСВА .....  | 10        |
| 1.4. АНАЛИЗ ТЕХНОЛОГИЧНОСТИ КОНСТРУКЦИИ ДЕТАЛИ .....   | 11        |
| 1.5. ВЫБОР МЕТОДА ПОЛУЧЕНИЯ ЗАГОТОВКИ.....   | 12        |
| 1.6. ВЫБОР ОБОРУДОВАНИЯ .....  | 17        |
| 1.7. РАСЧЕТ ПРИПУСКОВ НА МЕХАНООБРАБОТКУ .....   | 19        |
| 1.7.1. РАСЧЕТ ПРИПУСКА НА ОБРАБОТКУ И ПРОМЕЖУТОЧНЫЕ<br>ПРЕДЕЛЬНЫЕ РАЗМЕРЫ ОТВЕРСТИЯ $\varnothing 250H8^{(+0,072)}$ ..... | 20        |
| 1.7.2. РАСЧЕТ ПРИПУСКОВ НА РАЗМЕР $608H14_{(-1.75)}$ .....   | 24        |
| 1.7.2. РАСЧЕТ ПРИПУСКОВ НА РАЗМЕР $608H14_{(-1.75)}$ .....   | 25        |
| 1.8. РАСЧЕТ РЕЖИМОВ РЕЗАНИЯ .....  | 28        |
| 1.8.1. РАСЧЕТ РЕЖИМОВ РЕЗАНИЯ ДЛЯ СВЕРЛЕНИЯ ОТВЕРСТИЯ<br>$\varnothing 22^{+0,33}$ .....                                  | 29        |
| 1.8.2. РАСЧЕТ РЕЖИМОВ РЕЗАНИЯ ДЛЯ ЧЕРНОВОГО ФРЕЗЕРОВАНИЯ<br>ПЛОСКОСТИ ТОРЦА $\varnothing 450$ .....                      | 32        |
| 1.8.3. РАСЧЕТ РЕЖИМОВ РЕЗАНИЯ ДЛЯ ЧЕРНОВОГО РАСТАЧИВАНИЯ<br>ОТВЕРСТИЯ $\varnothing 250$ .....                            | 33        |
| 1.9. ТЕХНИЧЕСКОЕ НОРМИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО<br>ПРОЦЕССА .....   | 35        |
| <b>2. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ОСНАСТКИ .....</b>  | <b>38</b> |
| 2.1. РАСЧЕТ И ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПРИСПОСОБЛЕНИЙ.....   | 38        |
| 2.1.1. ВЫБОР СХЕМЫ УСТАНОВКИ.....  | 38        |
| 2.1.2. РАСЧЕТ УСИЛИЯ ЗАЖИМА.....   | 38        |
| 2.1.3. РАСЧЕТ ПРИХВАТОВ.....   | 40        |

|  |           |
|--|-----------|
| 2.2. РАСЧЕТ ТОЧНОСТИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ СТАНОЧНОГО ПРИСПОСОБЛЕНИЯ .....  | 41        |
| 2.2.1. ПРИСПОСОБЛЕНИЕ ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОТКЛОНЕНИЯ ОТ ПЕРПЕНДИКУЛЯРНОСТИ ТОРЦА К ОСИ ОТВЕРСТИЯ И БИЕНИЯ ТОРЦА<br>42 |           |
| 2.2.2. РАСЧЕТ КИПА НА ТОЧНОСТЬ .....   | 43        |
| <b>3. ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ПРОЕКТА .....</b>  | <b>45</b> |
| 3.1. ВЫБОР БАЗОВОГО ВАРИАНТА И УСЛОВИЯ СОПОСТАВЛЕНИЯ ВАРИАНТОВ .....   | 45        |
| 3.2. РАСЧЕТ КОЛИЧЕСТВА ОБОРУДОВАНИЯ НА УЧАСТКЕ .....   | 47        |
| 3.3 РАСЧЕТ НЕОБХОДИМОЙ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ ПЛОЩАДИ .....  | 49        |
| 3.4 РАСЧЕТ ЧИСЛЕННОСТИ РАБОЧИХ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО УЧАСТКА .....   | 51        |
| 3.5 РАСЧЕТ КАПИТАЛЬНЫХ ВЛОЖЕНИЙ .....  | 52        |
| 3.5.1 КАПИТАЛЬНЫЕ ВЛОЖЕНИЯ В ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ.....   | 52        |
| 3.5.2 КАПИТАЛЬНЫЕ ВЛОЖЕНИЯ В ЗДАНИЯ.....   | 53        |
| 3.5.3 КАПИТАЛЬНЫЕ ВЛОЖЕНИЯ В ТЕХНОЛОГИЧЕСКУЮ ОСНАСТКУ.....   | 54        |
| 3.6 РАСЧЕТ СЕБЕСТОИМОСТИ ОБРАБОТКИ ДЕТАЛИ .....  | 56        |
| 3.6.1 РАСЧЕТ ЗАРАБОТНОЙ ПЛАТЫ ОСНОВНЫХ РАБОЧИХ .....   | 56        |
| 3.6.2 РАСЧЕТ ДОПОЛНИТЕЛЬНОЙ ЗАРАБОТНОЙ ПЛАТЫ ОСНОВНЫХ РАБОЧИХ .....  | 58        |
| 3.6.3 ОТЧИСЛЕНИЯ НА СОЦИАЛЬНОЕ СТРАХОВАНИЕ .....   | 58        |
| 3.6.4 РАСЧЕТ ЗАТРАТ НА АМОРТИЗАЦИЮ ОБОРУДОВАНИЯ .....  | 59        |
| 3.6.5 РАСЧЕТ ЗАТРАТ НА РЕМОНТ И СОДЕРЖАНИЕ ОБОРУДОВАНИЯ .....  | 60        |
| 3.6.6 РАСЧЕТ ЗАТРАТ НА СИЛОВУЮ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИЮ .....  | 61        |
| 3.6.7 РАСЧЕТ ЗАТРАТ НА АМОРТИЗАЦИЮ И ЭКСПЛУАТАЦИЮ ПРИСПОСОБЛЕНИЙ .....   | 62        |
| 3.6.8 РАСЧЕТ ЗАТРАТ НА АМОРТИЗАЦИЮ, СОДЕРЖАНИЕ И ТЕКУЩИЙ РЕМОНТ ЗДАНИЙ .....                                   | 62        |

|  |           |
|--|-----------|
| 3.6.9 СТОИМОСТЬ СЫРЬЯ И МАТЕРИАЛОВ .....   | 63        |
| 3.7 РАСЧЕТ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ СЕБЕСТОИМОСТИ .....  | 64        |
| 3.8 РАСЧЕТ ОБЩЕХОЗЯЙСТВЕННОЙ СЕБЕСТОИМОСТИ .....   | 65        |
| 3.9 РАСЧЕТ КОММЕРЧЕСКОЙ СЕБЕСТОИМОСТИ.....   | 65        |
| 3.10. ДОГОВОРНАЯ ЦЕНА ИЗДЕЛИЯ .....  | 66        |
| 3.11 РАСЧЕТ СРОКА ОКУПАЕМОСТИ ПРОЕКТА .....  | 66        |
| <b>4. БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ.....</b>  | <b>68</b> |
| 4.1 АНАЛИЗ ВОЗМОЖНЫХ ОПАСНЫХ И ВРЕДНЫХ ФАКТОРОВ,<br>ВОЗНИКАЮЩИХ ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ ПРОЕКТИРУЕМОГО<br>ОБЪЕКТА; МЕРЫ ЗАЩИТЫ РАБОТАЮЩИХ ..... | 68        |
| 4.1.1. ШУМ .....   | 70        |
| 4.1.2. ВИБРАЦИЯ.....   | 71        |
| 4.2. ПРОИЗВОДСТВЕННОЕ ОСВЕЩЕНИЕ.....   | 73        |
| 4.3. РАСЧЕТ ОСВЕЩЕННОСТИ НА ПРОЕКТИРУЕМОМ УЧАСТКЕ .....  | 74        |
| 4.4. ОПТИМАЛЬНЫЕ ПАРАМЕТРЫ УСЛОВИЙ ТРУДА И СРЕДСТВА ИХ<br>ОБЕСПЕЧЕНИЯ.....   | 75        |
| 4.5. ПОЖАРНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ В МЕХАНИЧЕСКИХ ЦЕХАХ.....   | 77        |
| 4.6. ЗАЩИТА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ ОТ МАСЕЛ И СОТС .....   | 78        |
| 4.7. РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ УСТОЙЧИВОЙ РАБОТЫ<br>ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ В УСЛОВИЯХ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ<br>СИТУАЦИЙ.....                  | 80        |
| 4.8. ПРАВИЛА ПОВЕДЕНИЯ И ДЕЙСТВИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО<br>ПЕРСОНАЛА ПРИ ПОЖАРЕ .....  | 81        |
| <b>ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....</b>  | <b>83</b> |
| <b>ЛИТЕРАТУРА .....</b>  | <b>84</b> |
| <b>ПРИЛОЖЕНИЕ.....</b>   | <b>86</b> |

## **ВВЕДЕНИЕ**

Совершенствование конструкторской и технологической подготовки производства в настоящее время невозможно без широкого использования вычислительной техники, которая позволяет повысить производительность труда конструкторов и технологов, сократить сроки подготовки производства, повысить качество проектирования. Это достигается за счет использования современных систем автоматизированного проектирования, автоматизированных систем технологической подготовки производства, систем сквозного проектирования изделий и технологических процессов их изготовления (CAD/CAM систем) и других современных средств автоматизации проектирования.

Работа машиностроительных предприятий в современных жестких условиях конкуренции и борьбы за рынки сбыта продукции требует постоянно-го повышения эффективности производства. Одними из главных условий такого повышения являются совершенствование конструкторской и технологической подготовки производства, повышение производительности труда, снижение себестоимости выпускаемой продукции, улучшение условий труда.

Повышение производительности труда в самом производстве изделий машиностроения достигается за счет использования современного высокоэффективного оборудования, в частности станков с числовым программным управлением, использования современных материалов и режущих инструментов, технологической оснастки, отвечающей требованиям гибкости и перенастраиваемости. Повышение производительности труда в сочетании с использованием современных технологических процессов, как правило, приводит и к снижению себестоимости выпускаемой продукции.

Современное предприятие не может быть привлекательным для рабочих и служащих, пытающихся найти работу, если на нем не будут обеспечиваться хорошие условия труда. Это конечно требует дополнительных затрат для их обеспечения. Однако привлечение высококвалифицированных специалистов, владеющих навыками работы с современными системами автоматизированного проектирования и автоматизированного оборудования, несомненно, является одним из главных факторов устойчивости работы предприятия в условиях конкуренции.

# 1. ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

## 1.1. КОНФИГУРАЦИЯ ДЕТАЛИ «КОЛОННА»

У данной детали ответственными поверхностями и элементами являются:

Ø60Н7, Ø250Н8, Ø270Н9, Ø22Н8;

РезьбаМ24-Н6;

Данный корпус изготовлен из серого чугуна СЧ25.

Материал детали и технические требования

Материал корпуса Чугун Сч25 обладает достаточной прочностью и коррозионной стойкостью, которые необходимы для надежной и точной работы узла в целом.

Припуски на механическую обработку и допуски на размеры отливки определяем по I классу точности по ГОСТ 2789 – 59.

Таблица 1 – Химический состав Сч25 ГОСТ 1412-79

| С       | Si      | Mn    | Fe       | S       | P      |
|---------|---------|-------|----------|---------|--------|
| 3,2-3,4 | 1,4-2,2 | 0,7-1 | 0,60-1,2 | до 0,15 | до 0,2 |

Таблица 2 – Механические свойства Сч25 ГОСТ 1412-79

| $\sigma_b$ , МН/м <sup>2</sup> | $\sigma_{0,2}$ , МН/м <sup>2</sup> | $\delta$ , % | НВ |
|--------------------------------|------------------------------------|--------------|----|
| 240                            | 200                                | 4            | 70 |

Твердость материала СЧ25

НВ  $10^{-1}$  = 156 – 260 МПа

Таблица 3 – Физические свойства материала СЧ25

| Т<br>(Град) | Е 10 <sup>-5</sup><br>(МПа) | α 10 <sup>6</sup><br>(1/Град) | λ<br>(Вт/(м·град)) | ρ<br>(кг/м <sup>3</sup> ) | С<br>(Дж/(кг·град)) | R 10 <sup>9</sup><br>(Ом·м) |
|-------------|-----------------------------|-------------------------------|--------------------|---------------------------|---------------------|-----------------------------|
| 20          | 1                           |                               | 50                 | 7200                      |                     |                             |
| 100         |                             | 10                            |                    |                           | 500                 |                             |

Форма и размеры отливки должны соответствовать к использованию чертежом общего вида. Отливки должны быть очищены от излишков металла.

## 1.2. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТИПА И ОРГАНИЗАЦИИ ФОРМЫ ПРОИЗВОДСТВА

В машиностроении различают условно 3 (три) типа производства: массовое, серийное и единичное. В серийном производстве выделяют крупносерийное, среднесерийное и мелкосерийное производство.

Единичный тип производства – это производство, характеризуемое малым объемом выпуска одинаковых изделий, повторное изготовление которых, как правило, не предусматривается. Заводы с единичным типом производства создаются для изготовления изделий ограниченного потребления. Для этого производства характерна вольная номенклатура выпускаемых изделий. Заказы в единичном производстве носят индивидуальный характер и, как правило, больше не повторяются. В единичном производстве в основном используется универсальное оборудование и технологическая оснастка.

При серийном производстве изготавливают серию изделий, регулярно повторяющихся при определенных промежутках времени. Характерный признак серийного производства – выполнение на рабочих местах нескольких повторяющихся операций. В серийном производстве появляется возможность



обработки деталей партиями, при применении универсальных и специальных средств производства.

Массовый тип производства характеризуется выпуском продукции ограниченной номенклатуры в больших объемах, которые практически не ограничиваются при наличии производственных мощностей, материальных и трудовых ресурсов. Большие объемы выпуска изделий создают в массовом производстве условия для высокой смены специализации, доходящей до закрепления за каждым рабочим местом одной операции. При этом каждое рабочее место оснащается специальным оборудованием и технологической оснасткой.

Определить тип производства можно по таблице 4, зная количество деталей в партии. Согласно этой таблице производство детали «колонна» в количестве 130 шт/год производство является мелкосерийным.

Таблица 4 – определение типа производства

| Тип производства | Годовой выпуск одного наименования |                            |                        |
|------------------|------------------------------------|----------------------------|------------------------|
|                  | Тяжелые<br>больше 500 кг           | Средние<br>от 30 до 500 кг | Легкие<br>меньше 30 кг |
| Единичное        | 1-5                                | 6-10                       | 11-100                 |
| Мелкосерийное    | 6-100                              | 11-200                     | 101-500                |
| Серийное         | 101-300                            | 200-1000                   | 501-5000               |
| Крупносерийное   | 301-1000                           | 1001-5000                  | 5001-50000             |
| Массовое         | больше 1000                        | больше 5000                | больше 50000           |

### 1.3. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТИПА ПРОИЗВОДСВА

Определяем такт выпуска изделий:

$$t_{\epsilon} = \frac{F_{Д} \cdot 60}{N} = \frac{4015 \cdot 60}{130} = 1853,1 \text{ мин/шт} \quad , \quad (1)$$

где:

$F_{Д} = 4015$  ч/см – действительный годовой фонд времени работы оборудования;

$N = 130$  шт – годовая программа выпуска деталей.

Определяем средний коэффициент массовости:

$$J_i = \frac{\sum_{i=1}^{O_i} T_{ук}}{t_{\epsilon} \cdot O_i \cdot K_{\epsilon}} = \frac{80,36}{1853 \cdot 2 \cdot 1} = 0,021, \quad (2)$$

где:

$O_i$  – число операций по технологическому процессу;

$K_{\epsilon} = 1$  – средне плановый коэффициент выпуска;

$T_{ук} = 80,36$  – штучно-калькуляционное время.

