



Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ТПУ)

Школа Инженерная школа новых производственных технологий
Направление подготовки 15.03.01 Машиностроение
ООП/ОПОП Оборудование и высокоэффективные технологии в автоматизированном
машиностроительном производстве
Отделение школы (НОЦ) отделение машиностроения

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА БАКАЛАВРА

| Тема работы |
|---|
| Технологическая подготовка производства детали «Куб» на станках с ЧПУ |

УДК 621.81-2-043.61

Обучающийся

| Группа | ФИО | Подпись | Дата |
|--------|------------|---------|------|
| 154A91 | Эньцзе Ван | | |

Руководитель ВКР

| Должность | ФИО | Ученая степень, звание | Подпись | Дата |
|--|------------------------------------|---------------------------|---------|------|
| Заведующий кафедрой - руководитель отделения машиностроения | Моховиков Алексей Александрович | К.Т.Н., доцент | | |

Консультант (при наличии)

| Должность | ФИО | Ученая степень, звание | Подпись | Дата |
|-----------|-----|---------------------------|---------|------|
| | | | | |

КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

| Должность | ФИО | Ученая степень, звание | Подпись | Дата |
|-----------|--------------------------|---------------------------|---------|------|
| Доцент | Кашук Ирина Вадимовна | К.Т.Н., доцент | | |

По разделу «Социальная ответственность»

| Должность | ФИО | Ученая степень, звание | Подпись | Дата |
|--------------------------|--------------------------------|---------------------------|---------|------|
| Старший преподаватель | Черемискина Мария Сергеевна | - | | |

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

| Руководитель ООП/ОПОП, должность | ФИО | Ученая степень, звание | Подпись | Дата |
|-------------------------------------|-----------------|---------------------------|---------|------|
| Доцент | Ефременков Е.А. | К.Т.Н., доцент | | |

ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОСВОЕНИЯ ООП/ОПОП
Оборудование и высокоэффективные технологии в автоматизированном
машиностроительном производстве

| Код компетенции | Наименование компетенции |
|---|---|
| Универсальные компетенции | |
| УК(У)-1 | Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач |
| УК(У)-2 | Способен определять круг задач в рамках поставленной цели и выбирать оптимальные способы их решения, исходя из действующих правовых норм, имеющихся ресурсов и ограничений |
| УК(У)-3 | Способен осуществлять социальное взаимодействие и реализовывать свою роль в команде |
| УК(У)-4 | Способен осуществлять деловую коммуникацию в устной и письменной формах на государственном языке Российской Федерации и иностранном(-ых) языке(-ах) |
| УК(У)-5 | Способен воспринимать межкультурное разнообразие общества в социально- историческом, этическом и философском контекстах |
| УК(У)-6 | Способен управлять своим временем, выстраивать и реализовывать траекторию саморазвития на основе принципов образования в течение всей жизни |
| УК(У)-7 | Способен поддерживать должный уровень физической подготовленности для обеспечения полноценной социальной и профессиональной деятельности |
| УК(У)-8 | Способен создавать и поддерживать безопасные условия жизнедеятельности, в том числе при возникновении чрезвычайных ситуаций |
| УК(У)-9 | Способен проявлять предприимчивость в профессиональной деятельности, в т.ч. в рамках разработки коммерчески перспективного продукта на основе научно-технической идеи |
| Общепрофессиональные компетенции | |
| ОПК(У)-1 | Умеет использовать основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности, применять методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования |
| ОПК(У)-2 | Осознает сущности и значения информации в развитии современного общества |
| ОПК(У)-3 | Владеет основными методами, способами и средствами получения, хранения, переработки информации |
| ОПК(У)-4 | Способен решать стандартные задачи профессиональной деятельности на основе информационной и библиографической культуры с применением информационно-коммуникационных технологий и с учетом основных требований информационной безопасности |
| ДОПК(У)-1 | Способен разрабатывать и оформлять конструкторскую документацию в соответствии со стандартами и с учетом технических и эксплуатационных характеристик деталей и узлов изделий |
| Профессиональные компетенции | |
| ПК(У)-1 | Способен обеспечивать технологичность изделий и процессов их изготовления; умением контролировать соблюдение технологической дисциплины при изготовлении изделий |

| | |
|-----------------|---|
| ПК(У)-2 | Способен разрабатывать технологическую и производственную документацию с использованием современных инструментальных средств |
| ПК(У)-3 | Способен обеспечивать техническое оснащение рабочих мест с размещением технологического оборудования; умением осваивать вводимое оборудование |
| ПК(У)-4 | Способен участвовать в работах по доводке и освоению технологических процессов в ходе подготовки производства новой продукции, проверять качество монтажа и наладки при испытаниях и сдаче в эксплуатацию новых образцов изделий, узлов и деталей выпускаемой продукции |
| ПК(У)-5 | Умеет проверять техническое состояние и остаточный ресурс технологического оборудования, организовывать профилактический осмотр и текущий ремонт оборудования |
| ПК(У)-6 | Умеет проводить мероприятия по профилактике производственного травматизма и профессиональных заболеваний, контролировать соблюдение экологической безопасности проводимых работ |
| ПК(У)-7 | Умеет выбирать основные и вспомогательные материалы и способы реализации основных технологических процессов и применять прогрессивные методы эксплуатации технологического оборудования при изготовлении изделий машиностроения |
| ПК(У)-8 | Умеет применять методы стандартных испытаний по определению физико-механических свойств и технологических показателей используемых материалов и готовых изделий |
| ПК(У)-9 | Способен к метрологическому обеспечению технологических процессов, к использованию типовых методов контроля качества выпускаемой продукции |
| ПК(У)-10 | Умеет учитывать технические и эксплуатационные параметры деталей и узлов изделий машиностроения при их проектировании |
| ПК(У)-11 | Умеет использовать стандартные средства автоматизации при проектировании деталей и узлов машиностроительных конструкций в соответствии с техническими заданиями |
| ПК(У)-12 | Способен оформлять законченные конструкторские документы в соответствии со стандартов, техническим условиям и другим нормативным документам |
| ПК(У)-16 | Способен к систематическому изучению научно-технической информации, отечественного и зарубежного опыта по соответствующему профилю подготовки |
| ПК(У)-17 | Умеет обеспечивать моделирование технических объектов и технологических процессов с использованием стандартных пакетов и средств автоматизированного проектирования, проводить эксперименты по заданным методикам с обработкой и анализом результатов |

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
 федеральное государственное автономное
 образовательное учреждение высшего образования
 «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ТПУ)

Школа Инженерная школа новых производственных технологий
 Направление подготовки (ООП/ОПОП) 15.03.01 Машиностроение
 Отделение школы (НОЦ) отделение машиностроения

УТВЕРЖДАЮ:
 Руководитель ООП/ОПОП
 _____ Ефременков Е.А.
 (Подпись) (Дата) (ФИО)

ЗАДАНИЕ на выполнение выпускной квалификационной работы

Обучающийся:

| Группа | ФИО |
|--------|------------|
| 154A91 | Эньцзе Ван |

Тема работы:

| | |
|---|---------------------|
| Технологическая подготовка производства детали «Куб» на станках с ЧПУ | |
| Утверждена приказом директора (дата, номер) | 03.02.2023 №34-94/с |

| | |
|--|------------|
| Срок сдачи обучающимся выполненной работы: | 05.06.2023 |
|--|------------|

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

| | |
|--|--|
| <p>Исходные данные к работе <i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к функционированию (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.)</i></p> | <ol style="list-style-type: none"> 1. <i>Чертёж детали “Куб”;</i> 2. <i>Тип производства – мелкосерийное.</i> |
| <p>Перечень разделов пояснительной записки подлежащих исследованию, проектированию и разработке <i>(аналитический обзор литературных источников с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе)</i></p> | <ol style="list-style-type: none"> 1. <i>Технологическая подготовка производства детали “Куб”;</i> |
| <p>Перечень графического материала <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i></p> | <ol style="list-style-type: none"> 1. <i>Чертёж детали;</i> 2. <i>Комплект технологической документации;</i> 3. <i>Карты наладки;</i> |

| | |
|--|--|
| | 4. Сборочный чертёж специального приспособления; 5. Спецификация к специальному приспособлению. |
|--|--|

Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы

(с указанием разделов)

| Раздел | Консультант |
|---|-------------------|
| «Социальная ответственность» | Черемискина М. С. |
| «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» | Кашук И.В. |
| | |
| | |

| | |
|---|------------|
| Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику | 30.11.2022 |
|---|------------|

Задание выдал руководитель / консультант (при наличии):

| Должность | ФИО | Ученая степень, звание | Подпись | Дата |
|---|---------------------------------|------------------------|---------|------|
| Заведующий кафедрой - руководитель отделения машиностроения | Моховиков Алексей Александрович | К.Т.Н., доцент | | |
| | | | | |

Задание принял к исполнению обучающийся:

| Группа | ФИО | Подпись | Дата |
|--------|------------|---------|------|
| 154A91 | Эньцзе Ван | | |

Реферат

Выпускная квалификационная работа содержит 88 страниц, 10 рисунков, 20 таблиц, 9 источников, 2 приложения.