Т.к.  $J_i < 1$ , производство является мелкосерийным.

Суммарное штучное время по 2-м операциям:

$$\sum T_{ум} = 80,36 \text{ мин}$$

Среднее штучное время:

$$T_{ум.ср.} = \frac{\sum T_{ум}}{n} = \frac{80,36}{2} = 40,17 \text{ мин} \quad (3)$$

Коэффициент серийности:

$$k_c = \frac{t_{\epsilon}}{t_{ум.ср.}} = \frac{1853,1}{40,17} = 46 \quad (4)$$

Число наименований деталей  $d$ , которое можно производить при данном типе производства, при условии, что производимые детали того же типа, с аналогичной трудоемкостью и программой выпуска, определяется:

$$d = \frac{1}{J_i} = \frac{1}{0,021} = 47,61 - \text{наименований деталей.}$$

Т. о., тип производства окончательно определяем как мелкосерийное.

Количество деталей в партии для одновременного запуска упрощенно определяется:

$$q = \frac{N \cdot a}{254} = \frac{130 \cdot 6}{254} = 3,07 \text{ шт.}, \quad (5)$$

где:

$a$  – периодичность запуска в днях (рекомендуется принимать  $a = 3, 6, 12, 24$  дней);

254 – количество рабочих дней в году (может меняться).

#### 1.4. АНАЛИЗ ТЕХНОЛОГИЧНОСТИ КОНСТРУКЦИИ ДЕТАЛИ

Под технологичностью детали понимают способность конструкции обеспечить без изменения эксплуатационных качеств машины возможность ее изготовления высокопроизводительными методами при минимальных показателях: металлоемкости, трудоемкости и себестоимости. Деталь должна иметь максимально простую конструкцию, надежность технологических баз, жесткость крепления, что позволяет применять более высокие режимы резания.

Основой конструкции отлитой детали должно быть какое-либо геометрическое тело, ограниченное плоскостями и поверхностями вращения. Дополнительные элементы детали в виде приливов, бобышек, буртов, фланцев, ребер и прочего, должны примыкать к указанному простейшему телу, составляющему основную часть отливки.

В конструкции отлитых деталей нельзя допускать трещин любого вида.

Оценивая данную деталь, с точки зрения технологичности, имеем: «колонна» изготовлена из сплава Сч25, который легко поддается механообработке и дает при этом ломкую стружку; деталь имеет прочную конструкцию; заготовку при литье получили максимально приближенной к форме готовой детали; требования к шероховатости практически выполнимы.

Данная деталь имеет большое количество поверхностей относящихся к типу полузакрытых. С учетом принятого способа получения отливки, а именно метод стереолитографии, при котором большинство нетехнологичных и трудно обрабатываемых поверхностей уже получены на стадии выполнения заготовки, таких как внутренняя поверхность колонны, прихожу к выводу, что деталь «колонна» является технологичной.

## 1.5. ВЫБОР МЕТОДА ПОЛУЧЕНИЯ ЗАГОТОВКИ

При выборе заготовки для заданной детали назначают метод ее получения, определяют конфигурацию, размеры, допуски, припуски на обработку и формируют технические условия на изготовление. По мере усложнения конфигурации заготовки, уменьшения напусков и припусков, повышения точности размеров и параметров расположения поверхностей усложняется и удорожается технологическая оснастка заготовительного цеха и возрастает себестоимость заготовки, но при этом снижается трудоемкость и себестоимость последующей механической обработки заготовки, повышается коэффициент использования материала. Заготовки простой конфигурации дешевле, так как не требуют при изготовлении сложной и дорогой технологической оснастки,

однако такие заготовки требуют последующей трудоемкой обработки и повышенного расхода материала.

Главным при выборе заготовки является обеспечение заданного качества готовой детали при ее минимальной себестоимости. При проектировании технологического процесса механической обработки для конструктивно сложных деталей важно иметь данные о конфигурации и размерах заготовки и, в частности, – о наличии в заготовке отверстий, полостей, углублений, выступов.

Технологические процессы получения заготовок определяются технологическими свойствами материала, конструктивными формами и размерами детали и программой выпуска.

На выбор заготовки для данной детали оказывают влияние следующие основные факторы:

- характер производства. В серийном и массовом производствах характерно использование в качестве заготовок отливок, полученных литьем в кокиль;
- материалы и требования, предъявляемые к качеству детали. Если материал имеет хорошие литейные свойства, как силумин, то наиболее целесообразно применение литья в кокиль и по выплавляемым моделям;
- размеры, масса и конфигурация детали;
- качество продукции по заданным допускам и шероховатости поверхности.

Переход к специальным способам литья дает возможность снизить припуски на механическую обработку и количество стружки с 15-25% до 5-7%. Экономичность повышается с увеличением партии отливок, т. е. с переходом от серийного производства к массовому.

При сравнении имеет смысл сопоставление между собой таких способов литья, как литье в кокиль и литье по выплавляемым моделям. Литье по

выплаваемым моделям является более прогрессивным способом, чем литье в кокиль. Оно обеспечивает:

- значительную экономию металла (30-50%);
- отливки имеют чистую поверхность и повышенную точность размеров;
- уменьшается расход формовочных материалов, и др.

Все это приводит к тому, что стоимость отливок, получаемых литьем по выплаваемым моделям, получается выше, чем стоимость отливок, получаемых литьем в кокиль. Наиболее рационально применение литья из приведенных случаев – в кокиль. Тут деталь получается более дешевой по цене, но и менее низкого качества по таким показателям как шероховатость поверхности и точность изготовления. В своем дипломном проекте, я использую более новую технологию получения отливки по выжигаемой модели, которая получена посредством использования метода стереолитографии.

Лазерная стереолитография (SLA) – Получение моделей путем полимеризации фотополимерной жидкости под действием луча лазера (получение отливок методами быстрого прототипирования).

Впервые в 1987 г. на автошоу в Детройте (США) была представлена технология лазерной стереолитографии SLA.

С конца 70-х годов разработка технологии велась параллельно в США, Японии и России – Herbert A. (компания 3M – США), Н. Kodoma (Prefecture Research Institute – Япония), Hull C. (Ultra Violet Products, Inc. – США). Система стереолитографии была запатентована Чарльзом Халлом . в 1986 году, тогда же была основана фирма 3D Systems, Inc., а уже к 1989 году резко возросли инвестиции в разработку и создание систем прототипирования. Стремительно возрос интерес пользователей. SLA установки появляются в Европе и Японии. Быстро совершенствуются установки SLA 1, SLA 250 (1989 г.), SLA500 (1990 г.), SLA 5000, SLA 7000. Успех новой технологии определялся уровнем достижений науки о материалах, химии полимеров, лазерной физики,

оптики, динамики вязких жидкостей, компьютерной инженерии и механики. Подобные технологии разрабатывались в различных центрах и странах под не совпадающими названиями: Rapid Prototyping (быстрое прототипирование или оперативное макетирование), Solid Freeform Fabrication (выращивание), Laminate Synthesis (послойный синтез), 3D Component Forming (формирование трехмерных объектов), формирование слоев наплавкой и др. Однако, независимо от названия и используемого механизма материализации, созданные с помощью генеративных технологий изделия представляют собой уложенные один на другой и скрепленные между собой слои постоянной или переменной толщины в направлении оси Z. Происходит дискретное наращивание слоев, образующих ступенчатую наружную поверхность.

Идеология ускоренного формообразования изделия (модели, прототипа) базируется на: компьютерном автоматизированном 3D-CAD проектировании изделия, компьютерной визуализации, компьютерной оптимизации его конструкции исходя из требований дизайна, формы, функциональных свойств; трансформации трехкоординатной модели в совокупность двумерных послойных моделей; возможности воспроизвести эту совокупность послойных моделей, т. е. материализовать эту модель как единое целое, как физическое твердотельное изделие или его прототип (CAM).

Все процессы стереолитографии начинаются с проектирования внешних и внутренних поверхностей изделия с точным указанием всех геометрических элементов в одной из сред 3D проектирования: AutoCAD, 3D Компас, Pro-Engineer, 3D MAX и др. Затем 3D-CAD модель преобразуется в STL файл. Высокая точность и воспроизводимость строящейся поверхности достигается за счет увеличения количества треугольников при триангуляции.

При стереолитографии геометрическое воспроизведение изделия осуществляется послойно дисперсионным отверждением жидкого фотомономера с помощью UV лазера (фотополимеризация).

Луч лазера, управляемый компьютером, проходит по поверхности жидкого полимера, сканируя ее часть в плоскости в соответствии с конфигу-

рацией формируемого слоя. В жидкой реакционно-способной среде порождаются активные центры (радикалы, ионы, активированные комплексы), которые при взаимодействии с молекулами мономера вызывают рост полимерных цепей, ведущий к фазовому изменению облученной среды – отверждению слоя. Траектория сканирования лазерного луча по каждому слою сечения, определяет, в каком месте рабочего пространства плоскости лазерный луч фокусируется на поверхности жидкого мономера и он, полимеризуясь, отвердевает. В той части, где поверхность не подвергается воздействию лазерного луча, полимеризация отсутствует. После этого платформа носителя опускается на величину шага, с которым проводились секущие плоскости теоретической модели. Луч сканирует конфигурацию второго сечения, потом третьего и т. д. Так последовательно послойным наращиванием происходит создание трехмерного твердотельного конструктивного элемента заданной геометрии.

Важным при подготовке и реализации SLA способа является обеспечение устойчивости изделия на платформе и устойчивость оболочки изделия. Для этого на стадии компьютерной подготовки 3D-CAD модели при помощи специальной программы конструируются внешние технологические поддержки и внутренние переборки. С их помощью обеспечивается: поддержка выступов и консолей модели, а также наклонных поверхностей. Операции по удалению поддерживающей конструкции происходят вне стереолитографического устройства.

Достоинства способа лазерной стереолитографии: высокая точность, отсутствие ограничений по сложности формы изделия, возможность изготовления изделий больших размеров по частям с последующим воссозданием целого изделия.

К недостаткам можно отнести относительно высокую стоимость фотомономеров; чувствительность установки к изменениям температуры и влажности помещения, к вибрациям.

Эффективна лазерная стереолитография при концептуальном моделировании изделий в машиностроении, в технологиях литья и гальванопластики,



в медицине (особенно в имплантации), в архитектуре, археологии, электронике, приборостроении и др.

#### Выводы

Данный метод получения литья дает возможность получить многие поверхности, конкретной детали, уже на стадии изготовления заготовки.

### 1.6. ВЫБОР ОБОРУДОВАНИЯ

Обработка производится на гибком производственном модуле ЛР400ПМФ4М.

Гибкий производственный модуль, сверлильно-расточной ЛР400ПМФ4М, предназначен для обработки крупных трудоемких корпусных деталей. Модуль можно использовать в гибких производственных системах (ГПС), автоматизированных участках, а так же в качестве автономной гибкой производственной единицы.

Конструкция модуля позволяет производить обработку изделия с 5-ти сторон. Модуль обеспечивает выполнение следующих технологических операций:

- черновое, получистовое и чистовое фрезерование плоскостей, пазов, уступов, в том числе контурное фрезерование поверхностей торцевыми, концевыми и дисковыми фрезами, включая чистовую обработку плоскостей фрезами из эльбора;
- черновое, получистовое, чистовое растачивание отверстий до диаметра 250 мм однолезвийным инструментом и развертывание отверстий;
- сверление отверстий диаметром 5-30мм, рассверливание отверстий до диаметра 50 мм, центрование и зенкерование отверстий;

- нарезание метчиками резьбы М6-М27 в отверстиях;
- межпереходные и межоперационные контрольно-измерительные операции с помощью измерительных головок
- обеспечение заданной точности обработки в автоматическом режиме;
- возможность настройки на размер вне станка;
- быстрота сборки со вспомогательным инструментом;
- универсальные технические возможности;

Таблица 5 – Основные данные модуля

|  |           |
|--|-----------|
| Наибольшая масса обрабатываемой детали (с учетом зажимного устройства), кг | 4000      |
| Расстояние от центра вращения стола до торца шпинделя, мм:                 |           |
| Минимальная  | 65        |
| Максимальная   | 1895      |
| Расстояние от зеркала стола до оси шпинделя по оси Y, мм                   | 0-1400    |
| Диаметр выдвижного шпинделя, мм  | 125       |
| Инструментальный конус   | ISO50     |
| Рабочая поверхность стола – спутника, мм                                   | 1250x1250 |
| Наибольшие координатные перемещения подвижных узлов, мм:                   |           |
| Стойки поперечно по оси x (рабочее/общее)                                  | 1150/2250 |
| Столa продольно по оси z (рабочее/общее)                                   | 1250/2250 |
| Бабки вертикально по оси y   | 1400      |
| Выдвижного шпинделя по оси w   | 710       |
| Время смены стола-спутника, с  | 180       |
| Время смены инструмента, с   | 15        |

|   |                 |
|---|-----------------|
| Дискретность задания перемещения подвижных узлов:                         |                 |
| По осям x,y,z, мм   | 0,001           |
| По оси В, град  | 0,001           |
| По оси w, мм  | 0,01            |
| Точность позиционирования по осям x,y,z,мм                                | 0,015           |
| Скорость быстрых перемещений подвижных узлов, мм/мин                      | 12000           |
| Рабочие подачи, мм/мин  | 1...6000        |
| Чистота вращения шпинделя, мин <sup>-1</sup>                              | 6,3-3150        |
| Мощность электродвигателя главного привода, кВт, не менее                 | 40              |
| Масса модуля без выносного электрогидрооборудования и принадлежностей, кг | 36500           |
| Габарит модуля, мм  | 21800x7900x5156 |

## 1.7. РАСЧЕТ ПРИПУСКОВ НА МЕХАНООБРАБОТКУ

Правильное определение припуска на механическую обработку дает возможность качественной механической обработки детали на всех технологических переходах.

### 1.7.1. РАСЧЕТ ПРИПУСКА НА ОБРАБОТКУ И ПРОМЕЖУТОЧНЫЕ ПРЕДЕЛЬНЫЕ РАЗМЕРЫ ОТВЕРСТИЯ $\varnothing 250H8^{(+0,072)}$

Составим маршрут обработки данной поверхности и проведем расчет припуска на механическую обработку отверстия  $\varnothing 250H8$ .

Маршрут обработки данной поверхности:

- а) заготовка;
- б) однократное точение;
- в) тонкое точение;

Определяем значения  $R_z$  и  $h$  для исходной заготовки и каждого перехода:

Исходная заготовка  $R_z = 30$  мкм ;  $h = 170$  мкм ;

Однократное растачивание  $R_z = 15$  мкм ;  $h = 20$  мкм ;

Тонкое растачивание  $R_z = 2,5$  мкм ;  $h = 5$  мкм .

Суммарное значение пространственных отклонений для заготовки данного типа определилось:  $\rho_3 = 964$  мкм .

Величина остаточного пространственного отклонения составит

$$\rho_1 = 0,05 \cdot \rho_3 = 0,05 \cdot 964 = 48,2 \text{ мкм ,}$$

Погрешность установки при растачивании:

$$E_1 = \sqrt{E_{\bar{\sigma}}^2 + E_3^2} = \sqrt{0 + 90^2} = 90 \text{ мкм ;} \quad (6)$$

$$E_{\bar{\sigma}} = 0 \quad E_3 = 90 \text{ мкм ;}$$

$$E_2 = 0,05 \cdot E_1 + E_{\text{инд}} = 0,05 \cdot 90 = 4,5 \text{ мкм} \text{ — остаточная погрешность ус-}$$

тановки при однократном растачивании;

$E_{\text{инд}} = 0$ , здесь и дальше, т. к. вся обработка заготовки производится за один установ.