Ключевые слова: технологическая подготовка производства, технологический процесс, числовое программное управление, управляющая программа, средства технологического оснащения.

Цель работы – Технологическая подготовка производства изготовления детали «Куб».

В процессе выполнения работы были рассмотрены следующие разделы: Технологическая подготовка производства; Проектирование технологического процесса изготовления детали; Социальная ответственность, Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение.

В разделе «Проектирование технологического маршрута» были рассмотрены следующие этапы: анализ технологичности и конструкции детали; способ получения заготовки; проектирование технологического маршрута; выбор средств технологического оснащения; расчет припусков на обработку; нормирование технологического процесса; размерный анализ технологического процесса.

Содержание

| | |
|---|----|
| ВВЕДЕНИЕ | 9 |
| 1. Анализ технологичности и конструкции детали | 10 |
| 1.1 Анализ технологичности конструкции детали | 10 |
| 1.2 Обеспечение эксплуатационных свойств детали..... | 12 |
| 1.3 Способ получения заготовки | 16 |
| 2 Проектирование технологического маршрута..... | 19 |
| 2.1 Проектирование технологического маршрута | 19 |
| 2.2 Расчет припусков на обработку | 20 |
| 3 Проектирование технологических операций | 25 |
| 3.1 Уточнение технологических баз и схемы закрепления заготовки..... | 25 |
| 3.2 Уточнение содержания переходов | 25 |
| 3.3 Выбор средств технологического оснащения..... | 29 |
| 4 Нормирование технологического процесса | 34 |
| 4.1 Выбор и расчет режимов резания..... | 34 |
| 4.2 Нормирование технологических переходов..... | 53 |
| 4.3 Разработка управляющих программ (УП) для станков с ЧПУ | 56 |
| 5 Анализ разработанного технологического процесса | 64 |
| 5.1 Размерный анализ технологического процесса | 64 |
| 6 Обоснование выбора приспособления..... | 75 |
| 6.1 Обоснование выбора схемы приспособления..... | 75 |
| 6.2 Расчет точности выполнения служебных функций..... | 76 |
| 7 Обоснование и выбор приводов и элементов системы управления | 83 |
| 7.1 Обоснование и выбор приводов и элементов системы управления | 83 |
| ЗАКЛЮЧЕНИЕ | 88 |

| | |
|--|-----------|
| СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ | 136 |
| Приложение А | 错误!未定义书签。 |
| Приложение В..... | 错误!未定义书签。 |

ВВЕДЕНИЕ

В современных условиях хозяйствования, когда взят курс на импорт замещение широкого спектра продукции, производственная система каждого промпредприятия требует совершенствования.

Увеличивая доли автоматизации технологических процессов в производстве позволяет использовать меньшее количество работников в производственном процессе и улучшить условия их труда.

Освоение новой продукции, внедрение нового оборудования, технологических приемов, напрямую связано с технической подготовкой производства.

Техническая подготовка производства обеспечивает необходимую готовность к выпуску продукции надлежащего качества нужного объема.

В рамках данного курсового проекта разрабатываются такие элементы технической подготовки производства как: отработка конструкции изделия на технологичность; разработка технологического процесса; проектирование технологического оснащения и технологической оснастки.

Цель курсового проекта состоит в разработке технологического процесса изготовления детали «Куб» с применением гибкой производственной системы.

Актуальность курсового проекта заключается в обеспечении высокого качества исследуемой детали с использованием современного технологического оборудования и автоматизированных устройств.

1. Анализ технологичности и конструкции детали

1.1 Анализ технологичности конструкции детали

В данной работе требуется разработать технологический процесс изготовления детали «Куб» (рисунок 1).

Изготавливаемая деталь является цельной деталью, заменить её сборной конструкцией не целесообразно. Чертеж детали имеет все необходимые виды, разрезы, сечения, имеет всю информацию для ее изготовления.

На каждой поверхности указана шероховатость, которая соответствует точности размеров этих поверхностей.

Данная деталь «Куб» имеет габариты 160x160мм. Общая шероховатость детали Ra 6,3 мкм. Деталь относится к классу корпусов, имеет ось симметрии. Масса детали 17 кг. Изготовлена деталь из стали 40Х ГОСТ 4543-2016.

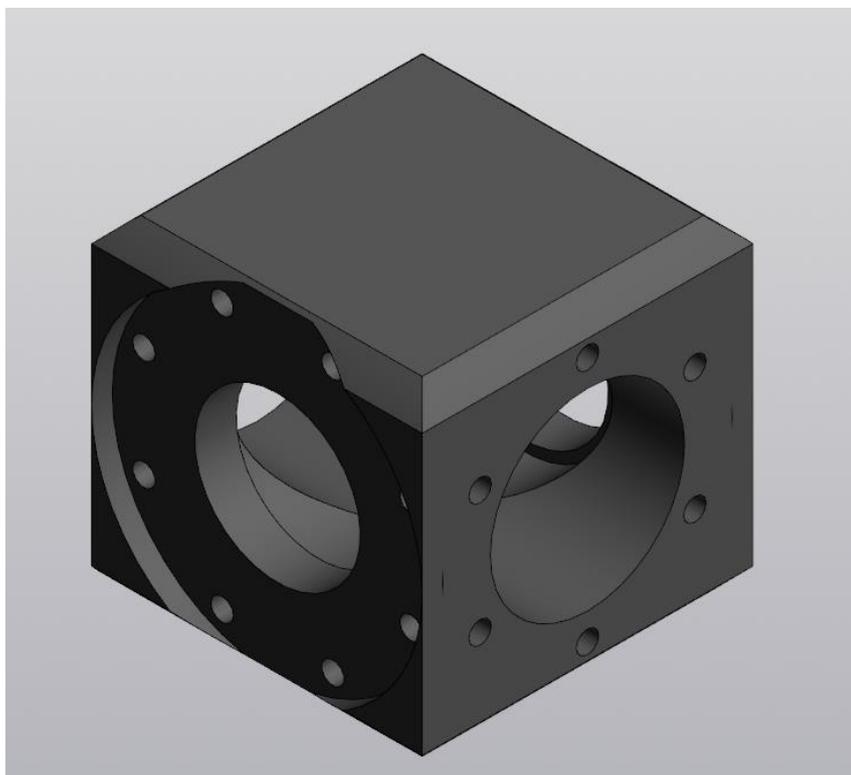


Рисунок 1 – Деталь «Куб»

На деталь установлены следующие технические требования:

- размеры для справок;
- острые кромки притупить;
- неуказанные предельные отклонения размеров по Н14, h14, ±Т14/2.

Деталь «Куб» изготовлена из стали 40Х ГОСТ 4543-2016, для достижения лучших качеств детали и увеличения сроков эксплуатации, в таблицах 1, 2 приведен химический состав и механические свойства.

Таблица 1 – Химический состав стали 40Х ГОСТ 4543-2016

| C | Si | Mn | Ni | S | P | Cr | Cu |
|----------------|----------------|--------------|--------|----------|----------|--------------|--------|
| 0.36 - 0.44 | 0.17 - 0.37 | 0.5 - 0.8 | до 0.3 | до 0.035 | до 0.035 | 0.8 - 1.1 | до 0.3 |

Таблица 2 – Механические свойства стали 40Х ГОСТ 4543-2016

| Сортамент | Размер | Напр. | σ_B | σ_T | δ_5 | ψ | KCU | Термообр. |
|--------------------------------------|--------|-------|------------|------------|------------|--------|----------------------|---|
| - | мм | - | МПа | МПа | % | % | кДж / м ² | - |
| Трубы, ГОСТ 8731-87 | | | 657 | | 9 | | | |
| Трубы холоднодеформир., ГОСТ 8733-74 | | | 618 | | 14 | | | |
| Прутки, ГОСТ 4543-71 | Ø 25 | | 980 | 785 | 10 | 45 | 590 | Закалка 860°С, масло, отпуск 500°С, вода, |

При анализе конструкции детали «Куб» видно, что она представляет собой деталь относящемуся классу корпусов.