Минимальный припуск под однократное растачивание:

$$2Z_{\text{min}} = 2 \cdot \left( 170 + \sqrt{(964^2 + 90^2)} \right) = 2276 \text{ мкм ;}$$

Минимальный припуск под получистовое растачивание:

$$2Z_{\min} = 2 \cdot \left( 35 + \sqrt{(48^2 + 4,5^2)} \right) = 166 \text{ мкм}.$$

Графу «Расчетные минимальные размеры  $d_{\min}$ » заполняем, начиная с конечного (чертежного) размера последовательным вычитанием расчетного минимального припуска каждого технологического перехода.

$$d_{\min 2} (\text{чист.}) = 250,072 \text{ мм};$$

$$d_{\min 1} (\text{однокр.}) = 250,072 - 0,166 = 249,906 \text{ мм};$$

$$d_{\min \text{ заг.}} (\text{загот.}) = 249,906 - 2,276 = 247,63 \text{ мм}.$$

Допуск на каждый технологический переход устанавливается, исходя из таблиц экономической точности того или иного вида обработки.

$$\text{Для заготовки} \quad T_d = 500 \text{ мкм};$$

$$\text{Для однократного растачивания} \quad T_d = 400 \text{ мкм};$$

$$\text{Для тонкого растачивания} \quad T_d = 72 \text{ мкм}.$$

В графе «Предельный размер» наибольшее значение  $d_{\max}$  получаем по расчетным размерам, округленным до точности допуска соответствующего перехода.

Наименьшие предельные размеры  $d_{\min}$  определяем вычитанием из наибольших размеров допусков соответствующих переходов.

Для тонкого растачивания:

$$d_{\max 2} = 250,072 \text{ мм};$$

$$d_{\min 2} = 250,072 - 0,072 = 250 \text{ мм}.$$

Для растачивания:

$$d_{\max 1} = 249,906 \text{ мм};$$

$$d_{\min 1} = 249,906 - 0,4 = 249,506 \text{ мм}.$$

Для заготовки:

$$d_{\max \text{ заг.}} = 247,63 \text{ мм};$$

$$d_{\min \text{ заг.}} = 247,63 - 0,5 = 247,13 \text{ мм}.$$

Минимальные предельные значения допусков  $2Z_{\min}$  определяются как разность наибольших предельных размеров выполняемого и предшествующего переходов. Максимальные предельные значения допусков  $2Z_{\max}$  – соответственно разности наименьших предельных размеров.

Для тонкого растачивания:

$$2Z_{\min 2} = 250,072 - 249,906 = 166 \text{ мкм};$$

$$2Z_{\max 2} = 250 - 249,506 = 494 \text{ мкм}.$$

Для однократного растачивания:

$$2Z_{\min 1} = 249,906 - 247,63 = 2276 \text{ мкм};$$

$$2Z_{\max 1} = 249,506 - 247,13 = 2376 \text{ мкм}.$$

Определяем общие припуски:

$$2Z_{\Sigma \min} = 166 + 2276 = 2442 \text{ мкм};$$

$$2Z_{\Sigma \max} = 494 + 2376 = 2870 \text{ мкм}.$$

Проверка правильности выполненных расчетов:

$$2Z_{\Sigma \max} - 2Z_{\min} = T_{d \text{ одн.точ.}} - T_{d \text{ Д}} \quad (7)$$

$$494 - 166 = 400 - 72$$

$$2Z_{\Sigma \max} - 2Z_{\min} = T_{d \text{ заг.}} - T_{d \text{ точ.}} \quad (8)$$

$$2379 - 2276 = 500 - 400$$

Общий номинальный припуск определяем по формуле:

$$2Z_{\Sigma \text{ ном}} = 2Z_{\Sigma \min} + B_{\text{заг.}} - B_{\text{Д}} = 2,442 + 0,29 - 0,072 = 2,46 \text{ мм}$$

$$B_{\text{заг.}} = 0,29 \text{ мм} - \text{верхнее отклонение размера заготовки};$$

$$B_{\text{Д}} = 0,072 \text{ мм} - \text{верхнее отклонение размера детали}.$$

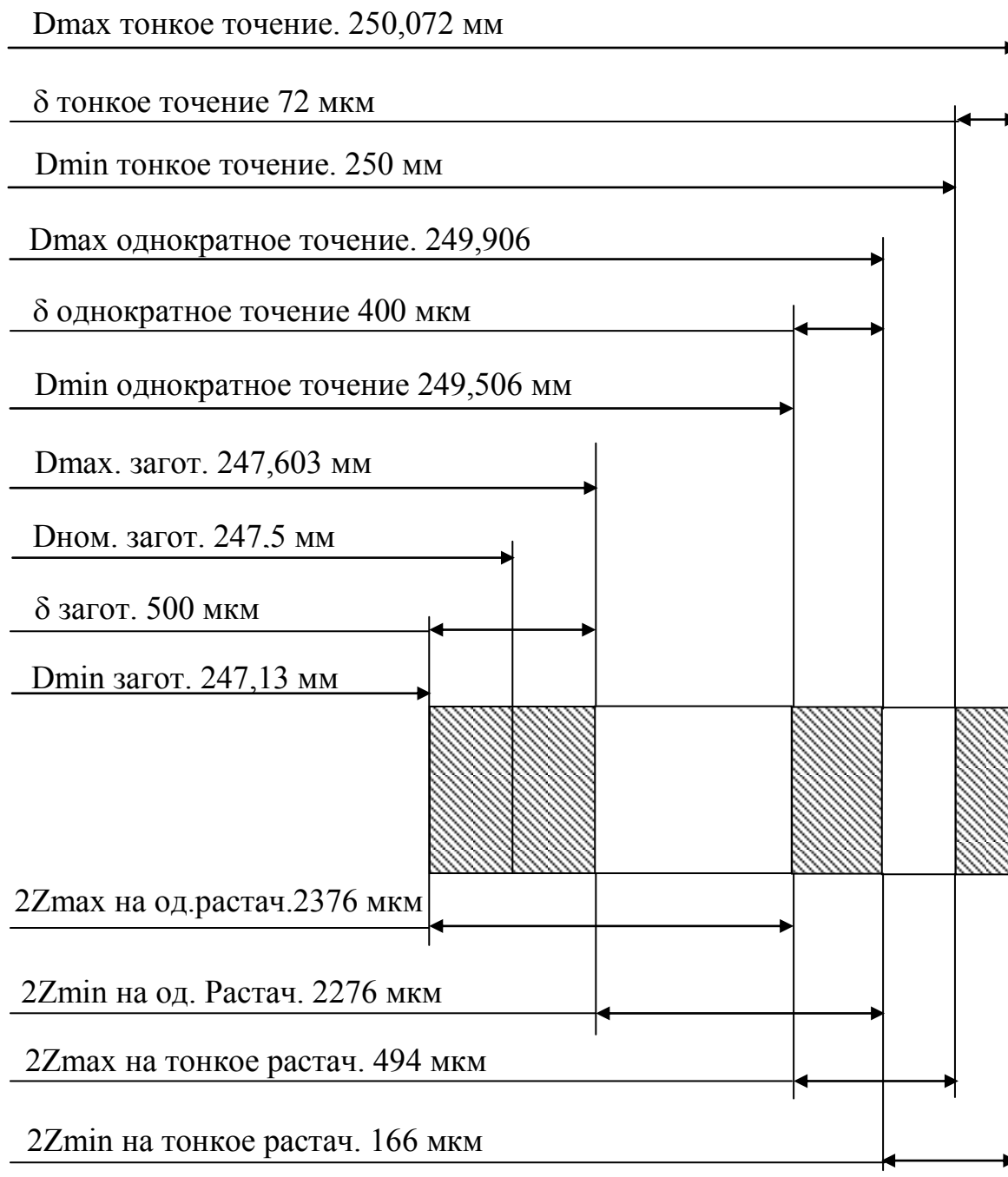
Номинальный диаметр заготовки определяем по формуле:

$$d_{\text{заг. ном.}} = d_{\text{Д ном.}} - 2Z_{\Sigma \text{ ном}} = 250 - 2,46 = 247,54 \text{ мм}.$$

Таблица 6 – Таблица припусков и предельных размеров по технологическим переходам на обработку отверстия  $\varnothing 250H8^{+0,072}$

| Технологические переходы | Элементы припуска, мкм |     |        |     | Расчетный припуск $2Z_{\min}$ , мкм | Расчетный размер $d_{\min}$ , мм | Допуск T, мкм | Предельные размеры, мм |            | Предельные припуски, мкм |             |
|--------------------------|------------------------|-----|--------|-----|-------------------------------------|----------------------------------|---------------|------------------------|------------|--------------------------|-------------|
|                          | $R_z$                  | T   | $\rho$ | E   |                                     |                                  |               | $d_{\min}$             | $d_{\max}$ | $2Z_{\min}$              | $2Z_{\max}$ |
| Заготовка                | 30                     | 170 | 964    | -   | -                                   | 247,63                           | 500           | 247,13                 | 247,63     | -                        | -           |
| Однократное растачивание | 15                     | 20  | 48,2   | 90  | 2·1138                              | 249,906                          | 400           | 249,506                | 249,906    | 2276                     | 2376        |
| Тонкое растачивание      | 2.5                    | 5   | -      | 4,5 | 2·83                                | 250,072                          | 72            | 250                    | 250,072    | 166                      | 494         |
|                          |                        |     |        |     |                                     |                                  |               |                        | $\Sigma Z$ | 2442                     | 2870        |

Схема графического расположения припусков и допусков на обработку отверстия  $\varnothing 250H8^{+0,072}$





### 1.7.2. РАСЧЕТ ПРИПУСКОВ НА РАЗМЕР 608H14<sub>(-1.75)</sub>

Составим маршрут обработки данной поверхности и проведем расчет припуска на механическую обработку.

Маршрут обработки данной поверхности:

а) заготовка;

б) фрезерование;

Определяем значения  $R_z$  и  $h$  для исходной заготовки и каждого перехода:

Исходная заготовка  $R_z = 30$  мкм ;  $h = 170$  мкм ;

Однократное фрезерование  $R_z = 10$  мкм ;  $h = 20$  мкм ;

Суммарное значение пространственных отклонений для заготовки данного типа определилось:  $\rho_3 = 964$  мкм .

Величина остаточного пространственного отклонения составит

$$\rho_1 = 0,05 \cdot \rho_3 = 0,05 \cdot 964 = 48,2 \text{ мкм ,}$$

Погрешность установки при фрезеровании торца:

$$E_1 = \sqrt{E_{\sigma}^2 + E_3^2} = \sqrt{0 + 90^2} = 90 \text{ мкм ;}$$

$$E_{\sigma} = 0 \quad E_3 = 90 \text{ мкм ;}$$

$E_2 = 0,05 \cdot E_1 + E_{\text{инд}} = 0,05 \cdot 90 = 4,5$  мкм – остаточная погрешность установки при фрезеровании;

$$E_{\text{инд}} = 0$$

На основании записанных в таблице данных проводится расчет минимальных значений межоперационных припусков, по формуле:

$$Z_{\min} = R_{z, i-1} + h_{i-1} + \Delta_{\Sigma i-1} + \varepsilon \quad (9)$$

Для операции фрезерования торца имеем:

$$Z_{\min} = 30 + 170 + 964 + 90 = 1255 \text{ мкм .}$$

Графа «Расчетный размер» ( $l_{\min}$ ) заполняется начиная с конечного, с чертежного размера, который получают при окончательной обработке.

Для окончательного точения:

$$l_{\min} = 607,3 \text{ мм} .$$

Для заготовки:

$$l_{\min} = 607,3 + 1,255 = 608,555 \text{ мм} .$$

Значение допусков для перехода принимаются по таблицам в соответствии с классом точности обработки.

Фрезерование однократное 9 квалитет.

Определяются наибольшие предельные размеры прибавлением допуска к наименьшим предельным размерам:

$$l_{\max (\text{фрезерован ие})} = 607,3 + 0,7 = 608 \text{ мм} ;$$

$$l_{\max (\text{заг.})} = 608,555 + 1,75 = 610,305 \text{ мм} .$$

Предельные размеры припусков определяются как разность соответствующих наибольших или наименьших размеров:

$$Z_{\max (\text{фрезерован ие})} = 610,305 - 608 = 2,305 \text{ мм} ;$$

$$Z_{\min (\text{фрезерован ие})} = 608,555 - 607,3 = 1,255 \text{ мм} .$$

Общий припуск определяется:

$$Z_{\Sigma \min} = 1,255 \text{ мм} ;$$

$$Z_{\Sigma \max} = 2,305 \text{ мм} .$$

Производится проверка правильности выполненных расчетов:

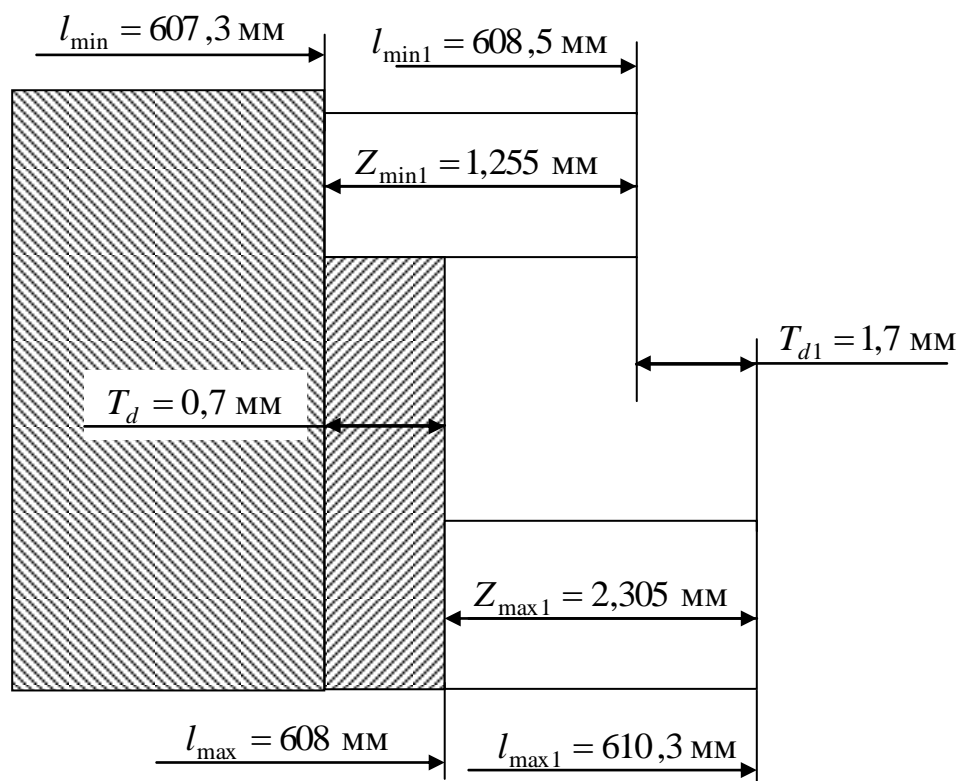
$$Z_{\Sigma \max} - Z_{\Sigma \min} = T_{d \text{ заг.}} - T_{d \text{ Д}} \quad (10)$$

$$2,305 - 1,255 = 1,75 - 0,7$$

Таблица 7 – Таблица припусков и предельных размеров по технологическим переходам на обработку поверхности 608Н14<sub>(-1,75)</sub>

| Технологические переходы | Элементы припуска, мкм |     |        |    | Расчетный припуск $2Z_{\min}$ , мкм | Расчетный размер $l_{\min}$ , мм | Допуск T, мкм | Предельные размеры, мм |            | Предельные припуски, мкм |            |
|--------------------------|------------------------|-----|--------|----|-------------------------------------|----------------------------------|---------------|------------------------|------------|--------------------------|------------|
|                          | $R_z$                  | T   | $\rho$ | E  |                                     |                                  |               | $l_{\min}$             | $l_{\max}$ | $Z_{\min}$               | $Z_{\max}$ |
| Заготовка                | 30                     | 170 | 964    | -  | -                                   | 608,555                          | 1700          | 608,5                  | 610,3      | -                        | -          |
| Однократное фрезерование | 10                     | 20  | 48,2   | 90 | 1255                                | 607,3                            | 700           | 607,3                  | 608        | 1,255                    | 2,305      |

Схема графического расположения припусков и допусков на обработку линейного размера  $608^{-1,75}$



## 1.8. РАСЧЕТ РЕЖИМОВ РЕЗАНИЯ

Режимом резания называется совокупность глубины резания, подачи, скорости резания и других факторов.