Деталь имеет достаточно простую конструкцию. Обеспечивается свободный доступ инструмента ко всем обрабатываемым поверхностям. Деталь имеет совокупность поверхностей, которые могут быть использованы в качестве технологических баз.

Чертеж детали имеет все необходимые виды, разрезы, сечения, имеет всю информацию для ее изготовления. На каждой поверхности указана шероховатость, которая соответствует точности размеров этих поверхностей.

Деталь имеет симметричные по конструкции торцевые части, представленные в виде квадрата стороной 160мм. Деталь имеет точные цилиндрические поверхности с размерами $\varnothing 90H7\text{мм}$, $\varnothing 94H7\text{мм}$, с шероховатостью Ra3,2мкм, что предполагает наличие чистовой обработки. Так же деталь имеет 28 резьбовых отверстий M12-7H мм с шероховатостью Ra3,2мкм.

Анализ конструкции детали показывает, что выполняются следующие требования по технологичности обработки:

- нормальный вход и выход режущего инструмента;
- возможность простого и надежного закрепления;
- достаточно высокая жесткость;
- поверхности соответствуют по форме и размерам стандартному инструменту;
- свободный доступ к обрабатываемым поверхностям.

1.2 Обеспечение эксплуатационных свойств детали

Анализ элементарных поверхностей, подвергаемых механической обработке, представлен в таблице 3. На рисунке 2 изображен эскиз детали с нумерацией элементарных поверхностей.

Таблица 3 – Классификация поверхностей детали

| Номер поверхности | Геометрическая форма | Размер | Точность | Шероховатость Ra, мкм | Количество |
|-------------------|---------------------------------------|--------|----------|-----------------------|------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| 1 | Плоская поверхность | 160 | h14 | 6,3 | 1 |
| 2 | Плоская поверхность | 160 | h14 | 6,3 | 1 |
| 3 | Плоская поверхность | 160 | h14 | 6,3 | 1 |
| 4 | Плоская поверхность | 160 | h14 | 6,3 | 1 |
| 5 | Плоская поверхность | 160 | h14 | 6,3 | 1 |
| 6 | Плоская поверхность | 160 | h14 | 6,3 | 1 |
| 7 | Внутренняя цилиндрическая поверхность | Ø160 | H14 | 6,3 | 1 |
| 8 | Внутренняя цилиндрическая поверхность | Ø90 | H7 | 3,2 | 1 |
| 9 | Внутренняя цилиндрическая поверхность | Ø94 | H14 | 6,3 | 1 |
| 10 | Торец | 10 | H14 | 6,3 | 1 |
| 11 | Торец | 30 | H14 | 6,3 | 1 |
| 12 | Внутренняя цилиндрическая поверхность | Ø160 | H14 | 6,3 | 1 |
| 13 | Внутренняя цилиндрическая поверхность | Ø94 | H7 | 3,2 | 1 |
| 14 | Рельбовое отверстие | M12 | 7H | 3,2 | 28 |

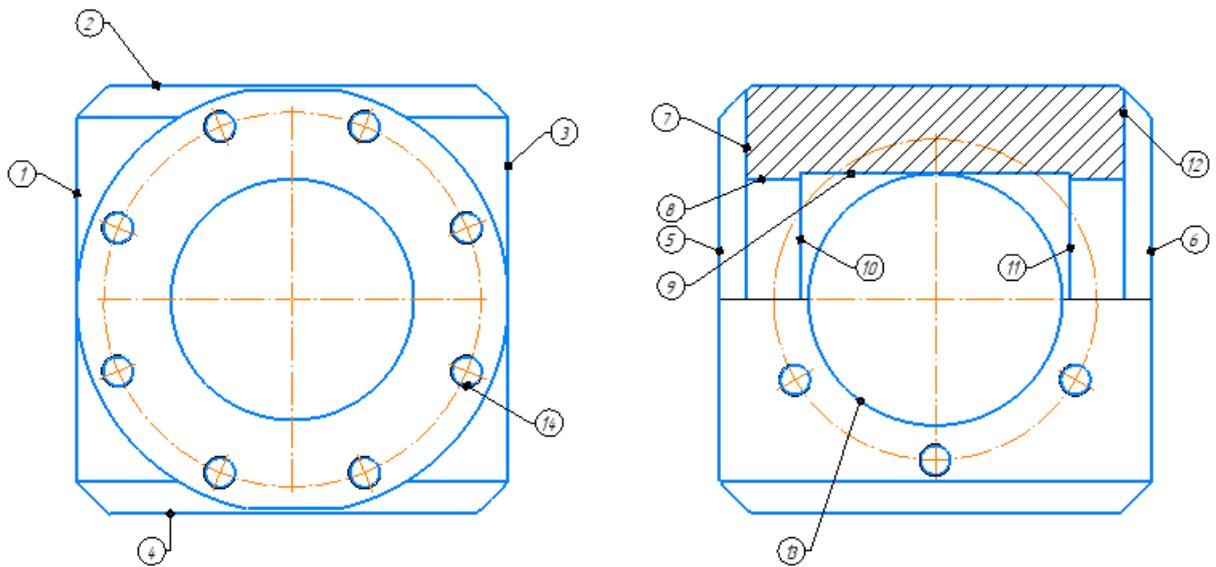


Рисунок 2 – Эскиз детали с нумерацией элементарных поверхностей

В машиностроении условно различают три типа производства: массовое, серийное и единичное.

Тип производства согласно ГОСТ 3.1108-74 характеризуется коэффициентом закрепления операций за одним рабочим местом или единицей оборудования.

В зависимости от годового объёма выпуска и массы детали тип производства можно определить табличным методом.

При данной массе детали и объёму годового выпуска производство можно определить предварительно по таблице 4.

Таблица 4 – Типы производства

| Тип производства | Годовая программа выпуска | | |
|------------------|---------------------------|--------------------|--------------------|
| | лёгкие, до 20 кг | средние, 20-300 кг | тяжелые, свыше 300 |
| Единичное | до 100 | 1...10 | 1...5 |
| Мелкосерийное | 101...500 | 11...200 | 6...100 |
| Среднесерийное | 501...5000 | 201...1000 | 101...300 |
| Крупносерийное | 5001...50000 | 1001...5000 | 301...1000 |
| Массовое | свыше 50000 | свыше 5000 | свыше 1000 |

N - годовой объем выпуска деталей, по заданию N=1000 шт., масса детали составляет 17 кг. Следовательно, тип производства – среднесерийный.

Величина производственной партии n, шт., определяется по формуле

$$n = \frac{N \cdot a}{\Phi_{р.д}}$$

где N - годовой объем выпуска деталей, по заданию N=1000шт.;

a - число дней, на которые необходимо иметь запас деталей;

a = 2...5 дней – для крупных деталей;

a = 3...15 дней – для средних деталей;

a = 10... 30 дней – для мелких деталей;

принято a = 15.

$\Phi_{р.д}$ – число рабочих дней в году (247 рабочих дней).

$$n = \frac{1000 \cdot 15}{247} = 61 \text{ шт.}$$

Таблица 5 – Характеристика среднесерийного производства

| | |
|--------------------------------------|--|
| Фактор | Среднесерийное производство |
| Номенклатура | Ограниченная номенклатура изделий |
| Повторяемость выпуска | Постоянно повторяется |
| Применяемое оборудование | Используется универсальное, специальное и частично специализированное оборудование |
| Расположение оборудования | Цепное |
| Разработка технологического процесса | Поддетально-пооперационная |
| Применяемый инструмент | Преимущественно стандартный, частично специальный |
| Закрепление деталей | На каждом станке выполняется одна и та же операция над одной деталью |
| Квалификация рабочих | В основном невысокая, но имеются рабочие высокой квалификации (наладчики, инструментальщики) |

1.3 Способ получения заготовки

Выбор заготовки для дальнейшей механической обработки является одним из важнейших этапов проектирования технологического процесса изготовления детали.

На выбор заготовки влияют следующие факторы:

- материал - сталь 40Х ГОСТ 4543-2016;
- тип производства – среднесерийное производство;
- тип детали – корпусная деталь;
- размеры детали и оборудования, на котором она изготавливается;
- экономичность изготовления заготовки.

Для данной детали, исходя из её формы, размеров и материала, возможно использование таких методов получения заготовки, какковка, штамповка и прокат. Предпочтение тому или иному способу получения заготовки будем отдавать на основании коэффициента использования материала.

Предпочтение тому или иному способу получения заготовки будем отдавать на основании коэффициента использования материала.

Предпочтение тому или иному способу получения заготовки будем отдавать на основании коэффициента использования материала.

Масса заготовки считается по формуле:

$$M_3 = \frac{\pi \cdot (D^2 \cdot l)}{4} \rho,$$

Определим массу заготовки, полученной из круглого проката Ø210мм длиной 165мм:

$$M_3 = \frac{\pi \cdot D^2 \cdot l}{4} \rho = \frac{3,14 \cdot 0,21^2 \cdot 0,165}{4} \cdot 7825 = 44,7 \text{ кг}$$

Коэффициент использования тогда равен:

$$K_{и.м.} = \frac{M_{дет.}}{M_{заг.}} = \frac{17}{44,4} = 0,4$$

Определим массу заготовки, полученной штамповкой на КГШП:

Расчетная масса штамповки: $M_p = M_d \cdot k$

где M_d – масса детали, k - расчётный коэффициент, $k=1,4$

$$M_p = 1,4 \cdot 17 = 23,8 \text{ кг}$$

Коэффициент использования металла:

$$K_{и.м.} = \frac{M_{дет.}}{M_{штамп.}} = \frac{17}{23,8} = 0,71$$

В данном случае рационально применение горячекатаного прямоугольного проката, т.к. серийность производства не окупает затраты на изготовление штампов несмотря на то, что заготовки имеют меньшие припуски на обработку. Принимаем заготовку из горячекатаного квадратного прутка, хотя объем снимаемого материала, по сравнению с прокатом, меньше.

Определяем припуски для исходной заготовки, таблицы 6,7.

Таблица 6 – Основной припуск

| Толщина, мм | Диаметр, высота, мм | Шероховатость, Рамкм | Припуск на сторону Z, мм | Общий припуск, мм | Размер заготовки, мм |
|----------------|---------------------------|-------------------------|-----------------------------------|----------------------|----------------------------|
| 160 | - | 6,3 | 2,2 | $2,2+2,2=4,4$ | 164,4 |
| 10 | - | 6,3 | 1,4 | $2,2-1,4=0,8$ | 10,8 |
| - | Ø160 | 6,3 | 1,7 | $1,7*2=3,4$ | Ø156,6 |
| - | Ø90 | 3,2 | 2,0 | $2*2=4$ | Ø86 |
| | Ø94 | 3,2 | 2,0 | $2*2=4$ | Ø90 |

Таблица 7 – Допуски, предельные отклонения и размеры исходной заготовки

| Расчетный размер | Допуск | Отклонение | | Размер |
|---------------------|--------|------------|--------|-----------------------------------|
| | | Верхнее | Нижнее | |
| 164,4 | 3,6 | +2,4 | -1,2 | $164,4^{+2,4}_{-1,2}$ |
| 10,8 | 2,2 | +1,4 | -0,8 | $10,8^{+1,4}_{-0,8}$ |
| $\varnothing 156,6$ | 3,2 | +2,1 | -1,1 | $\varnothing 156,6^{+2,1}_{-1,1}$ |
| $\varnothing 86$ | 2,8 | +1,8 | -1,0 | $\varnothing 86^{+1,8}_{-1,0}$ |
| $\varnothing 90$ | 2,8 | +1,8 | -1,0 | $\varnothing 90^{+1,8}_{-1,0}$ |

Чертеж заготовки для детали «Куб» представлен на рисунке 3.

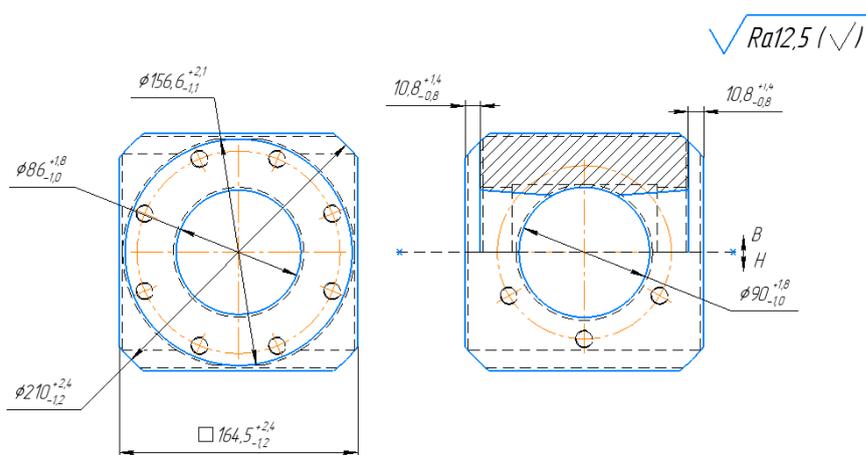


Рисунок 3 – Чертеж заготовки детали «Куб»

2 Проектирование технологического маршрута

2.1 Проектирование технологического маршрута

Для составления маршрута обработки детали «Куб» проводим выбор методов обработки поверхностей, опираясь на его характеристики:

- обеспечения точности и качества поверхности;
- величины снимаемого припуска;
- времени обработки, исходя из производительности.

Обработка поверхностей в несколько этапов планируется для того, чтобы получить поверхность, с заданными на чертеже требованиями к точности и качеству. Следовательно, необходимо назначить промежуточные состояния поверхностей, таблица 8.

Таблица 8 - Методы обработки поверхностей

| Номер поверхности | Вид поверхности | Основной размер, мм | Квалитет точности | Шероховатость, Ra | Последовательность обработки |
|-------------------|---------------------------------------|---------------------|-------------------|-------------------|---|
| 1 | Плоская поверхность | 160 | h14 | 6,3 | Фрезерование |
| 2 | Плоская поверхность | 160 | h14 | 6,3 | Фрезерование |
| 3 | Плоская поверхность | 160 | h14 | 6,3 | Фрезерование |
| 4 | Плоская поверхность | 160 | h14 | 6,3 | Фрезерование |
| 5 | Плоская поверхность | 160 | h14 | 6,3 | Подрезка торца |
| 6 | Плоская поверхность | 160 | h14 | 6,3 | Подрезка торца |
| 7 | Внутренняя цилиндрическая поверхность | Ø160 | H14 | 6,3 | Растачивание |
| 8 | Внутренняя цилиндрическая поверхность | Ø90 | H7 | 3,2 | Черновое растачивание Чистовое растачивание Тонкое растачивание |
| 9 | Внутренняя цилиндрическая | Ø94 | H14 | 6,3 | Растачивание |

| | | | | | |
|----|---------------------------------------|------|-----|-----|---|
| | я поверхность | | | | |
| 10 | Торец | 10 | H14 | 6,3 | Растачивание |
| 11 | Торец | 30 | H14 | 6,3 | Растачивание |
| 12 | Внутренняя цилиндрическая поверхность | Ø160 | H14 | 6,3 | Растачивание |
| 13 | Внутренняя цилиндрическая поверхность | Ø94 | H7 | 3,2 | Черновое растачивание Чистовое растачивание Тонкое растачивание |
| 14 | Рельбовое отверстие | M12 | 7H | 3,2 | Сверление Нарезание резьбы |

Таким образом, выделяем следующий маршрут обработки детали «Жуб»:

- 005 Заготовительная
- 010 Контрольная
- 015 Фрезерная
- 020 Слесарная
- 025 Токарная с ЧПУ
- 030 Токарная с ЧПУ
- 035 Координатно-сверлильная
- 040 Слесарная
- 045 Промывочная
- 050 Контрольная
- 055 Консервация

2.2 Расчет припусков на обработку

Расчетно-аналитическим методом производим расчет припусков, допусков, операционных размеров на одну наиболее точную поверхность. В качестве примера выбираем поверхность отверстия $\phi 90H7^{(+0.035)}$.