Рациональным режимом резания называют такой, который при выполнении всех требований, предъявляемых к качеству поверхности обрабатываемой детали, обеспечивает при минимальной себестоимости обработки максимально возможную производительность.

Режимы резания, рассчитанные по традиционной методике, заключающейся в последовательном определении глубины резания, подачи, скорости резания и т.д. не могут считаться оптимальными, т. к. предназначены в основном для максимального использования режущих свойств инструмента.

Определение режима резания состоит в выборе по заданным условиям обработки (т. е. технические требования к чистоте и точности обработки поверхности, конструкции режущего инструмента и материала режущей части, допустимому износу инструмента, его стойкости и геометрическим параметрам режущей части) наивыгоднейшего сочетания глубины резания, подачи, скорости резания, обеспечивающего наименьшую трудоемкость и себестоимость выполнения операции при использовании номинальных режущих свойств инструмента и эксплуатационных возможностей станка.

### 1.8.1. РАСЧЕТ РЕЖИМОВ РЕЗАНИЯ ДЛЯ СВЕРЛЕНИЯ ОТВЕРСТИЯ $\varnothing 22^{+0,33}$

Режущий инструмент: сверло спиральное  $\varnothing 22$  мм 035-2300-1224

#### 1. Глубина резания

$$t = 0,5D = 11 \text{ мм.}$$

#### 2. Подача

При сверлении отверстий без ограничивающих факторов, выбирают максимально допустимую по прочности сверла подачу. При наличии же в данном случае ограничивающих факторов, подачу определяют умножением табличного значения подачи на соответствующий поправочный коэффициент.

$$S = S_t \cdot K_{ls} \cdot K_{жс} \cdot K_{ис}, \text{ мм/об} \quad (11)$$

где:

$S_t$  – табличная подача,  $S_t = 0,50$  ;

$K_{ls}$  – поправочный коэффициент на глубину отверстия,  $K_{ls} = 0,95$  ;

$K_{жс}$  – поправочный коэффициент на недостаточную жесткость системы СПИД,  $K_{жс} = 0,95$  ;

$K_{ис}$  – поправочный коэффициент на инструментальный материал,  $K_{ис} = 0,8$ .

$$S = 0,5 \cdot 0,95 \cdot 0,95 \cdot 0,8 = 0,37 \text{ мм/об} .$$

### 3. Скорость резания

$$V = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot S^y} \cdot K_v, \text{ м/мин} \quad (12)$$

где:

$K_v$  – общий поправочный коэффициент.

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{nv} \cdot K_{lv} \quad (13)$$

где:

$K_{mv}$  – коэффициент на обрабатываемый материал

$$K_{mv} = \left( \frac{190}{HB} \right)^{n_v} = \left( \frac{190}{190} \right)^{n_v} = 1 \quad (14)$$

$K_{lv}$  – коэффициент на инструментальный материал;  $K_{lv} = 1,0$  табл. 31

$K_{nv}$  – коэффициент учитывающий глубину резания;  $K_{nv} = 1,0$  табл. 6

$$K_v = 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 1,0$$

Значения коэффициента  $C_v$  и показателей степени находим по таблице 28:  $C_v = 17,1$ ,  $q = 0,25$ ,  $y = 0,4$ ,  $m = 0,125$ .

$$V = \frac{17,1 \cdot 22^{0,25}}{75^{0,125} \cdot 0,5^{0,4}} \cdot 1 = 30,9 \text{ м/мин.}$$

#### 4. Частота вращения сверла

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 31}{3,14 \cdot 22} 693 \text{ об/мин}$$

Принимаем  $n = 700 \text{ об/мин.}$

#### 5. Крутящий момент

$$M_{кр} = 10 \cdot C_m \cdot D^q \cdot S^y \cdot K_p \quad (15)$$

где:

$$C_m = 0,021, \quad q = 2,0, \quad y = 0,8;$$

$K_p$  – коэффициент, учитывающий фактические условия обработки,

$$K_p = K_{mp}$$

где:

$K_{mp}$  – коэффициент, зависящий от материала обрабатываемой заготовки,  $K_{mp} = 1$ .

$$M_{кр} = 10 \cdot 0,021 \cdot 22^{2,0} \cdot 0,36^{0,8} \cdot 1 = 14,6 \text{ Н/м.}$$

#### 6. Осевая сила резания

$$P_o = 10 \cdot C_p \cdot D^q \cdot S^y \cdot K_p \quad (16)$$

где:

$$C_p = 43,3, \quad q = 0,8, \quad y = 1;$$

$$P_o = 10 \cdot 43,3 \cdot 22^{0,8} \cdot 0,36^1 \cdot 1 = 1474 \text{ Н} \approx 1,5 \text{ кН.}$$

#### 7. Мощность резания

$$N_e = \frac{M_{кр} \cdot n}{9750} = \frac{14,6 \cdot 700}{9750} = 1,048 \text{ кВт} \quad (17)$$

## 1.8.2. РАСЧЕТ РЕЖИМОВ РЕЗАНИЯ ДЛЯ ЧЕРНОВОГО ФРЕЗЕРОВАНИЯ ПЛОСКОСТИ ТОРЦА Ø450

Режущий инструмент: фреза торцевая Ø 125 04.2.059.000-00

1. Глубина фрезерования

$$t = 2,5 \text{ мм}.$$

2. Подача

Исходной величиной подачи при черновом фрезеровании является величина ее на один зуб  $S_z$ :

$$S_z = 0,4 \text{ мм/зуб}.$$

3. Скорость резания

$$V = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^u \cdot z^p} \cdot K_v = \frac{445 \cdot 100^{0,2}}{40^{0,32} \cdot 2,5^{0,15} \cdot 0,4^{0,35} \cdot 90^{0,2} \cdot 6^0} \cdot 1 = 165 \text{ м/мин}$$

Скорость резания  $V = 165 \text{ м/мин}$ .

4. Частота вращения фрезы

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 165}{3,14 \cdot 100} = 533 \text{ об/мин}$$

Принимаем  $n = 520 \text{ об/мин}$ .

5. Сила резания

Главная составляющая силы резания при фрезеровании – окружная сила  $P_z$ , которая определяется по формуле

$$P_z = \frac{10 \cdot C_P \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^n \cdot z}{D^q \cdot n^w} \cdot K_{mp} \quad (18)$$



где:

$$C_p = 825, \quad x = 1,0, \quad y = 0,75, \quad u = 1,1, \quad q = 1,3, \quad w = 0,2,$$

$K_{mp}$  – поправочный коэффициент, учитывающий качество обрабатываемого материала,  $K_{mp} = 1$

Окружная сила

$$P_z = \frac{10 \cdot 825 \cdot 2,5^1 \cdot 0,4^{0,75} \cdot 90^{1,1} \cdot 6}{100^{1,3} \cdot 520^{0,2}} \cdot 1 = 6285 \text{ Н} \approx 6,3 \text{ кН} .$$

6. Крутящий момент

Крутящий момент на шпинделе рассчитывается по формуле

$$M_{кр} = \frac{P_z \cdot D}{2 \cdot 100} = 137 \text{ Н/м} \quad (19)$$

$$M_{кр} = \frac{6300 \cdot 100}{2 \cdot 100} = 3142 \text{ Н/м} \quad (20)$$

7. Мощность резания

Эффективная мощность резания определяется по формуле:

$$N_e = \frac{M_{кр} \cdot V_d}{1020 \cdot 60} = \frac{3142 \cdot 163}{1020 \cdot 60} = 8,4 \text{ кВт} \quad (21)$$

### 1.8.3. РАСЧЕТ РЕЖИМОВ РЕЗАНИЯ ДЛЯ ЧЕРНОВОГО РАСТАЧИВАНИЯ ОТВЕРСТИЯ $\varnothing 250$

Режущий инструмент: резец расточной 2142-4020-01 Т5К10

1. Глубина резания

При черновом растачивании глубина резания  $t = 2,35 \text{ мм}$ .

## 2. Подача

При черновом точении подача принимается максимально допустимой по мощности оборудования, жесткости системы СПИД, прочности режущей пластины и прочности державки.

$$S = 0,4 \text{ мм/об} .$$

## 3. Скорость резания

$$V = \frac{C_v}{T^m \cdot t^x \cdot S^y} = \frac{292}{50^{0,2} \cdot 0,63^{0,2} \cdot 2,35^{0,15}} = 141 \text{ м/мин}$$

$$V = 140 \text{ м/мин}$$

## 4. Частота вращения оправки

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 140}{3,14 \cdot 250} = 179 \text{ об/мин}$$

Принимаем  $n = 180 \text{ об/мин}$  .

## 5. Сила резания

Силу резания принято раскладывать на составляющие силы, направленные по осям координат станка (тангенциальную  $P_z$ , радиальную  $P_y$  и осевую  $P_x$  . При наружном продольном и поперечном точении, растачивании, отрезании, прорезании пазов и фасонном точении эти составляющие рассчитывают по формуле:

$$P_{z,y,x} = 10 \cdot C_P \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p ,$$

где:

$$C_P = 92 , \quad x = 1,0 , \quad y = 0,75 , \quad n = 0 .$$

Сила резания:

$$P_z = 10 \cdot 92 \cdot 2,35^1 \cdot 0,4^{0,75} \cdot 180^0 \cdot 0,75 = 815 \text{ Н} ;$$

## 6. Мощность резания.

Мощность резания рассчитывают по формуле

$$N = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60} = \frac{815 \cdot 141}{1020 \cdot 60} = 1,88 \text{ кВт} .$$

## 1.9. ТЕХНИЧЕСКОЕ НОРМИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА

Определение основного (технологического) времени по переходам

$$T_o = \sum T_{oj} \text{ – основное время на операцию, мин.}$$

$T_{oj}$  - основное время на выполнение j-го перехода при обработке элементарного участка обрабатываемой поверхности:

### Операция 015

| Номер перехода | $T_{oj}$ , мин |
|----------------|----------------|
| 2              | 1,8            |
| 3              | 20,4           |
| 4              | 18,1           |
| 5              | 1,89           |
| 6              | 0,57           |
| 7              | 0,45           |
| 8              | 0,57           |
| 9              | 2,04           |
| 10             | 1,68           |
| 11             | 6,6            |
| 12             | 0,6            |
| 13             | 0,29           |

$$T_{o015} = \sum T_{o13} = 54,99 \text{ мин}$$

### Операция 020

| Номер перехода | $T_{oj}$ , мин |
|----------------|----------------|
| 1              | 0,4            |
| 2              | 0,4            |
| 3              | 0,63           |
| 4              | 0,63           |
| 5              | 0,59           |
| 6              | 0,59           |
| 7              | 0,57           |
| 8              | 0,57           |
| 9              | 0,42           |
| 10             | 0,42           |

$$T_{o020} = \sum T_{o10} = 5,22 \text{ мин}$$

### Определение вспомогательного времени

$T_e$  – вспомогательное время, включающее время на установку и снятие обрабатываемой заготовки –  $T_{e.y.}$  и выполнение вспомогательных перемещений при обработке конкретной поверхности –  $T_{м.в.}$ ,  $T_n$  – время на корректировку размера инструмента во время выполнения операции.

$$T_e = 20\%(T_o)$$

$$T_{e015} = 20\%(54,9) = 10,98 \text{ мин.};$$

$$T_{e020} = 20\%(5,22) = 1,05 \text{ мин.};$$

### Определение оперативного времени

Оперативное время  $T_{on}$  определяется как сумма основного и вспомогательного времени:

$$T_{on015} = T_{o015} + T_{e015} = 54,9 + 10,98 = 65,88 \text{ мин.};$$

$$T_{on020} = T_{o020} + T_{e020} = 5,22 + 1,05 = 6,27 \text{ мин.};$$

Время на обслуживание рабочего места

$$T_{обсл} = T_{мех} + T_{орг} \text{ – задается в процентах от оперативного времени.}$$

Время на отдых и личные надобности

$T_{отд}$  зависит от веса обрабатываемой детали, процента машинного времени, величины оперативного времени и определяется в процентах от оперативного времени.

$$T_{мех} + T_{орг} + T_{отд} \text{ – принимаем равным } 10\% \text{ от } T_{on}:$$

$$\text{для операции 015: } T_{мех} + T_{орг} + T_{отд} = 0,1 \cdot 65,88 = 6,59 \text{ мин.};$$

$$\text{для операции 020: } T_{мех} + T_{орг} + T_{отд} = 0,1 \cdot 6,27 = 0,63 \text{ мин.};$$

Норма штучного времени

$$T_{шт} = T_o + T_e + T_{мех} + T_{орг} + T_{отд}$$

$$T_{шт015} = 54,99 + 10,98 + 6,59 = 72,56 \approx 73 \text{ мин.};$$

$$T_{шт015} 20 = 5,22 + 1,05 + 0,63 = 6,9 \approx 7 \text{ мин.}$$

### Определение подготовительно-заключительного времени

Подготовительно-заключительное время  $T_{n-3}$  при обработке на станках с ЧПУ, оснащенных устройством автоматической смены режущих инструментов, принимается равным:

$$T_{n-3} = 47 + k;$$

где  $k$  - время на наладку одного инструмента, принимается равным 1,5 мин.

$$k_{015} = 12$$

$$k_{020} = 10,5$$

$$T_{n-3015} = 47 + 12 = 59 \text{ мин};$$

$$T_{n-3020} = 47 + 10,5 = 57,5 \text{ мин}.$$

### Определение штучно-калькуляционного времени

$$T_{шк} = T_{шт} + \frac{T_{n-3}}{n}$$

$$T_{шк015} = 72,56 + \frac{59}{130} = 73,01 \text{ мин};$$

$$T_{шк020} = 6,9 + \frac{57,5}{130} = 7,34 \text{ мин}.$$

## 2. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ОСНАСТКИ

### 2.1. РАСЧЕТ И ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПРИСПОСОБЛЕНИЙ

#### 2.1.1. ВЫБОР СХЕМЫ УСТАНОВКИ

Установку детали производим на два пальца и плоскость. 2 прихвата прилагают усилие зажима на внутреннюю поверхность фланца, 1 прижим прижимает заготовку спереди к поверхностям двух пальцев, а 2 других по бокам в районе «уха».

#### 2.1.2. РАСЧЕТ УСИЛИЯ ЗАЖИМА

Рассчитываю усилие зажима детали в приспособлении в зависимости от силы резания ( $P_x$ ).

Требуемое усилие зажима определяю по формуле:

$$Wf_1 + Wf_2 = K \cdot P;$$

$$W = \frac{K \cdot P}{f_1 + f_2};$$

$$W = 5 \cdot K \cdot P$$

(22)

где:

$K$  – коэффициент запаса прочности;

$f_1, f_2$  - коэффициенты трения

$$f_1 = f_2 \approx 0,1$$

$P_x$  – сила резания;

$$K = K_0 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5 \cdot K_6 \quad (23)$$

где:

$K_0 = 1,5$  – гарантированный коэффициент запаса;

$K_1 = 1,2$ , коэффициент, учитывающий увеличение сил резания из-за случайных неровностей на обрабатываемых поверхностях заготовок;

$K_2 = 1,2$ , коэффициент, учитывающий увеличение сил резания вследствие затупления режущего инструмента;

$K_3 = 1,2$ , коэффициент, учитывающий увеличение сил резания при прерывистом резании;

$K_4 = 1,3$ , характеризует постоянство силы, развиваемой зажимным механизмом;

$K_5 = 1$ , характеризует эргономику немеханизированного зажимного механизма;

$K_6 = 1$ , учитывают только при наличии моментов.

$$K = 1,5 \cdot 1,2 \cdot 1,2 \cdot 1,2 \cdot 1,3 \cdot 1 \cdot 1 = 3,4,$$

$$W = 5 \cdot 3,4 \cdot 1474 = 25 \text{ кН}$$

Выбранный прижим будет обеспечивать надежное усилие закрепления поскольку обладает усилием в 29,5 кН, и масса заготовки 215 кг.

### 2.1.3. РАСЧЕТ ПРИХВАТОВ

Расчет прихватов выполняется для того, чтобы определить выдержат нагрузку винты и болты которые использованы в приспособлении.

Определение крутящего момента на винте

$$M_{кр} = P_3 \cdot (0,1 \cdot d_2 + 0,33 \cdot D_y \cdot f_1) = 1634,8 \cdot (0,1 \cdot 16 + 0,33 \cdot 12 \cdot 0,16) = 3651,5 \text{ Нм}$$

Условие прочности резьбы на смятие

$$\sigma_{см} = F \cdot \frac{k_n}{z} \cdot \frac{\pi}{4} \cdot (D^2 - D_1^2) \leq [\sigma], \text{ см}$$

где:

$k_n$  – коэффициент неравномерности;  $k_n = 0,95$

$D$  – наружный диаметр резьбы

$D_1$  – внутренний диаметр резьбы

$$[\sigma]_{см} = 9 \text{ МПа}$$

$$\sigma_{см} = 2917 \cdot \frac{0,95}{15} \cdot \frac{3,14}{4} \cdot (16^2 - 13,84^2) = 3,65 \text{ МПа}$$

$$\sigma_{см} < [\sigma]_{см}$$



## 2.2. РАСЧЕТ ТОЧНОСТИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ СТАНОЧНОГО ПРИСПОСОБЛЕНИЯ

Произведем расчет влияния параметров точности приспособления на точность изготовления размера  $550 \pm 0,5$ . Расчет производится по формулам:

$$\varepsilon = \varepsilon_{\text{баз.}} + \varepsilon_{\text{закр.}} + \varepsilon_{\text{пр.}} \leq T_{550} \quad (24)$$

где:

$\varepsilon_{\text{баз.}}$  погрешность базирования, которая равна:

$$\varepsilon_{\text{баз.}} = \frac{T_{550H8}}{2 \sin \frac{\alpha}{2}} \quad (25)$$

$$\alpha = 45^\circ$$

$$\varepsilon_{\text{баз.}} = \frac{0,072}{2 \sin 45^\circ} = \frac{0,072}{1,414} = 0,051$$

$\varepsilon_{\text{закр.}} = 0$ , поскольку сила закрепления  $\perp$  размеру.

$$\varepsilon_{\text{пр.}} = \varepsilon_{\text{настр.}} \approx 0,05$$

$$\varepsilon_{\text{пр.}} = 0,051 + 0 + 0,05 = 0,101 < 0,5$$

Полученное значение допустимой погрешности изготовления приспособления (после сборки) обеспечивает выполнение размера  $250 \pm 0,5$

### 2.2.1. ПРИСПОСОБЛЕНИЕ ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОТКЛОНЕНИЯ ОТ ПЕРПЕНДИКУЛЯРНОСТИ ТОРЦА К ОСИ ОТВЕРСТИЯ И БИЕНИЯ ТОРЦА

В качестве контрольно-измерительного приспособления для контроля перпендикулярности торца относительно центрального отверстия  $\varnothing 250H8$  используется приспособление для контроля отклонения от перпендикулярности торца к оси отверстия и биения торца. Приспособление состоит из калибра – пробки 5, предназначенной для отверстия контролируемого корпуса, рукоятки 2, стержня 6, на одном конце которого закреплена с помощью винта 7, шайбы 8 и гайки 9 ИГ 3. На противоположном конце стержня запрессован штифт 1. Стержень центральным отверстием притерт без люфта на сопрягаемой шейке рукоятки. Это обеспечивает вращение стержня на рукоятке без зазора, что важно для точности измерений при значительных размерах торцов корпусов.

Кроме того, рукоятка 2 неподвижно соединена с калибром – пробкой 5 гайкой 4.

Отклонение от перпендикулярности торца к оси отверстия проверяют путем вращения стержня (один – два оборота) и максимальному показанию ИГ. Это показание будет соответствовать удвоенной величине отклонения от перпендикулярности торца к оси отверстия на участке D измерения.

Для определения торцового биения корпуса стержню также дается один – два оборота и по разности показаний ИГ определяют биение рабочей поверхности относительно оси отверстия.

Приспособление применяется в АО "Ливгидромаш".

## 2.2.2. РАСЧЕТ КИПА НА ТОЧНОСТЬ

Контроль, которому подвергается каждый узел и каждая изготовленная деталь, имеет целью проверить соответствие точности формы относительного положения и перемещения их исполнительных поверхностей установленным нормам. Чтобы получить при контроле наиболее полное представление о значении контролируемого параметра, необходимо исключить, насколько это возможно влияние погрешности параметров связанных с ними. Для этого, а также для удобства и быстроты измерений используют специальные контрольно-измерительные приспособления. Расчет погрешности специального контрольно-измерительного приспособления проведем на примере приспособления для измерения перпендикулярности торца относительно поверхности центрального отверстия равного 0,03мм:

Условие годности КИП по точности:

$$[\Delta K_{ni}] < K \cdot T_n \quad (26)$$

где:

$T_n = 0,03$  мм – допуск контролируемого параметра;

$K$  – нормирующий коэффициент (0,2 – 0,35); принимаю  $K = 0,3$ ;

$[K_{ni}]$  – допустимая погрешность измерения КИП.

$$[\Delta K_{ni}] = 0,3 \cdot 0,03 = 0,009 \text{ мм} = 9 \text{ мкм} .$$

Погрешность измерения для данного случая контроля будет иметь вид:

$$\Delta K_{ni} = \Delta_{гол.} + \Delta_{пер.} + \Delta_{мет.} + \Delta_{у.}$$

где:

$\Delta_{гол.} = 1$  мкм – погрешность индикаторной головки;

$\Delta_{пер.} = 5$  мкм – погрешность перекоса при установке втулки в отверстие;

стие;

$\Delta_{y.} = 2$  мкм -погрешность упора;

$$\Delta K_{ni} = 1 + 5 + 2 = 8 \text{ мкм} < [\Delta K_{ni}] = 9 \text{ мкм}$$

Таким образом, условие годности КИП по точности выполняется.

### 3. ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ПРОЕКТА

#### 3.1. ВЫБОР БАЗОВОГО ВАРИАНТА И УСЛОВИЯ СОПОСТАВЛЕНИЯ ВАРИАНТОВ

Повышение эффективности общественного производства требует постоянного совершенствования уровня организации на каждом его участке.

Создание материальной технической базы предполагает рациональное наибольшее использование материальных и трудовых ресурсов, устранение издержек производства и различных потерь.

Наибольшие результаты при наименьших затратах могут быть достигнуты при проведении реальных, объективных расчетов экономической эффективности капитальных вложений. А также производственных фондов новой техники и новейшей технологии.

При проектировании новых технологических процессов следует выбирать эффективный вариант изготовления изделия. Эффективность способов и средств изготовления изделия можно определить на основе комплексного анализа технологической и экономической целесообразности двух рассмотренных вариантов технологических процессов.

При расчете экономической эффективности за базовый вариант технологического процесса принята технология изготовления детали «колонна». Базовый и внедряемый технологические процессы должны быть приведены к сопоставимости. Существующий технологический процесс механической обработки детали «колонна» может быть усовершенствован путем замены многих операций, выполняемых на различных станках, одной операцией, выполняемой на многооперационном станке с ЧПУ.

Введение многоцелевого станка с ЧПУ позволит уменьшить численность рабочих, вспомогательное время, подготовительно-заключительное время, кроме того, уменьшится количество оборудования. Произойдет сокращение штучного времени, за счет применения универсального сборно-разборного приспособления, что позволит снизить себестоимость детали, а, следовательно, повысить производительность труда.

Для определения сравнительной экономичности вариантов необходимо привести их к тождеству. Наличие тождественности по вариантам сводит все к одному – различию затрат труда, обусловленных изготовлением данной продукции. Это позволит выбрать наиболее экономичный вариант на основе расчета общего экономического показателя.

1. «Колонна» изготавливается по одному и тому же чертежу.
2. В соответствии с техническими требованиями качество изготовления детали должно быть одинаковым в обоих вариантах.
3. Годовая программа выпуска изделий в обоих вариантах – 130 штук.

Таблица 8 – Используемое оборудование

| Вариант 1 – внедряемый    |            |
|---------------------------|------------|
| Операция                  | Станок     |
| 010 Комбинированная с ЧПУ | ЛР400ПМФ4М |
| 015 Комбинированная с ЧПУ | ЛР400ПМФ4М |
| Вариант 2 – базовый       |            |
| 010 Фрезерная             | 6Р83Ф3     |
| 015 Сверлильная           | 2Н155Ф2    |
| 020 Расточная             | 2623Ф4     |
| 025 Фрезерно-расточная    | 2623Ф4     |
| 030 Фрезерно-расточная    | 2623Ф4     |
| 035 Фрезерно-расточная    | 2623Ф4     |
| 040 Токарная              | 16К20Т1    |
| 045 Радиально-сверлильная | Р60-733    |
| 050 Эрозионная            | ЭС         |

### 3.2. РАСЧЕТ КОЛИЧЕСТВА ОБОРУДОВАНИЯ НА УЧАСТКЕ

Расчетное количество станков каждого типоразмера по операциям производится по формуле:

$$C_p = \frac{N \cdot t_{um.cp.i}}{F_{эф.с} \cdot K_B}, \text{ шт.}$$

$N = 130$  шт. – годовая программа;

$t_{um.cp}$  – среднее штучно-калькуляционное время  $i$ -ой операции, час;

$F_{эф.с} = 4015$  час. – годовой эффективный фонд времени работы оборудования при двухсменной работе;

$K_B = 1$  – коэффициент выполнения норм;

Исходные данные и расчет результатов по определению количества оборудования сведены в таблицу 9:

Таблица 9 – Результаты расчета потребного количества оборудования

| Модель станка | $t_{um}$ , час | Кол-во станков расчетное, СР | Кол-во станков принятое, СП | Коэффициент загрузки, $K_3$ | Коэффициент занятости, $K_{зан.}$ |
|---------------|----------------|------------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------------|
| Вариант 1     |                |                              |                             |                             |                                   |
| ЛР400ПМФ4М    | 12,1           | 0,36                         |                             |                             |                                   |
| ЛР400ПМФ4М    | 1,1            | 0,04                         |                             |                             |                                   |
| Итого:        | 13,2           | 0,4                          | 1                           | 0,4                         | 0,5                               |
| Вариант 2     |                |                              |                             |                             |                                   |
| 6Р82Ф3        | 41,66          | 1,3                          | 2                           | 0,65                        | 0,76                              |
| 2Н155Ф2       | 2,04           | 0,07                         | 1                           | 0,07                        | 0,08                              |
| 2623Ф4        | 2,46           | 0,08                         |                             |                             |                                   |
| 2623Ф4        | 3,03           | 0,1                          |                             |                             |                                   |
| 2623Ф4        | 16,03          | 0,5                          |                             |                             |                                   |

|              |       |      |   |      |      |
|--------------|-------|------|---|------|------|
| 2623Ф4       | 17,37 | 0,6  |   |      |      |
| Итого 2623Ф4 |       | 1,28 | 2 | 0,64 | 0,75 |
| 16К20Т1      | 1,2   | 0,04 | 1 | 0,04 | 0,05 |
| Р60-733      | 0,53  | 0,02 | 1 | 0,04 | 0,05 |
| ЭС           | 2,67  | 0,08 | 1 | 0,08 | 0,01 |
| Итого:       |       |      | 8 |      |      |

Расчетное количество оборудования по каждой операции получается дробным, поэтому его следует округлить до ближайшего целого числа с таким расчетом, чтобы коэффициент загрузки оборудования по каждой операции был меньше единицы.

Коэффициент загрузки оборудования рассчитывается по формуле:

$$K_z = \frac{C_P}{C_{II}}$$

$C_{II}$  – принятое количество станков, шт.

Коэффициент занятости оборудования рассчитывается по формуле:

$$K_{зан.} = \frac{K_z}{0,85}$$

0,85 – коэффициент, учитывающий внутренние потери по организационно-техническим причинам.



### 3.3 РАСЧЕТ НЕОБХОДИМОЙ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ ПЛОЩАДИ

Расчет площади для каждого типоразмера оборудования рассчитывается по формуле:

$$S_O = C_{II} \cdot S_{yd} \cdot K_D, \text{ м}^2$$

$C_{II}$  – принятое количество станков, шт.

$S_{yd}$  – площадь, занимаемая станком,  $\text{м}^2$ ;

$K_D$  – коэффициент, учитывающий дополнительную площадь на единицу оборудования.

Площади станков равны:

Вариант 1

|            |   |             |
|------------|---|-------------|
| ЛР400ПМФ4М | $S = 1 \cdot 12 \cdot 2,5 = 30 \text{ м}^2$ ; | $K_D = 2,5$ |
|------------|---|-------------|

Вариант 2

|        |  |             |
|--------|--|-------------|
| 6Р82Ф3 | $S = 2 \cdot 3,6 \cdot 2,5 = 18,0 \text{ м}^2$ ; | $K_D = 2,5$ |
|--------|--|-------------|

|         |   |             |
|---------|---|-------------|
| 2Н155Ф2 | $S = 1 \cdot 2,6 \cdot 2,5 = 6,5 \text{ м}^2$ ; | $K_D = 2,5$ |
|---------|---|-------------|

|        |  |             |
|--------|--|-------------|
| 2623Ф4 | $S = 2 \cdot 4,6 \cdot 2,5 = 23,0 \text{ м}^2$ ; | $K_D = 2,5$ |
|--------|--|-------------|

|         |   |             |
|---------|---|-------------|
| 16К20Т1 | $S = 1 \cdot 3,7 \cdot 1,5 = 6,549 \text{ м}^2$ ; | $K_D = 1,5$ |
|---------|---|-------------|

|         |  |             |
|---------|--|-------------|
| Р60-733 | $S = 1 \cdot 1,8 \cdot 1,5 = 2,16 \text{ м}^2$ ; | $K_D = 1,5$ |
|---------|--|-------------|

|    |  |             |
|----|--|-------------|
| ЭС | $S = 1 \cdot 2,5 \cdot 1,5 = 8,75 \text{ м}^2$ ; | $K_D = 1,5$ |
|----|--|-------------|

Исходные данные и расчет результатов по определению производственной площади сведены в таблицу 10:

Таблица 10 – Результаты расчета производственных площадей

| Модель станка | Сп, шт. | Суд, м2 | Кд  | So, м2 |
|---------------|---------|---------|-----|--------|
| Вариант 1     |         |         |     |        |
| ЛР400ПМФ4М    | 1       | 12      | 2,5 | 30     |
| Итого:        |         |         |     | 30     |
| Вариант 2     |         |         |     |        |
| 6Н82Ф3        | 2       | 3,6     | 2,5 | 18     |
| 2Н155Ф2       | 1       | 2,6     | 2,5 | 6,5    |
| 2623Ф3        | 2       | 4,6     | 2,5 | 23     |
| 16К20Т1       | 1       | 6,5     | 1,5 | 19,5   |
| Р60-733       | 1       | 2,16    | 1,5 | 3,24   |
| ЭС            | 1       | 2,5     | 1,5 | 8,75   |
| Итого:        |         |         |     | 79,0   |

К необходимой расчетной производственной площади прибавим вспомогательную площадь для складирования заготовок и готовой продукции, межоперационного хранения, площадь под стружку. Получим:

Для варианта 1:

$$S_{\text{об}} = 120 \text{ м}^2$$

Для варианта 2:

$$S_{\text{об}} = 250 \text{ м}^2$$

### 3.4 РАСЧЕТ ЧИСЛЕННОСТИ РАБОЧИХ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО УЧАСТКА

Расчетное количество рабочих определяется по формуле:

$$R_p = \frac{N \cdot t_{ум}}{F_{эф.с} \cdot K_B}, \text{ чел.}$$

$N = 130$  шт. – годовая программа;

$F_{эф.с} = 4015$  час. – годовой эффективный фонд времени при двухсменной работе;

$K_B = 1$  – коэффициент выполнения норм.