Минимальный припуск на обработку поверхностей вращения определяется по формуле:

$$2 \cdot Z_{i \min} = 2 \cdot (R_{zi-1} + h_{i-1} + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2}),$$

где R_{zi-1} – шероховатость поверхности на предшествующем переходе или операции, мкм;

h_{i-1} – толщина дефектного поверхностного слоя, полученного на предшествующем переходе или операции, мкм;

ρ_{i-1} – суммарное пространственное отклонение обрабатываемой поверхности, полученного на предшествующем переходе или операции, мкм;

ε_i – погрешность установки заготовки на выполняемом переходе, мкм.

В суммарное пространственное отклонение поверхности заготовки включаем только коробление, которое определяется как произведение удельной кривизны заготовки на длину.

$$\rho = \sqrt{\rho_{\Sigma}^2 + \rho_y^2} = \sqrt{353^2 + 160^2} = 387 \text{ мкм.}$$

Где $\rho_{\Sigma k}$ отклонение оси от прямолинейности $\rho_{\Sigma k} = \Delta_k * l_k = 1,0 * 160 = 160 \text{ мкм.}$

Где l_k – размер до сечения, для которого определяется кривизна до торца заготовки, равный $l_k = 160$ для данного случая.

Δ_k – удельная кривизна, мкм на 1 мм длины.

$\Delta_k = 1,0 \text{ мкм/мм}$ – Т1 стр. 186 табл. 16.

ρ_y – смещение оси заготовки в результате погрешности центрирования

$$\rho_y = 0,25\sqrt{T^2 + 1} = 0,25\sqrt{1^2 + 1} = 0,353 \text{ мм}$$

Где $T = 1 \text{ мм}$ – допуск на линейный размер базы заготовки, использованный при базировании 160_{-1} мм .

Для всех остальных операций суммарное отклонение поверхностей определяется с учетом коэффициента уточнения.

Для чернового растачивания $\rho = 387 \cdot 0,06 = 23,2$ мкм;

Для чистового растачивания $\rho = 23,2 \cdot 0,05 = 1,16$ мкм;

Для тонкого растачивания $\rho = 1,16 \cdot 0,04 = 0,05$ мкм.

Погрешность установки заготовки на выполняемом переходе зависит только от погрешности закрепления (погрешности базирования нет). В данном случае для точения $\varepsilon = 220$ мкм и для тонкого растачивания $\varepsilon = 50$ мкм, т.к. обработка ведется в тисках.

Минимальный припуск на черновое растачивание:

$$\begin{aligned} 2 \cdot z_{1 \min} &= 2 \cdot \left(Rz_0 + h_0 + \sqrt{\rho_0^2 + \varepsilon_1^2} \right) = 2 \left(150 + 250 + \sqrt{387^2 + 220^2} \right) \\ &= 1690 \text{ мкм.} \end{aligned}$$

Минимальный припуск на чистовое растачивание:

$$\begin{aligned} 2 \cdot z_{2 \min} &= 2 \cdot \left(Rz_0 + h_0 + \sqrt{\rho_0^2 + \varepsilon_1^2} \right) = 2 \left(50 + 50 + \sqrt{23,2^2 + 220^2} \right) \\ &= 642 \text{ мкм.} \end{aligned}$$

Минимальный припуск на шлифование:

$$\begin{aligned} 2 \cdot z_{3 \min} &= 2 \cdot \left(Rz_0 + h_0 + \sqrt{\rho_0^2 + \varepsilon_1^2} \right) = 2 \left(30 + 25 + \sqrt{1,16^2 + 50^2} \right) \\ &= 210 \text{ мкм.} \end{aligned}$$

Расчет наибольших расчетных размеров по технологическим переходам производим, складывая значения наибольших предыдущих размеров, соответствующих выполняемому последовательно технологическому переходу, с величиной $Z_{i \min}$ на последующий переход.

$$D_{i \max} = D_{i \max} - 2Z_{i \min}$$

| | |
|-----------------------|-----------------------|
| Тонкое растачивание | 90,035мм |
| Чистовое растачивание | 90,035-0,21=89,825мм |
| Черновое растачивание | 89,285-0,642=89,183мм |

Затем определяем наименьшие предельные размеры по переходам

$$D_{i \min} = D_{i \max} - TD_i$$

| | |
|-----------------------|--------------------|
| Тонкое растачивание | 90,035-0,035=90мм |
| Чистовое растачивание | 89,83-0,14=89,69мм |
| Черновое растачивание | 89,18-0,35=88,83мм |

Расчет фактических $2Z_{i \max}$ и $2Z_{i \min}$ по переходам производим, вычитая соответственно значения наибольших и наименьших предварительных размеров $D_{i-1 \max} - D_{i \max}$; $D_{i-1 \min} - D_{i \min}$ соответствующих предшествующему и выполняемому технологическим переходам.

| Название операции | $2Z_{i \min} = D_{i \max} - D_{i-1 \max}$ | $2Z_{i \max} = D_{i \min} - D_{i-1 \min}$ |
|-----------------------|---|---|
| Тонкое растачивание | 90,035-89,83=0,205мм | 90-89,69=0,31мм |
| Чистовое растачивание | 89,83-89,18=0,65мм | 89,69-88,83=0,86мм |
| Черновое растачивание | 87,5-89,18=1,68мм | 88,83-84,7=4,13мм |

Расчет общих припусков производим по уравнениям:

$$2Z_{0 \max} = \Sigma 2Z_{i \max} = 4,13 + 0,86 + 0,31 = 5,3 \text{ мм}$$

$$2Z_{0 \min} = \Sigma 2Z_{i \min} = 1,68 + 0,65 + 0,205 = 2,535 \text{ мм}$$

Проверку правильности расчетов производим по уравнению:

$$2Z_{i \max} - 2Z_{i \min} = T_z - T_d = 5,3 - 2,535 = 2,8 - 0,035 = 2,765 \text{ мм.}$$

Расчет припусков на обработку поверхностей детали сводим в таблицу 9.

Таблица 9 – Расчет припусков и предельных размеров по технологическим переходам поверхности $\varnothing 90H7mm$

| Переход | Квал. | Элементы припуска, мкм | | | | $2Z_{min}$ мм | Расч. размер | Допуск мм | Операционный размер, мм | | Расч. припуск, мм | |
|---------------|-------|------------------------|----------------|-----------------|----------------|------------------|--------------|--------------|-------------------------|-----------|-------------------|------------|
| | | R_z | h_i | ρ | ϵ | | | | d_{max} | d_{min} | $2z_{max}$ | $2z_{min}$ |
| Прокат | - | 150 | $\frac{25}{0}$ | 387 | - | - | 85,7 | 2,8 | 87,5 | 84,7 | - | - |
| Черн. расточ | H12 | 50 | 50 | 23,2 | 220 | 1,69 | 88,83 | 0,35 | 89,18 | 88,83 | 4,13 | 1,68 |
| Чист. расточ | H10 | 25 | 25 | $\frac{1,1}{6}$ | $\frac{22}{0}$ | 0,642 | 89,69 | 0,14 | 89,83 | 89,69 | 0,86 | 0,65 |
| Тонк. расточ. | H7 | 5 | 10 | $\frac{0,0}{5}$ | 50 | 0,210 | 90 | 0,035 | 90,035 | 90 | 0,31 | 0,205 |

3 Проектирование технологических операций

3.1 Уточнение технологических баз и схемы закрепления заготовки

На всех операциях технологического процесса обработки детали «Куб» реализована схема базирования, представленная на рисунке 4, при закреплении в тисках.