Исходные данные и полученные результаты расчетов численности производственных рабочих сведены в таблицу 11:

Таблица 11

| Модель станка | $t_{ум}$ , час | Количество рабочих,<br>$R_p$ | Количество рабочих,<br>$R_{п}$ |
|---------------|----------------|------------------------------|--------------------------------|
| Вариант 1     |                |                              |                                |
| ЛР400ПМФ4М    | 13,2           | 0,4                          | 2                              |
| Итого:        |                |                              | 2                              |
| Вариант 2     |                |                              |                                |
| 6P82Ф3        | 41,66          | 1,3                          | 2                              |
| 2Н155Ф2       | 2,04           | 0,07                         | 2                              |
| 2623Ф4        | 38,89          | 1,2                          | 2                              |
| 16К20Т1       | 1,2            | 0,04                         | 2                              |
| P60-733       | 0,53           | 0,02                         | 2                              |
| ЭС            | 2,67           | 0,08                         | 2                              |
| Итого:        | 87,0           |                              | 12                             |

### 3.5 РАСЧЕТ КАПИТАЛЬНЫХ ВЛОЖЕНИЙ

Капитальные вложения предприятия-изготовителя определяются методом прямого расчета отдельных элементов вложений по формуле:

$$K = K_o + K_{зд} + K_{осн.}, \text{ руб.}$$

$K_o$  – капитальные вложения в оборудование, руб.;

$K_{зд}$  – капитальные вложения в здание, руб.;

$K_{осн.}$  – капитальные вложения в оснастку, руб.

#### 3.5.1 КАПИТАЛЬНЫЕ ВЛОЖЕНИЯ В ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ

Капитальные вложения в технологическое оборудование определяются по формуле:

$$K_o = C_{II} \cdot Ц_{ед} \cdot K_{зан.}, \text{ руб.}$$

$C_{II}$  – принятое количество станков, шт.;

$Ц_{ед}$  – стоимость единицы технологического оборудования, руб.;

$K_{зан.}$  – коэффициент занятости.

Расчет капитальных вложений в технологическое оборудование сводится в таблицу 12:

Таблица 12 – Капитальные вложения в технологическое оборудование

| Модель станка | СП,<br>шт. | Цена станка,<br>Ц <sub>ед</sub> , руб. | K <sub>зан.</sub> | K <sub>о</sub> ,руб. |
|---------------|------------|--|-------------------|----------------------|
| Вариант 1     |            |  |                   |                      |
| ЛР400ПМФ4М    | 1          | 1800000                                | 0,5               | 900000               |
| Итого:        |            |  |                   | 900000               |
| Вариант 2     |            |  |                   |                      |
| 6Р82Ф3        | 2          | 700000                                 | 0,76              | 1064000              |
| 2Н155Ф2       | 1          | 400000                                 | 0,08              | 32000                |
| 2623Ф4        | 2          | 800000                                 | 0,75              | 1200000              |
| 16К20Т1       | 1          | 400000                                 | 0,05              | 2000                 |
| Р60-733       | 1          | 270000                                 | 0,05              | 1350                 |
| ЭС            | 1          | 200000                                 | 0,01              | 2000                 |
| Итого:        |            |  |                   | 2300000              |

### 3.5.2 КАПИТАЛЬНЫЕ ВЛОЖЕНИЯ В ЗДАНИЯ

Капитальные вложения в здания определяются по формуле:

$$K_{зд} = S_o \cdot Ц_{зд} \cdot K_{зан.}, \text{ руб.}$$

$S_o$  – расчетная площадь для каждого типоразмера оборудования, м<sup>2</sup>;

$Ц_{зд}$  – стоимость 1 м<sup>2</sup> производственного помещения, руб./м<sup>2</sup>;

$K_{зан.}$  – коэффициент занятости.

Исходные данные и полученные результаты расчетов вложений в здания сведены в таблицу 13:

Таблица 13 – Капитальные вложения в здание

| Модель станка | So, м2. | ЦЗД, руб/м2. | Кзан. | Кзд, руб. |
|---------------|---------|--------------|-------|-----------|
| Вариант 1     |         |              |       |           |
| ЛР400ПМФ4М    | 120     | 8 500        | 0,5   | 510000    |
| Итого:        |         |              |       | 510000    |
| Вариант 2     |         |              |       |           |
| 6P82          | 250     | 8 500        | 0,76  | 1600000   |
| 2Н155         |         |              | 0,08  |           |
| 2623Ф4        |         |              | 0,75  |           |
| 16К20Т1       |         |              | 0,05  |           |
| P60-733       |         |              | 0,05  |           |
| ЭС            |         |              | 0,01  |           |
| Итого:        |         |              |       | 1600000   |

### 3.5.3 КАПИТАЛЬНЫЕ ВЛОЖЕНИЯ В ТЕХНОЛОГИЧЕСКУЮ ОСНАСТКУ

Стоимость специализированной оснастки определяется в зависимости от группы сложности и количества деталей в приспособлении по формуле:

$$K_{осн.} = C_{II} \cdot Ц_{ПР} \cdot K_{зан.}, \text{ руб.}$$

$C_{II}$  – количество приспособлений, занятых в одной операции, шт.;

$Ц_{ПР}$  – стоимость приспособления, руб.;

$K_{зан.}$  – коэффициент занятости.

Исходные данные и полученные результаты по определению капитальных вложений в технологическую оснастку сведены в таблицу 14:

Таблица 14 – Капитальные вложения в технологическую оснастку

| Модель станка | СП, шт. | ЦПР, руб. | Кзан. | Косн, руб. |
|---------------|---------|-----------|-------|------------|
| Вариант 1     |         |           |       |            |
| ЛР400ПМФ4М    | 1       | 15430     | 0,5   | 7520       |
| Итого:        |         |           |       | 7520       |
| Вариант 2     |         |           |       |            |
| 6Р82Ф3        | 8       | 860       | 0,76  | 5230       |
| 2Н155Ф2       | 3       | 540       | 0,08  | 130        |
| 2623Ф4        | 4       | 780       | 0,75  | 2340       |
| 16К20Т1       | 2       | 600       | 0,05  | 60         |
| Р60-733       | 1       | 640       | 0,05  | 32         |
| ЭС            | 4       | 450       | 0,1   | 180        |
| Итого:        |         |           |       | 7972       |

Расчетную сумму затрат по отдельным элементам вносим в сводную таблицу капитальных вложений:

Таблица 15 – Сводная таблица капитальных вложений

| Элементы капитальных вложений | Сумма капитальных вложений, руб. |
|-------------------------------|----------------------------------|
| Вариант 1                     |                                  |
| - в оборудование              | 900000                           |
| - в здания                    | 510000                           |
| - в оснастку                  | 7500                             |
| Итого:                        | 1418000                          |
| Вариант 2                     |                                  |
| - в оборудование              | 2300000                          |
| - в здания                    | 1600000                          |
| - в оснастку                  | 8000                             |
| Итого:                        | 3908000                          |

### 3.6 РАСЧЕТ СЕБЕСТОИМОСТИ ОБРАБОТКИ ДЕТАЛИ

Технологическая себестоимость детали, как правило, состоит из следующих затрат:

1. Стоимость основного материала и полуфабрикатов;
2. Основная и дополнительная заработная плата производственных рабочих с отчислениями на социальное страхование;
3. Затраты на амортизацию оборудования;
4. Затраты на ремонт и содержание оборудования;
5. Стоимость электроэнергии;
6. Расходы на амортизацию и эксплуатацию приспособлений;
7. Расходы на содержание, амортизацию и текущий ремонт здания.

#### 3.6.1 РАСЧЕТ ЗАРАБОТНОЙ ПЛАТЫ ОСНОВНЫХ РАБОЧИХ

Заработная плата основных рабочих рассчитывается по формуле:

$$Z_o = C_q \cdot t_{шт} \cdot B, \text{ руб./дет.оп.}$$

$C_q$  – часовая тарифная ставка, соответствующая разряду работы по данной операции, руб./час;

$B = 1,3$  – коэффициент, учитывающий приработок рабочих

Исходные данные и расчеты приведены в таблице 16:



Таблица 16 – Заработная плата основных рабочих

| № операции | Наименование операции    | Разряд работы | шт., час. | Сч, руб./час | Зо, руб./дет.оп. |
|------------|--------------------------|---------------|-----------|--------------|------------------|
| Вариант 1  |                          |               |           |              |                  |
| 010        | Фрезерно-расточная с ЧПУ | 5             | 1.21      | 200          | 315              |
| 015        | Фрезерно-расточная с ЧПУ | 5             | 0.11      | 200          | 29               |
| Итого:     |                          |               |           |              | 344              |
| Вариант 2  |                          |               |           |              |                  |
| 010        | Фрезерная с ЧПУ          | 3             | 41,66     | 150          | 8124             |
| 015        | Сверлильная с ЧПУ        | 4             | 2,04      | 180          | 478              |
| 020        | Расточная с ЧПУ          | 4             | 2,46      | 180          | 576              |
| 025        | Фрезерно-расточная с ЧПУ | 4             | 3,03      | 180          | 710              |
| 030        | Фрезерно-расточная с ЧПУ | 5             | 16,03     | 200          | 4168             |
| 035        | Фрезерно-расточная с ЧПУ | 5             | 17,37     | 200          | 4516             |
| 040        | Токарная                 | 4             | 1,2       | 160          | 250              |
| 045        | Радиально-сверлильная    | 4             | 0,53      | 100          | 69               |
| 050        | Эрозионная               | 4             | 2,67      | 250          | 868              |
| Итого:     |                          |               |           |              | 22759            |

### 3.6.2 РАСЧЕТ ДОПОЛНИТЕЛЬНОЙ ЗАРАБОТНОЙ ПЛАТЫ ОСНОВНЫХ РАБОЧИХ

Расчет дополнительной заработной платы основных рабочих производится по формуле:

$$З_{д} = \frac{З_{о} \cdot K_{д}}{100}, \text{ руб./дет.}$$

$K_{д} = 12\%$  – планируемый процент дополнительной заработной платы.

Для варианта 1:  $З_{д} = 41$  руб/дет

Для варианта 2:  $З_{д} = 2700$  руб/дет

### 3.6.3 ОТЧИСЛЕНИЯ НА СОЦИАЛЬНОЕ СТРАХОВАНИЕ

Расчет отчислений на социальное страхование производится по формуле:

$$O_{с.с.} = \frac{(З_{о} + З_{д}) \cdot K_{с.с.}}{100}, \text{ руб./дет.}$$

$K_{с.с.} = 34\%$  – единый социальный налог;

Для варианта 1:  $O_{с.с.} = \frac{(344 + 41) \cdot 34}{100} = 130,9$  руб./дет.

Для варианта 2:  $O_{с.с.} = \frac{(122700 + 2700) \cdot 34}{100} = 42636$  руб./дет.

### 3.6.4 РАСЧЕТ ЗАТРАТ НА АМОРТИЗАЦИЮ ОБОРУДОВАНИЯ

Затраты на амортизацию оборудования по каждому типоразмеру станков, определяются по формуле:

$$A_o = \frac{K_o \cdot H_o \cdot t_{ум}}{100 \cdot F_{эф} \cdot \eta_{И}}, \text{ руб./оп.}$$

$K_o$  – капитальные вложения в оборудование, руб.;

$H_o = 10,4\%$  – среднегодовая норма амортизации;

$\eta_{И} = 0,85$  – коэффициент использования по времени.

Исходные данные и результаты сведены в таблицу 17:

Таблица 17 – Отчисления амортизацию оборудования

| Модель станка | $K_o$ , руб. | $t_{ум}$ , час. | $A_o$ , руб./оп. |
|---------------|--------------|-----------------|------------------|
| Вариант 1     |              |                 |                  |
| ЛР400ПМФ4М    | 900000       | 13,2            | 343              |
| Вариант 2     |              |                 |                  |
| 6P82Ф3        | 2300000      | 41,66           | 5829             |
| 2Н155Ф2       |              | 2,04            |                  |
| 2623Ф4        |              | 38,89           |                  |
| 16К20Т1       |              | 1,2             |                  |
| Р60-733       |              | 0,53            |                  |
| ЭС            |              | 2,67            |                  |

### 3.6.5 РАСЧЕТ ЗАТРАТ НА РЕМОНТ И СОДЕРЖАНИЕ ОБОРУДОВАНИЯ

Расчет затрат на ремонт и содержание оборудования определяется на основе единой системы планово-предупредительного ремонта и рациональной эксплуатации технологического оборудования машиностроительных предприятий по формуле:

$$P_o = \frac{P_p \cdot R_{cn} \cdot K_{зан.}}{N}, \text{ руб./дет.оп.}$$

$P_p$  – средняя величина расходов на ремонтную единицу, руб./год.;

$R_{cn}$  – категория ремонтной сложности станка;

$N$  – годовая программа, шт.

При укрупненных расчетах затраты на текущий ремонт и обслуживание, отнесенные на одну деталь, можно принять в процентах от первичной стоимости оборудования и рассчитать по формуле:

$$P_o = \frac{K_o \cdot P_{mex}}{100 \cdot N}, \text{ руб./дет.}$$

$K_o$  – капитальные вложения в оборудование, руб.;

$P_{mex} = 3\%$  – процент затрат на текущий ремонт и обслуживание оборудования.

Для варианта 1: 
$$P_o = \frac{900000 \cdot 3}{100 \cdot 130} = 207 \text{ руб./дет.}$$

Для варианта 2: 
$$P_o = \frac{2300000 \cdot 3}{100 \cdot 130} = 531 \text{ руб./дет.}$$

### 3.6.6 РАСЧЕТ ЗАТРАТ НА СИЛОВУЮ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИЮ

Расчет затрат на силовую электроэнергию определяется для каждого типоразмера станка по формуле:

$$З_э = \frac{N_u \cdot K_c \cdot Ц_э \cdot t_{ум.} \cdot K \cdot C_{II}}{K_B}, \text{ руб./дет.}$$

$N_u$  – установленная мощность электродвигателя, кВт;

$K_c = 0,25 - 0,3$  – коэффициент загрузки электродвигателей;

$Ц_э$  – цена за 1 кВт электроэнергии, руб./кВт·час;

$K = 0,6$  – коэффициент, учитывающий одновременность работы электродвигателей;

$C_{II}$  – принятое количество станков на данной операции, шт.;

$K_B = 1$  – коэффициент выполнения норм.

Таблица 18 – Исходные данные и результаты

| Модель станка | шт,<br>час | Нц, кВт | Сп, шт. | Цэ,<br>руб./кВт·час | Зэ,<br>руб./дет.оп. |
|---------------|------------|---------|---------|---------------------|---------------------|
| Вариант 1     |            |         |         |                     |                     |
| ЛР400ПМФ4М    | 13,2       | 30      | 1       | 1,3                 | 91                  |
| Итого:        | 13,2       |         |         |                     | 91                  |
| Вариант 2     |            |         |         |                     |                     |
| 6Н82Ф3        | 41,66      | 14      | 2       | 1,3                 | 266                 |
| 2Н155Ф2       | 2,04       | 10,5    | 1       | 1,3                 | 5,0                 |
| 2623Ф4        | 38,89      | 25      | 2       | 1,3                 | 447                 |
| 16К20Т1       | 1,2        | 11      | 1       | 1,3                 | 3,0                 |
| Р60-733       | 0,53       | 2       | 1       | 1,3                 | 0,2                 |
| ЭС            | 2,67       | 15      | 1       | 1,3                 | 9,0                 |
| Итого:        | 87         |         |         |                     | 730                 |

### 3.6.7 РАСЧЕТ ЗАТРАТ НА АМОРТИЗАЦИЮ И ЭКСПЛУАТАЦИЮ ПРИСПОСОБЛЕНИЙ

Расчет затрат на амортизацию и эксплуатацию приспособлений, приходящихся на единицу продукции, определяется исходя из принятой суммы капитальных вложений в оснастку, коэффициента, увеличивающего величину ежегодных амортизационных отчислений, расходов на ремонт приспособлений и годовой программы выпуска деталей. Он производится по формуле:

$$Z_{\text{ПР}} = \frac{0,6 \cdot K_{\text{осн.}}}{N}, \text{ руб./дет.}$$

$K_{\text{осн}} = 0,6$  – коэффициент, учитывающий величину годовой амортизации, которая при двухгодичном сроке списания затрат может быть принята в размере 50%, ежегодные расходы по ремонту приспособлений, составляющие 10% их стоимости.