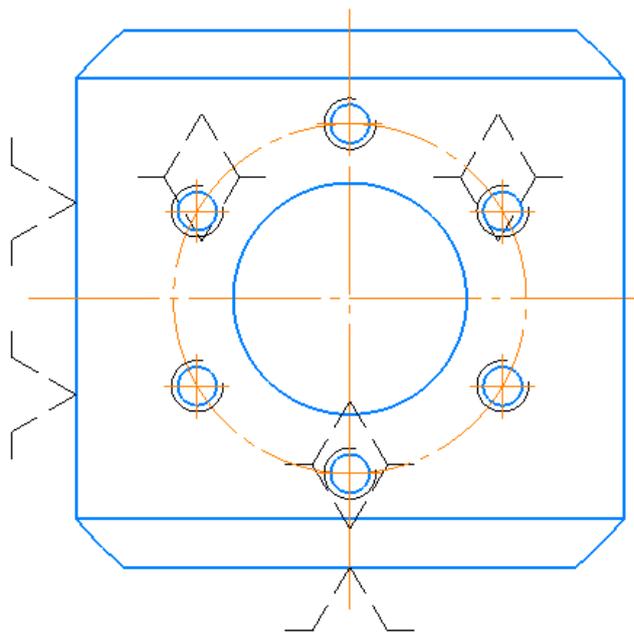


Рисунок 4- Схема базирования

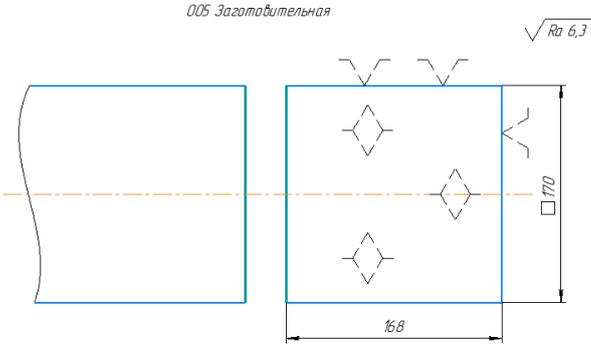
При этом, технологическими базами является:

- установочные базы - точки 1,2,3, которая лишает заготовку 3х степени свободы (двух перемещения, одного вращения),
- опорные базы – точки 4,5, которые лишают заготовку 2х степеней свободы (одного перемещения и одного вращения),
- скрытая база – точка 6, которая лишает заготовку 1 степени свободы (одного вращения).

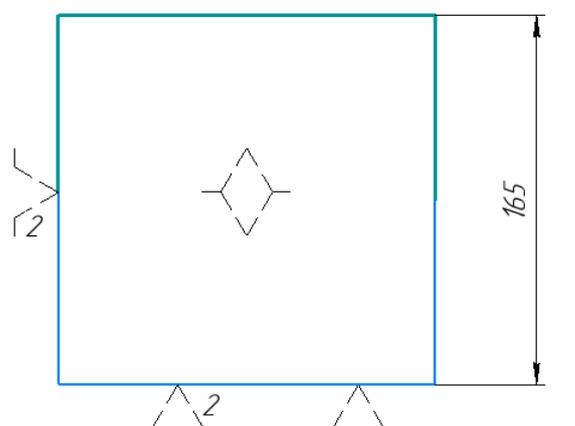
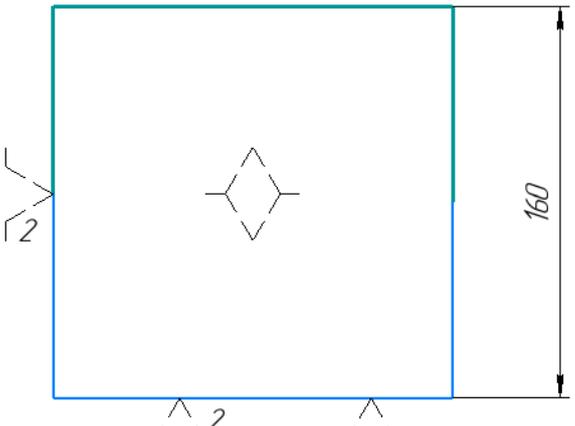
3.2 Уточнение содержания переходов

Технологический процесс механической обработки, табл. 10, предусматривает комплексные работы взаимосвязанных операций, необходимых для производства из заготовок готовых деталей согласно чертёжной документации.

Таблица 10 - Технологический маршрут.

| Но мер опе рац ии | Наименование операции | Наименование Оборудования/ приспособления | Эскиз |
|-------------------------------|--------------------------|---|---|
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| 005 | Заготовительная | Ленточнопильный станок 8535 |  |
| 010 | Контрольная | | |

Продолжение таблицы 10 - Технологический маршрут.

| | | | |
|------------|---|---|--|
| <p>015</p> | <p>Фрезерная с ЧПУ Установ А 1. Фрезеровать поверхности Установ Б 4. Фрезеровать поверхности 4,5,6 5. Расточить поверхность 13 предварительно 6. Расточить поверхность 13 промежточно 7. Расточить поверхность 13 окончательно 8. Сверлить 6 отв. 14 9. Нарезать резьбу в 6 отв. 14</p> | <p>Фрезерный обрабатывающий центр DMU-60/ тиски 7200-0219 ГОСТ 16518-96</p> | <p style="text-align: right;">$\sqrt{Ra\ 6,3}$</p> <p><i>Установ А</i></p>  <p style="text-align: right;">$\sqrt{Ra\ 6,3}$</p> <p><i>Установ Б</i></p>  |
| <p>020</p> | <p>Заусенцы острые притупить.</p> <p style="text-align: right;">снять, кромки</p> | | |

Продолжение таблицы 10 - Технологический маршрут.

| | | | |
|------------|---|---|--|
| <p>025</p> | <p>Токарная с ЧПУ Установ А</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Подрезать торец. 2. Центровать отверстия. 3. Просверлить отверстие. 4. Расточить поверхности предварительно 5. Расточить поверхности промежуточно. 6. Расточить поверхность окончательно. 7. Точить наружный диаметр. <p>Установ Б</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Подрезать торец. 2. Расточить поверхность. 3. Точить наружный диаметр. | <p>Токарный мини-станок с ЧПУ АСС 16 Ф3</p> | |
| <p>030</p> | <p>Токарная с ЧПУ Установ А</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Подрезать торец. 2. Центровать отверстия. 3. Просверлить отверстие. 4. Расточить поверхности предварительно 5. Расточить поверхности промежуточно. 6. Расточить поверхность окончательно. 7. Точить наружный диаметр. <p>Установ Б</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Подрезать торец. 2. Точить наружный диаметр. | <p>Токарный мини-станок с ЧПУ АСС 16 Ф3</p> | |

Окончание таблицы 10 - Технологический маршрут.

| | | | |
|-----|--|---|--|
| 035 | Координатно-сверлильная | Координатно-сверлильный станок Вентмак ВЕФ 10 | |
| 040 | Слесарная | | |
| 045 | Промывочная 1. Промыть детали в растворе по ТТП 01299-00002. | Промывочная установка деталей АМ-800 | |
| 050 | Контрольная 1. Контролировать размеры, показанные на чертеже. | | |
| 055 | Консервация 1. Сдать деталь на склад. | | |

3.3 Выбор средств технологического оснащения

Для обработки детали «Куб» на токарные операции 015 и 025 применяем токарный станок с ЧПУ АСС 16 Ф3, рисунок 5.

Технические характеристики станка:

Рабочая зона

Макс. ход по оси X 950 мм

Макс. ход по оси Y 850 мм

Макс. ход по оси Z 650 мм

Размеры стола

Макс. нагрузка на стол 800 кг

Диаметр стола 850 мм

Размеры заготовки Макс. высота заготовки 590 мм

Шпиндель

Частота вращения в стандартном исполнении 20 000 об/мин

Макс. частота вращения (опция) 20 000 об/мин

Мощность (длительность включения 100 %) 35 кВт (АС)

Крутящий момент (длительность включения 100 %) 130 Нм

Инструментальный магазин

Вместимость (стандартное исполнение) 60

Макс. Вместимость 60

Ускоренный ход

Макс. по оси X 40 м/мин

Макс. по оси Y 40 м/мин

Макс. по оси Z 40 м/мин



Рисунок 5 - Токарный станок с ЧПУ АСС 16 Ф3

В качестве приспособления выбираем тиски 7200-0219 ГОСТ 16518-96 с пневматическим приводом.

Выбор и описание режущего и мерительного инструмента представлен в таблице 11.

Таблица 11 - Выбор и описание режущего инструмента

| Номер | Наименование перехода | Режущий инструмент | Мерительный инструмент |
|--------------------|---|--|--|
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| 010 Фрезерная | | | |
| 1 | Фрезеровать поверхности 1,2,3 | Фреза торцевая 490-200Q60-14L пластина 490R-140408E-ML 2040 | Штангенциркуль ШЦ-1-250-0,05 ГОСТ 166-89 |
| 2 | Фрезеровать поверхности 4,5,6 | Фреза торцевая 490-200Q60-14L пластина 490R-140408E-ML 2040 | Штангенциркуль ШЦ-1-250-0,05 ГОСТ 166-89 |
| 015 Токарная с ЧПУ | | | |
| 1 | Центровать отверстие | Сверло 2317-0107 ГОСТ 14952-75 | Штангенциркуль ШЦ-1-250-0,05 ГОСТ 166-89 |
| 2 | Сверлить отверстие | Сверло 2300-6467 ГОСТ10902-77 | Штангенциркуль ШЦ-1-125-0,1 ГОСТ 166-89 |
| 3 | Расточить поверхности 8,9,12 предварительно | Расточной резец BR20-116CN12F-C8 пластина CNMU 12 04 16-PR 4425 корпус C8-391.01-80 125A | Штангенциркуль ШЦ-1-250-0,05 ГОСТ 166-89 |

| | | | |
|--------------------|---|--|--|
| 4 | Расточить поверхности 8,9,12 промежуточно | Расточная оправка BR20-116CN12F-C8 пластина CNMU 12 04 16-PR 4425 корпус С8-391.01-80 125А | Нутромер 50-100 ГОСТ 9244-75 |
| 5 | Расточить поверхность 8,9,12 окончательно | Расточная оправка BR20-116CN12F-C8 пластина CNMU 12 04 16-PR 4425 корпус С8-391.01-80 125А | Нутромер 50-100 ГОСТ 9244-75 |
| 6 | Расточить поверхность 12 | Расточная оправка BR20-116CN12F-C8 пластина CNMU 12 04 16-PR 4425 корпус С8-391.01-80 125А | Штангенциркуль ШЦ-1-250-0,05 ГОСТ 166-89 |
| 7 | Расточить поверхность 7 | Расточная оправка BR20-116CN12F-C8 пластина CNMU 12 04 16-PR 4425 корпус С8-391.01-80 125А | Штангенциркуль ШЦ-1-250-0,05 ГОСТ 166-89 |
| 025 Токарная с ЧПУ | | | |
| 1 | Центровать отверстие | Сверло 2317-0107 ГОСТ 14952-75 | Штангенциркуль ШЦ-1-125-0,1 ГОСТ 166-89 |
| 2 | Сверлить отверстие | Сверло 2300-6467 ГОСТ10902-77 | Штангенциркуль ШЦ-1-125-0,1 ГОСТ 166-89 |

Окончание таблицы 11 – Выбор и описание режущего инструмента.

| | | | |
|-----------------------------|---|--|--|
| 3 | Расточить поверхность 13 предварительно | Расточная оправка RAG123K11-40В пластина N123K2-0635-0003-GM 4325 | Нутромер 50-100 ГОСТ 9244-75 |
| 4 | Расточить поверхности 13 промежуточно | Расточная оправка BR20-116CN12F-C8 пластина CNMU 12 04 16-PR 4425 корпус С8-391.01-80 125А | Нутромер 50-100 ГОСТ 9244-75 |
| 5 | Расточить поверхность 13 окончательно | Расточная оправка BR20-116CN12F-C8 пластина CNMU 12 04 16-PR 4425 корпус С8-391.01-80 125А | Штангенциркуль ШЦ-1-250-0,05 ГОСТ 166-89 |
| 035 Координатно-сверлильная | | | |
| 1 | Сверлить 8 отв. ф11 | Сверло 460.1-1000-050А0-ХМ GC34 | Штангенциркуль ШЦ-1-125-0,1 ГОСТ 166-89 |
| 2 | Нарезать резьбу в 8 отв. М12 | Метчик Т100-КМ101JA-M12 D115 | Резьбовый калибр пробка М12-7Н ГОСТ 17758-72 |
| 3 | Сверлить 8 отв. ф11 | Сверло 460.1-1000-050А0-ХМ GC34 | Штангенциркуль ШЦ-1-125-0,1 ГОСТ 166-89 |
| 4 | Нарезать резьбу в 8 отв. М12 | Метчик Т100-КМ101JA-M12 D115 | Резьбовый калибр пробка М12-7Н ГОСТ 17758-72 |
| 5 | Сверлить 6 отв. 11 | Сверло 460.1-1000-050А0-ХМ GC34 | Штангенциркуль ШЦ-1-125-0,1 ГОСТ 166-89 |
| 6 | Нарезать резьбу в 6 отв. М12 | Метчик Т100-КМ101JA-M12 D115 | Резьбовый калибр пробка М12-7Н ГОСТ 17758-72 |
| 7 | Сверлить 6 отв. 11 | Сверло 460.1-1000-050А0- | Штангенциркуль ШЦ-1- |

| | | | |
|---|---------------------------------|---------------------------------|---|
| | | ХМ GC34 | 125-0,1 ГОСТ 166-89 |
| 8 | Нарезать резьбу в 6 отв. М12 | Метчик Т100-КМ101JA-M12 D115 | Резьбовый калибр пробка М12-7H ГОСТ 17758-72 |

4 Нормирование технологического процесса

4.1 Выбор и расчет режимов резания

Расчет и выбор режимов резания для фрезерной операции 010

1. Фрезеровать поверхности 1,2,3

1. Определяем глубину и ширину фрезерования:

$$t = 2,2 \text{ мм.}$$

$$B=160 \text{ мм – ширина}$$

2. Определяем подачу на зуб фрезы по таблице 35 [4, с.284]:

$$S_z = 0,08 \text{ мм/зуб.}$$

3. Скорость резания определим по формуле, м/мин:

$$V = \frac{C_V \cdot D^q}{T^m \cdot t^x \cdot S_y \cdot B^u \cdot Z^p} \cdot K_V,$$

Период стойкости инструмента принимаем по таблице 40 [4, с.290]:

$$T=80 \text{ мин.}$$

Значения коэффициентов: $C_V = 46,7$; $q = 0,45$; $x = 0,5$; $m = 0,33$; $y = 0,5$; $u = 0,1$; $p = 0,1$ – определены по таблице 39 [4, с.287].

Коэффициент K_V определяется по формуле:

$$K_{MV} = K_{\Gamma} \left(\frac{750}{\sigma_B} \right)^{n_V},$$

Значение коэффициента K_{Γ} и показатель степени n_V для материала инструмента из твердого сплава при обработке заготовки из стали 40Х берем из таблицы 2 [4, с.262]:

$$K_{\Gamma} = 1,0 \quad n_V = 1,0$$

$$K_{MV} = K_{\Gamma} \left(\frac{750}{\sigma_B} \right)^{n_V} = 1,0 \cdot \left(\frac{750}{980} \right)^1 = 0,76$$

$$K_{MV} = 0,76; \quad K_{ПV} = 0,9; \quad K_{ИV} = 1,0.$$

$$K_V = K_{MV} \cdot K_{ПV} \cdot K_{ИV} = 0,76 \cdot 0,9 \cdot 1,0 = 0,69.$$

Скорость резания:

$$V = \frac{C_V \cdot D^q}{T^m \cdot t^x \cdot S^y \cdot B^u \cdot z^p} \cdot K_V = \frac{46,7 \cdot 200^{0,45}}{80^{0,33} \cdot 2,2^{0,5} \cdot 0,08^{0,5} \cdot 160^{0,1} \cdot 12^{0,1}} 0,69$$

$$= 97 \frac{\text{М}}{\text{МИН}}$$

4. Расчётное число оборотов шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d} = \frac{1000 \cdot 97}{3,14 \cdot 200} = 154 \frac{\text{об}}{\text{МИН}}$$

Принимаем фактическое число оборотов, с учетом типа станка:

$$n_{\text{ст}} = 150 \text{ об/мин.}$$

5. Фактическая скорость резания:

$$V = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 200 \cdot 150}{1000} = 94 \frac{\text{М}}{\text{МИН}}$$

6. Определяем минутную подачу:

$$S_M = S_z \cdot z \cdot n_{\text{ст}} = 0,08 \cdot 12 \cdot 150 = 144 \frac{\text{ММ}}{\text{МИН}}$$

7. Главная составляющая силы резания, окружная сила:

$$P_Z = \frac{10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot B^u \cdot z}{D^q \cdot n^v} \cdot K_{MP},$$

Значения коэффициентов: $C_p = 68,2$; $x = 0,86$; $y = 0,72$; $u = 1$; $q = 0,86$; $w = 0$ – определены по таблице 41 [4, с.291].