Для варианта 1:  $Z_{\text{пр}} = \frac{0,6 \cdot 7500}{130} = 34 \text{ руб./дет.}$

Для варианта 2:  $Z_{\text{пр}} = \frac{0,6 \cdot 8000}{130} = 37 \text{ руб./дет.}$

### 3.6.8 РАСЧЕТ ЗАТРАТ НА АМОРТИЗАЦИЮ, СОДЕРЖАНИЕ И ТЕКУЩИЙ РЕМОНТ ЗДАНИЙ

Расчет затрат на амортизацию, содержание и текущий ремонт зданий производится по формуле:

$$Z_{\text{зд}} = \frac{K_{\text{зд}} \cdot (H_{\text{зд}} + P_{\text{зд}})}{100 \cdot N}, \text{ руб./дет.}$$

$K_{\text{зд}}$  – сумма капитальных вложений в здания, руб.;

$H_{зд} = 2,5\%$  – общая норма амортизации с одного здания;

$P_{зд} = 2\%$  – процент расходов на содержание и текущий ремонт здания

от суммы капитальных вложений.

$$\text{Для варианта 1: } Z_{зд} = \frac{510000 \cdot (2,5 + 2,0)}{100 \cdot 130} = 176 \text{ руб./дет.}$$

$$\text{Для варианта 2: } Z_{зд} = \frac{1600000 \cdot (2,5 + 2,0)}{100 \cdot 130} = 554 \text{ руб./дет.}$$

### 3.6.9 СТОИМОСТЬ СЫРЬЯ И МАТЕРИАЛОВ

Стоимость одной тонны сплава СЧ25 (ГОСТ 1412-79) составляет 7800 руб. Масса заготовки по первому варианту равна 215 кг, заготовка получена литьем по выжигаемым моделям; по второму – 250 кг, заготовка получена литьем в кокиль. Также нужно учесть стоимость литья  $C_{л}$ , оно составит: литье по выжигаемым моделям 150000 рублей за тонну металла; литье в кокиль 90000 рублей за тонну металла. Учитывая, что во внедряемом проекте, модель получена по новой технологии,  $C_{мод}$ , ее цена составляет 588 рублей за одну модель.

Стоимость материала и самой заготовки на одну деталь определяется по формуле:

$$Z_{м} = \frac{(m \cdot C_{м}) + (m \cdot C_{л})}{1000} + C_{мод}, \text{ руб./шт.}$$

$$\text{Для варианта 1: } Z_{м} = \frac{(215 \cdot 7800) + (215 \cdot 150000)}{1000} + 588 = 34515 \text{ руб./дет.}$$

$$\text{Для варианта 2: } Z_{м} = \frac{(250 \cdot 7800) + (250 \cdot 90000)}{1000} + 588 = 24604 \text{ руб./дет.}$$

Все составляющие элементы себестоимости сведены в таблицу 19:

Таблица 19 – Составляющие элементы технологической себестоимости

| Наименование статей расхода   | Сумма затрат, руб. |           |
|---|--------------------|-----------|
|   | Вариант 1          | Вариант 2 |
| 1. Стоимость сырья и материалов                                     | 34500              | 24600     |
| 2. Зарботная плата основных производственных рабочих                | 344                | 22700     |
| 3. Дополнительная зарботная плата основных производственных рабочих | 41                 | 2700      |
| 4. Затраты на социальные отчисления                                 | 101                | 6650      |
| 5. Затраты на ремонт и содержание оборудования                      | 118                | 531       |
| 6. Затраты на амортизацию оборудования                              | 343                | 5830      |
| 7. Затраты на электроэнергию  | 91                 | 730       |
| 8. Расходы на амортизацию и эксплуатацию приспособлений             | 34                 | 37        |
| 9. Расходы на содержание, амортизацию и текущий ремонт зданий       | 176                | 554       |
| Итого на одну деталь (СТ):  | 36800              | 61900     |
| Итого на годовую программу выпуска (C $\Sigma$ T):                  | 5018000            | 8047260   |

### 3.7 РАСЧЕТ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ СЕБЕСТОИМОСТИ

Определяет уровень затрат производственной системы цеха на изготовление партии изделий. Рассчитывается по формуле:

$$C_{II} = C_T \cdot 1,7, \text{ руб.}$$



Для варианта 1:  $C_{II} = 3680 \cdot 1,7 = 62560$  руб.

Для варианта 2:  $C_{II} = 61900 \cdot 1,7 = 105230$  руб.

### 3.8 РАСЧЕТ ОБЩЕХОЗЯЙСТВЕННОЙ СЕБЕСТОИМОСТИ

Определяет общий уровень затрат на производство изделия и формируется добавлением к производственной себестоимости соответствующей части общехозяйственных затрат. Рассчитывается по формуле:

$$C_{ox} = C_{II} \cdot 1,5, \text{ руб.}$$

Для варианта 1:  $C_{ox} = 62560 \cdot 1,5 = 93840$  руб.

Для варианта 2:  $C_{ox} = 105230 \cdot 1,5 = 157845$  руб.

### 3.9 РАСЧЕТ КОММЕРЧЕСКОЙ СЕБЕСТОИМОСТИ

Величина коммерческой себестоимости формируется добавлением к общехозяйственной себестоимости соответствующей части коммерческих затрат. Определяется по формуле:

$$C_K = C_{ox} \cdot 1,15, \text{ руб.}$$

Для варианта 1:  $C_K = 93840 \cdot 1,15 = 107916$  руб.

Для варианта 2:  $C_K = 157845 \cdot 1,15 = 181522$  руб.

### 3.10. ДОГОВОРНАЯ ЦЕНА ИЗДЕЛИЯ

Договорная цена изделия определяется по формуле:

$$C_{\min} = C_K \cdot 1,25, \text{ руб.} = 181522 \cdot 1,25 = 226900 \text{ руб.}$$

### 3.11 РАСЧЕТ СРОКА ОКУПАЕМОСТИ ПРОЕКТА

Срок окупаемости нового технологического проекта рассчитывается по формуле:

$$\tau = \frac{Z_{пр}}{\Sigma},$$

где:

$\Sigma = Ц \cdot N$  – выручка от реализации, руб.;  $Z_{пр}$  – затраты на проект, руб.

$$\tau = \frac{1420000}{226900 \cdot 130} = 0,48 \text{ года.}$$

Таблица 20 – Основные технико-экономические показатели проекта

| Показатели                   | Ед. изм.  | Вариант       |         | Результат сравнения |
|------------------------------|-----------|---------------|---------|---------------------|
|                              |           | Внедряемый    | Базовый |                     |
| Объем выпуска изделий        | шт./год   | 130           |         | -                   |
| Тип производства             |           | мелкосерийное |         | -                   |
| Зарплата основных рабочих    | руб./дет. | 385           | 25400   | меньше на 2155      |
| Штучно-калькуляционное время | мин.      | 13,2          | 87,0    | меньше на 74,8      |

## Продолжение таблицы 20

|  |      |          |         |                      |
|--|------|----------|---------|----------------------|
| Капитальные вложения                         | руб. | 1420000  | 3910000 | меньше на<br>2490000 |
| Технологическая себестоимость партии изделий | руб. | 36800    | 61900   | меньше на<br>25100   |
| Производственная себестоимость               | руб. | 62560    | 105230  | меньше на<br>42670   |
| Общехозяйственная себестоимость              | руб. | 93840    | 157845  | меньше на<br>64000   |
| Коммерческая себестоимость                   | руб. | 107916   | 181522  | меньше на<br>73606   |
| Договорная цена                              | руб. | 226900   |         |                      |
| Выручка от реализации                        | руб. | 29497000 |         |                      |

## 4. БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ

### 4.1 АНАЛИЗ ВОЗМОЖНЫХ ОПАСНЫХ И ВРЕДНЫХ ФАКТОРОВ, ВОЗНИКАЮЩИХ ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ ПРОЕКТИРУЕМОГО ОБЪЕКТА; МЕРЫ ЗАЩИТЫ РАБОТАЮЩИХ

Охрана труда – это система законодательных, социально-экономических организационных, технических, санитарно-гигиенических и лечебно профилактических мероприятий и средств, обеспечивающих безопасность сохранение здоровья и работоспособности человека в процессе труда.

Любая производственная деятельность сопровождается наличием опасных и вредных факторов. Опасным производственным фактором называется такой производственный фактор, воздействие которого на работающего в определенных условиях приводит к травме или к другому внезапному резкому ухудшению здоровья. Вредным производственным фактором называется такой производственный фактор, воздействие которого на работающего в определенных условиях приводит к заболеванию или снижению трудоспособности. Все опасные и вредные производственные факторы подразделяются на следующие группы:

- физические;
- химические;
- биологические;
- психофизиологические.

Все перечисленные группы факторов становятся вредными или опасными в условиях, характеризующих их свойствами особыми параметрами: скоростью температурой, массой, напряжением электрического тока.

Систему правовых норм, регулирующих деятельность по охране труда, составляют система стандартов безопасности труда (ССБТ), правила, нормы и инструкции по охране труда.

Система стандартов безопасности труда представляет собой комплекс взаимосвязанных стандартов, содержащих требования и нормы, направленные на обеспечение безопасности, сохранения здоровья и работоспособности человека в процессе труда.

Организация охраны труда на предприятии является одной из важнейших задач и обязанностей администрации, которая обязана обеспечить необходимым оборудованием все рабочие места и создать условия работы, соответствующие требованиям безопасности.

Согласно статье 61 «Основы законодательства о труде» рабочие обязаны соблюдать инструкции по охране труда, устанавливающие правила выполнения работ, обращения с оборудованием, машинами и механизмами, поведения в производственных помещениях и на открытых площадках, а также использования выдаваемых им средств защиты.

На станках с ЧПУ за счет более благоприятных условий, снижения физической и технической утомляемости работа полностью соответствует направлению на гармоничное слияние физического и умственного труда.

При работе на станках с ЧПУ из опасных и вредных факторов, воздействующих на человека, можно выделить следующие: опасность механического травмирования, поражения электрическим током, воздействие различных видов излучения, недопустимый уровень шума, недостаточную освещенность.

При работе на станках с ЧПУ станочники, для защиты их от воздействия опасных и вредных производственных факторов, должны быть обеспечены спецодеждой, спец. обувью и другими необходимыми средствами защиты. Спецодежду работающих в цехе следует периодически сдавать в стирку и хранить отдельно от верхней одежды.

Рабочее место должно быть организовано в соответствии с ГОСТ 12.2.033-88 и предусматривать специальные ограждения в виде различных се-

ток, решеток, защитных экранов. Они должны иметь такие размеры и быть установлены таким образом, чтобы исключить доступ человека в опасную зону.

Организация рабочего места и оборудования должна обеспечивать прямое и свободное положение корпуса тела работающего или наклон не более чем на 15°. Для более удобного подхода к столу станка должно быть обеспечено пространство размером не менее 150 мм по глубине, 150 мм по высоте и 530 мм по ширине.

Аварийные органы управления следует располагать в пределах зоны досягаемости моторного пространства, при этом нужно предусматривать специальные средства распознавания, самопроизвольного выключения в соответствии с ГОСТ 12.2.003-88.

#### 4.1.1. ШУМ

Увеличение мощностей промышленного оборудования и средств транспорта сопровождается значительным уровнем шума и вибрации, негативно влияющих на состояние здоровья работающих.

Шум – это сочетание звуков различной частоты и интенсивности. Длительное воздействие шума на организм человека приводит к частичной и полной потере слуха, а также поражению нервной системы.

Для снижения шума в производственных помещениях следует применять следующие меры:

- снижение звуковой мощности его источника (машины, установки, агрегата) – это достигается: улучшением конструкции машин и механизмов, заменой деталей из металлических материалов на пластмассовые, заменой

ударных технологических процессов на безударные, нанесением смазки на трущиеся детали и другие;

- изменение направленности излучения шума;
- уменьшение звуковой мощности по пути распространения шума

(звукоизоляция) – это достигается использованием звукоизолирующих ограждений, звукоизолирующих кабин и пультов управления, звукоизолирующих кожухов и акустических экранов.

В производственных помещениях уровень звука существенно повышается из-за отражения шума от строительных конструкций и оборудования. Для снижения уровня отраженного звука применяют специальную акустическую обработку помещения с использованием средств звукопоглощения, к которым относятся звукопоглощающие облицовки и штучные звукопоглотители.

Производственные зоны, где уровень шума выше 85 дБ, должны быть обозначены специальными знаками, а рабочие, работающие в этих зонах, должны применять средства индивидуальной защиты от шума. К ним относятся: противозумные вкладыши, которые вставляют в слуховой канал и перекрывают его. Они обеспечивают снижение уровня шума на 5-20дБ.; наушники – обеспечивают снижение шума на 7-47дБ.; и шлемы, их применяют при очень высоких уровнях шума (более 120дБ).

#### 4.1.2. ВИБРАЦИЯ

Вибрация – это совокупность механических колебаний упругих тел. Вибрацию вызывают неуравновешенные силовые воздействия, возникающие при работе различных машин и механизмов (ручные перфораторы, криво-

шипно-шатунные механизмы) и неуравновешенные вращающиеся механизмы (электродрели, ручные шлифовальные машины, металлообрабатывающие станки, вентиляторы).

Различают общую и местную вибрации. Общая вибрация действует на весь организм в целом, а местная – только на отдельные части его. Длительное воздействие вибрации приводит к профессиональному заболеванию – вибрационной болезни.

Основные методы защиты от вибрации делятся на две большие группы:

- снижение вибрации в источнике ее возникновения – для этого необходимо уменьшить действующие в системе переменные силы, что достигается заменой динамических технологических процессов статическими (например, ковку и штамповку заменяют прессованием).

- уменьшение параметров вибрации по пути ее распространения от источника – вибродемпфирование, что достигается использованием в конструкциях вибрирующих агрегатов специальных материалов (например, сплавов систем медь – никель, никель – титан), применением двухслойных материалов типа сталь – алюминий, сталь – медь.

Виброгашение колебаний достигается установкой вибрирующих машин и механизмов на прочные массивные фундаменты. Массу фундамента рассчитывают таким образом, чтобы амплитуда колебаний его подошвы была в пределах 0,1 -0,2 мм.

К средствам индивидуальной защиты от вибраций относятся специальные рукавицы, перчатки, виброзащитная обувь с прослойками из упруго-демпфирующих материалов (пластмассы, резины или войлока).



## 4.2. ПРОИЗВОДСТВЕННОЕ ОСВЕЩЕНИЕ

Производственное освещение – неотъемлемый элемент условий трудовой деятельности человека. При хорошей освещенности устраняется напряжение глаз, ускоряется темп работы и повышается качество труда.

Различают следующие виды производственного освещения: естественное, искусственное и совмещенное. Естественное освещение осуществляется за счет прямого и отраженного света неба (световые проемы окна в стенах и крышах зданий). Искусственное освещение осуществляется электрическими лампами или прожекторами. Оно может быть общим, местным или комбинированным. Если в светлое время суток уровень естественного освещения не соответствует нормам, то его дополняют искусственным. Такой вид освещения называют совмещенным.

По функциональному назначению различают следующие виды искусственного освещения: рабочее, аварийное, эвакуационное, охранное и дежурное. Для создания искусственного освещения применяются различные электрические источники света: лампы накаливания и разрядные источники света.

Для измерения освещенности в производственных помещениях применяют приборы – люксометры, а для измерения яркости – яркометр типа ФПЧ.

К средствам индивидуальной защиты органов зрения относятся различные защитные очки, щитки, шлемы.

#### 4.3. РАСЧЕТ ОСВЕЩЕННОСТИ НА ПРОЕКТИРУЕМОМ УЧАСТКЕ

Определяем число светильников ( ламп ), механического участка.

Размеры участка  $A \times B = 16 \times 10 = 160 \text{ м}^2$ .

Высота  $H = 6 \text{ м}$ .

Высота станка  $h_{\text{см}} = 2 \text{ м}$ .

Для механических участков характерны работы высокой точности (3-й разряд).

Минимальная освещенность  $E = 300 \text{ лк}$ .

Принимаем расстояние от светильника до потолка  $h_{\text{св}} = 1 \text{ м}$ , с учетом рекомендуемого значения  $h_{\text{св}} \leq 2 \text{ м}$ .

Определяем высоту подвеса светильников над рабочей поверхностью:

$h = H - (h_{\text{св}} + h_{\text{ст}}) = 3 \text{ м}$ .

Принимаем марку светильника ЛСП 01 с 2-мя лампами по 80 Вт. Из его характеристик выбираем значение  $\lambda_{\text{нв}} = 1,4$ .

Определим наивыгоднейшее расстояние между соседними рядами светильников:

$L_{\text{нв}} = \lambda_{\text{нв}} \times h = 4,2 \text{ м}$ .

Рассчитаем количество рядов светильников:

$$n_{\text{р}} = \frac{B}{L_{\text{нв}}} = 2,38$$

Принимаем  $n_{\text{р}} = 2$  ряда

Принимаем коэффициенты отражения  $p_{\text{н}} = 70\%$ ;  $p_{\text{ст}} = 50\%$ ;  $p_{\text{рп}} = 10\%$ .

Рассчитываем индекс помещения:

$$i = \frac{A \times B}{h \times (A + B)} = 2,05$$

Принимаем  $i = 2$

Принимаем из таблиц коэффициент использования  $\eta = 0,45$ .

Расчет освещенности по методу коэффициента использования:

$$F_p = \frac{E \times S \times z \times k_3}{n_e \times \eta} = 76266 \text{ лм.}$$

В светильнике типа ЛСП 01 можно применить люминесцентные лампы ЛХБ80-4 со световым потоком  $F_l = 4220$  лм.

Определим количество светильников в ряду:

$$n_a = \frac{F_p}{2F_l} = 9 \text{ шт.}$$

Длина светильника ЛСП 01  $L_{св} = 1536$  мм.

$1,536 \times 9 = 13,8$  м – светильники в ряду устанавливаются без разрыва.

Определяем освещенность создаваемую расчетным количеством светильников:

$$E_{расч} = \frac{F_a \times n_a \times n_e \times \eta \times n}{S \times z \times k_3} = 298 \text{ лк.}$$

Отклонение от нормы менее 1%.

Общее количество светильников типа ЛСП 01 = 18 шт.

#### 4.4. ОПТИМАЛЬНЫЕ ПАРАМЕТРЫ УСЛОВИЙ ТРУДА И СРЕДСТВА ИХ ОБЕСПЕЧЕНИЯ

ГОСТ 19609-88 определяет условия труда как совокупность факторов производственной среды, оказывающих влияние на здоровье и работоспособность человека в процессе труда.

Производственную среду подразделяют на физическую и социальную. К физической среде относятся санитарно-гигиенические условия, которые включают в себя:

- химический состав воздушной среды;

- микроклимат;
- уровень шума и вибрации;
- уровень запыленности и характеристики пыли;
- освещенность.

Таблица 21 – Санитарно-гигиенические требования, предъявляемые к условиям труда

| Факторы производственной среды  | Нормируемые параметры и единицы их измерения                                    | Рекомендуемые значения параметров | Нормативный документ |
|---|---|-----------------------------------|----------------------|
| Микроклимат   | Температура, °С<br>Относительная влажность, %<br>Скорость движения воздуха, м/с | 18-20<br>40-60<br>менее 0,2       | ГОСТ 12.1.005-88     |
| Загрязненность воздуха:<br>- окись углекислоты;<br>- углеводород;<br>- абразивная пыль; | ПДК, мг/м <sup>3</sup>  | 20<br>300<br>1                    | ГОСТ 12.1.005-88     |
| Освещение рабочих мест:<br>- естественное;<br>- искусственное;                          | Коэффициент естественного освещения, %<br>Освещенность, лк                      | 7<br>500                          | СНиП 23-05-95        |
| Шум   | Уровень звука, дБА<br>Предельный спектр   | 85<br>80                          | ГОСТ 12.1.003-83     |

|                        |   |            |                  |
|------------------------|---|------------|------------------|
| Вибрация               | Уровень общей<br>вибрации, дБ               | 92         | ГОСТ 12.1.012-91 |
|                        | Уровень местной<br>вибрации, дБ             | 114        |                  |
| Тепловое излучение     | Интенсивность излучения, Вт/см <sup>2</sup> | Менее 350  | ГОСТ 12.1.005-88 |
| Ионизирующие излучения | Эффективная доза<br>м <sup>3</sup> в/год    | 0,005-0,03 | НРБ-96           |

#### 4.5. ПОЖАРНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ В МЕХАНИЧЕСКИХ ЦЕХАХ

При механической обработке деталей могут создаваться условия для возникновения пожара. Источником пожара может являться электрооборудование. Опасность возникновения пожаров на предприятиях со взрыво и пожароопасной технологиями образуется вследствие истечения газообразных или сжиженных углеводородных продуктов, при перемешивании которых с воздухом, образуются взрыво и пожароопасные смеси таких газов как пропилен, метан, пропан, бутан, этилен, бутилен и др. Взрыв или возгорание наступает при определенном содержании газа в воздухе и приводит к разрушению и повреждению зданий, сооружений, технологических установок, емкостей и трубопроводов.

Пожарная безопасность механического производства относится к категории "Д".

Производственные помещения, в которых осуществляются процессы работы резанием, должны соответствовать требованиям СНиП II-2-80; СНиП II-89-80, санитарных норм проектирования промышленных предприятий СН 245-71. Все помещения должны быть оборудованы средствами пожаротушения по ГОСТ 12.4.009-83.

Для устранения случайно возникшего пожара должен быть оборудован пожарный пост с ручными огнетушителями ОХП-10 и ОУ-8 – по одному. В цехе должны быть предусмотрены выходы, проходы, проезды в соответствии с нормами пожарной безопасности. Должен быть разработан план эвакуации людей в случае возникновения пожара. Должны быть созданы добровольные пожарные дружины, составлены инструкции по пожарной безопасности. На территории цеха должны быть отведены специальные места для курения.

Мероприятия по обеспечению пожаробезопасности производственных процессов определены ГОСТ 12.1.004-74, взрывобезопасности ГОСТ 12.1.010-76.

Периодически должен проводиться инструктаж. Инженерно-технические работники, ответственные за проведение процесс обработки резанием (мастера, технологи, старшие мастера, заместители начальников цехов и начальники цехов), при назначении на должность должны проходить проверку знаний правил, норм и стандартов пожарной безопасности в соответствии с их должностными обязанностями.

#### 4.6. ЗАЩИТА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ ОТ МАСЕЛ И СОТС

Механическая обработка металлов на станках сопровождается выделением пыли, туманов масел и эмульсий, которые через вентиляционную

систему выбрасываются из помещений, а также стружки, которую необходимо своевременно удалять из зоны резания и собирать ее в специальные контейнеры. Стружку от металлорежущих станков следует убирать механизированными способами, конвейерами различной модификации (одновинтовыми, двухвинтовыми, пневматическими, скребковыми). Стружку и отходы титановых сплавов необходимо собирать в специальную тару с надписью «отходы титана». Стружку и отходы магниевых сплавов необходимо собирать в специальную тару, установленную на расстоянии 3-4 метра от металлорежущих станков и имеющих надпись «отходы магния».

Мелкая масляная стружка и пыль титана и его сплавов сжигается или подлежит захоронению на специально отведенных для этого площадках. Крупная стружка сортируется, брикетируется и отправляется на переплавку на металлургические заводы, что тем самым уменьшает потребность в добыче соответствующих ископаемых и образование новых хранилищ отходов.

Наиболее активной формой защиты окружающей среды от вредного воздействия выбросов промышленных предприятий является полный переход к безотходным и малоотходным технологиям и производствам, что возможно при совершенствовании технологических процессов и разработке нового оборудования с меньшим уровнем выбросов примесей и отходов в окружающую среду, замене токсичных отходов на нетоксичные, не утилизируемых на утилизируемые.

Важная роль в защите окружающей среды отводится мероприятиям по рациональному размещению источников загрязнений:

- вынесение промышленных предприятий из крупных городов в малонаселенные районы с непригодными для сельскохозяйственного использования землями;
- оптимальное расположение промышленных предприятий с учетом топографии местности и розы ветров;

- установление санитарно-защитных зон вокруг промышленных предприятий;
- рациональная планировка городской застройки, обеспечивающая оптимальные экологические условия для человека и растений.

#### 4.7. РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ УСТОЙЧИВОЙ РАБОТЫ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ В УСЛОВИЯХ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ

Большую опасность представляют техногенные катастрофы, которые возникают вследствие нарушения технологического процесса или внезапного выхода из строя машин, механизмов и технических устройств во время их эксплуатации.

Причинами техногенных катастроф могут быть внешние по отношению к инженерной системе воздействия – стихийные бедствия, диверсионные акции.

Устойчивость работы объектов народного хозяйства в чрезвычайных ситуациях определяется их способностью выполнять свои функции в этих условиях. Промышленные предприятия должны сохранять способность выпускать продукцию, для этого проводят комплекс инженерно-технических, организационных и других мероприятий, направленных на защиту персонала от воздействия опасных и вредных факторов, возникающих при развитии чрезвычайной ситуации, а также населения, проживающего вблизи объекта.

Кроме того, проводится анализ уязвимости объекта, разрабатываются мероприятия по повышению устойчивости объекта и его подготовке в случае повреждения к восстановлению.



Должна быть подготовлена система оповещения персонала и населения, персонал объекта должен быть обучен выполнению конкретных работ по ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций в очаге поражения.

Для повышения устойчивости объекта в чрезвычайных ситуациях необходимо рассмотреть возможность изменения технологии, снижения мощности производства, а также его переключения на производство другой продукции.

Современный типовой комплекс промышленного предприятия включает в себя здания и сооружения, в которых размещаются производственные цеха, станочное и технологическое оборудование, сооружения энергетического хозяйства, инженерные и топливные коммуникации и т.д. Весьма опасным для этих сооружений является воздействие ударных волн, которые могут вызвать их повреждения.

Основным средством повышения устойчивости сооружений от воздействий ударной волны является повышение прочности и жесткости конструкций.

#### 4.8. ПРАВИЛА ПОВЕДЕНИЯ И ДЕЙСТВИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ПЕРСОНАЛА ПРИ ПОЖАРЕ

При пожаре надо опасаться высокой температуры, задымленности и загазованности, обрушений конструкций зданий, взрывов технологического оборудования и приборов. Опасно входить в зону задымления, если видимость менее 10 м.

При спасении пострадавших из горящих зданий и при тушении пожаров нужно соблюдать следующие правила:

- прежде чем войти в горящее помещение, накрыться с головой мокрым покрывалом, пальто, плащом или куском плотной ткани;
- дверь в задымленное помещение открывать осторожно, чтобы избежать вспышки пламени от быстрого притока свежего воздуха;
- в сильно задымленном помещении двигаться ползком, или пригнувшись;
- для защиты от угарного газа дышать через увлажненную ткань;
- если загорелась одежда, лечь на землю и, перекатываясь, сбить пламя, бежать нельзя – это еще больше раздует пламя;
- увидев человека в горячей одежде, набросить на него пальто, плащ или какое-нибудь покрывало и плотно прижать. На место ожогов наложить повязки и отправить пострадавшего в ближайший медицинский пункт;
- при тушении пожара использовать огнетушители, пожарные краны, а также воду, песок, землю, покрывала и другие средства;
- огнегасящие вещества направлять в место наиболее интенсивного горения и не на пламя, а на горящую поверхность;
- если горит вертикальная поверхность, воду подавать в ее верхнюю часть;
- в задымленном помещении применять распыленную струю, что способствует осаждению дыма и снижению температуры;
- горючие жидкости тушить пенообразующими составами, засыпать песком или землей, а также накрывать небольшие очаги покрывалом, одеждой, брезентом и т.п.;
- если горит электропроводка, сначала вывернуть пробки или выключить рубильник, а потом приступать к тушению;
- выходить из зоны пожара в наветренную сторону, то есть откуда дует ветер.

## **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

В процессе выполнения дипломного проекта был разработан технологический процесс обработки детали «Колонна» для мелкосерийного производства. Маршрут технологического процесса был выбран оптимальным, с учетом серийности, а также экономически обоснован. Были рассчитаны режимы резания приемлемые для данного оборудования инструмента и оснастки. Также были разработаны конструкции контрольно-измерительного и станочных приспособлений. В зависимости от условий реального производства маршрут технологического процесса может быть подвергнут незначительным изменениям, исходя из наличия оборудования, его загруженности, а также появления новых методов механической обработки.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Курсовое проектирование: Метод. Указания для спец-тей 1201 - СПб.: ПИМаш 1997.
2. Горбачевич А.Ф., Шкред В.А. Курсовое проектирование по технологии машиностроения: учебное пособие для машиностроит. спец-тей вузов. – Минск. 1983.
3. Справочник технолога-машиностроителя. В 2-х т./ Под ред. Косиловой А.Г. и Мещерякова Р.К.- 4-е изд. – М.: Машиностроение, 1985.
4. Горошкин А. К. Приспособления для металлорежущих станков: Справочник.-7-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1979.
5. Дьячков В. Б. и др. Специальные металлорежущие станки общемашиностроительного применения: Справочник. – М.: Машиностроение, 1983.
6. Справочник инструментальщика./Под ред. Ординарцева И. А. – Л.: Машиностроение. Ленингр. отд-ние, 1987.
7. Справочник металлиста. В 5-и т./ Под ред. Ачеркана Н.С. – М.: МАШГИЗ, 1958.
8. Металлорежущие станки, выпускаемые предприятиями министерства станкостроительной и инструментальной промышленности СССР в1988-1989гг.: Номенклатурный каталог./М.: ВНИИТЭМР, 1988.
9. Металлорежущие станки с числовым программным управлением.: Каталог./ М.: ВНИИТЭМР, 1988.
10. Расчет точности станочных приспособлений: Учеб. пособие./ СПб.: ПИМаш 2002.
11. Расчет и проектирование зажимных устройств приспособлений: Учеб. пособие./ СПб.: ПИМаш 2004.
12. Расчет и проектирование приспособлений: Учеб. пособие./ Зубарев Ю.М. – СПб.: ПИМаш 1993.

13. Экономические расчеты в курсовых и дипломных проектах по технологическим специальностям: Учеб. пособие./ Белов А.М., Добрин Г.Н. Зубарев Ю.М. – СПб.: ПИМаш 1999.

14. Экономика и организация производства в дипломных проектах: Учеб. пособие./ Великанов К.М. и др. . – Л.: Машиностроение. Ленингр. отделение, 1986.

15. Экономика и организация производства в дипломных проектах: Учеб. пособие./ Геворкян М.А. – М.: Машиностроение, 1982.

16. Безопасность производственных процессов. Справочник. Под редак. проф. С.В. Белова – М.: Машиностроение, 1985 г.

17. Скалкин Ф.В., Канаев А.А., Копп И.З. “Энергетика и окружающая среда”,- Л.: Энергия, 1989 г.

18. Цветкова Л.И., Алексеев М.И. и др. “Экология”. С-Пб.: Химия, 1999 г.

## **ПРИЛОЖЕНИЕ**

Комплект технологической документации