По табл. 9 [4, с.264]:

$$K_{MP} = \left(\frac{\sigma_B}{750} \right)^n = \left(\frac{980}{750} \right)^{0,3} = 1,08.$$

Окружная сила:

$$P_Z = \frac{10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot B^u \cdot z}{D^q \cdot n^w} \cdot K_{MP} = \frac{10 \cdot 68,2 \cdot 2,2^{0,86} \cdot 0,08^{0,72} \cdot 160^1 \cdot 12}{200^{0,86} \cdot 150^0} 1,08$$

$$= 2335 \text{ Н.}$$

8. Крутящий момент:

$$M_{кр} = \frac{P_z D}{2 \cdot 100} = \frac{2335 \cdot 200}{2 \cdot 100} = 2335 \text{ Н} \cdot \text{м.}$$

9. Мощность резания:

$$N = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60} = \frac{2335 \cdot 94}{1020 \cdot 60} = 3,5 \text{ кВт.}$$

Мощность электродвигателя станка 35 кВт, она достаточна для выполнения операции.

Основное время при фрезеровании торцевой фрезой определяется по формуле:

$$t_o = \frac{L}{S_M} \cdot i \text{ мин,}$$

где L – расчётная длина обработки, мм;

S_M – подача, мм/мин.

i – число рабочих ходов.

Расчётная длина обработки:

$$L = l + l_B + l_{\text{подв}} + l_{\text{пер}}$$

Величина врезания инструмента:

$$l_B = \sqrt{\left(\frac{D_\phi}{2}\right)^2 - \left(\frac{D_\phi}{2} - t\right)^2} = \sqrt{\left(\frac{200}{2}\right)^2 - \left(\frac{200}{2} - 2,2\right)^2} = 20,8 \text{ мм}$$

где D_ϕ - диаметр фрезы, мм;

t – глубина резания, мм.

$$t_o = \frac{L}{S_M} = \frac{160 + 20,8 + 1 + 1}{144} \cdot 3 = 3,8 \text{ мин}$$

2. Сверлить 6 отв. 14

1. Глубина резания: $t = 5$ мм.

2. Подача по таблице 25 [4, с.277] для данной глубины резания:

$$s = 0,23 \text{ мм/об}$$

3. Скорость резания определяется по формуле:

$$V = \frac{C_V D^q}{T^m \cdot S^y} \cdot K_V,$$

Период стойкости инструмента принимаем: $T=45$ мин.

Значения коэффициентов: $C_V = 9,8$; $m = 0,20$; $y = 0,5$; $q=0,4$ – определены по таблице 29 [4, с.278].

Коэффициент K_V :

$$K_V = K_{MV} \cdot K_{ПV} \cdot K_{TV},$$

где K_{MV} – коэффициент, учитывающий качество обрабатываемого материала;

$K_{ПV}$ – коэффициент, отражающий состояние поверхности заготовки;

K_{TV} – коэффициент, учитывающий глубину сверления.

По табл. 1, 5, 6 [4, с.261]:

$$K_{MV} = K_{\Gamma} \left(\frac{750}{\sigma_B} \right)^{N_V},$$

Значение коэффициента K_{Γ} и показатель степени n_V для материала инструмента из твердого сплава при обработке заготовки из стали 40Х берем из таблицы 2 [4, с.262]:

$$K_{\Gamma} = 1,0 \quad n_V = 1,0$$

$$K_{MV} = K_{\Gamma} \left(\frac{750}{\sigma_B} \right)^{N_V} = 1,0 \cdot \left(\frac{750}{980} \right)^1 = 0,76$$

$$K_{MV} = 0,76; \quad K_{ПV} = 0,9; \quad K_{TV} = 0,85.$$

$$K_V = K_{MV} \cdot K_{ПV} \cdot K_{TV} = 1,5 \cdot 0,9 \cdot 0,85 = 0,58.$$

Скорость резания:

$$V = \frac{C_V D^q}{T^m \cdot S^y} \cdot K_V = \frac{9,8 \cdot 10^{0,4}}{45^{0,2} \cdot 0,23^{0,5}} \cdot 0,58 = 24 \frac{\text{м}}{\text{мин}}.$$

4. Расчётное число оборотов шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d} = \frac{1000 \cdot 24}{3,14 \cdot 10} = 763 \frac{\text{об}}{\text{мин}}.$$

Принимаем фактическое число оборотов, с учетом типа станка:

$$n_{\text{ст}} = 750 \text{ об/мин.}$$

5. Фактическая скорость резания:

$$V = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 10 \cdot 750}{1000} = 24 \frac{\text{м}}{\text{мин}}.$$

6. Определяем осевую силу резания по формуле:

$$P_0 = 10 \cdot C_P \cdot D^q \cdot S^y \cdot K_P$$

Значения коэффициентов: $C_p = 68$; $q = 1,0$; $y = 0,7$ – определены по таблице 32 [4, с.281].

$$\text{Коэффициент } K_p: \quad K_p = K_{MP}$$

Коэффициенты, входящие в формулу, учитывают фактические условия резания.

По таблице 9, 23 [4, с.264]:

$$K_{MP} = \left(\frac{\sigma_B}{750} \right)^n = \left(\frac{980}{750} \right)^{0,75} = 1,22$$

Главная составляющая силы резания:

$$P_0 = 10 \cdot C_p \cdot D^q \cdot S^y \cdot K_p = 10 \cdot 68 \cdot 10^1 \cdot 0,23^{0,7} \cdot 1,22 = 2965 \text{ Н.}$$

Крутящий момент:

$$M_{кр} = 10 \cdot C_M \cdot D^q \cdot S^y \cdot K_p$$

Значения коэффициентов: $C_p = 0,0345$; $q = 2,0$; $y = 0,8$ – определены по таблице 32 [4, с.281].

$$M_{кр} = 10 \cdot C_M \cdot D^q \cdot S^y \cdot K_p = 10 \cdot 0,0345 \cdot 10^2 \cdot 0,23^{0,8} \cdot 1,22 = 13 \text{ Нм}$$

7. Мощность резания:

$$N = \frac{M_{кр} \cdot \pi}{9750} = \frac{13 \cdot 750}{9750} = 0,99 \text{ кВт.}$$

8. Мощность привода главного движения:

$$N_{пр} = \frac{N}{\eta} = \frac{0,99}{0,75} = 1,3 \text{ кВт.}$$

Так как значение к.п.д. привода нам неизвестно, то принимаем худший вариант $\eta = 0,75$.

Проверка по мощности:

$$N \leq N_{ст} \cdot \eta;$$
$$1,3 < 35$$

где $N_{ст}$ – мощность электродвигателя главного привода станка.

$$t_o = \frac{(l + l_{вр} + l_{пер} + l_{подв}) \cdot i}{S \cdot n} = \frac{(25 + 2 + 1 + 1) \cdot 6}{0,23 \cdot 750} = 0,97 \text{ мин}$$

3. Нарезать резьбу в 6 отв. 14

1. Подача: $s = P = 1 \text{ мм/об}$, где P – шаг резьбы.

2. Скорость резания определяется по формуле:

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

Период стойкости инструмента принимаем: $T=70$ мин.

Значения коэффициентов: $C_v = 244$; $m = 0,2$; $x = 0,23$; $y = 0,3$ – определены по таблице 17 [4, с.269].

Коэффициент K_v определяем по формуле:

$$K_v = K_{MV} \cdot K_{CV} \cdot K_{IV},$$

где K_{CV} – коэффициент, учитывающий способ нарезания резьбы.

По табл. 1, 5, 6 [4, с.261]:

$K_{MV} = 0,76$; $K_{CV} = 1,0$; $K_{IV} = 1,0$.

$$K_v = K_{MV} \cdot K_{CV} \cdot K_{IV} = 0,76 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 0,76.$$

Скорость резания, формула:

$$V = \frac{C_v \cdot i^x}{T^m \cdot S^y} \cdot K_v = \frac{244 \cdot 9^{0,23}}{70^{0,2} \cdot 1^{0,3}} \cdot 0,76 = 137 \text{ м/мин.}$$

3. Расчётное число оборотов шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d} = \frac{1000 \cdot 137}{3,14 \cdot 12} = 3635 \frac{\text{об}}{\text{мин.}}$$

Принимаем фактическое число оборотов, с учетом типа станка:

$$n_{\text{ст}} = 3600 \text{ об/мин.}$$

4. Фактическая скорость резания:

$$V = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 12 \cdot 3600}{1000} = 136 \frac{\text{м}}{\text{мин.}}$$

5. Определяем главную составляющую силы резания по формуле :

$$P_z = \frac{10C_p P^y}{i^n} K_p,$$

Значения коэффициентов: $C_p = 148$; $n = 0,71$; $y = 1,7$ – определены по таблице 51 [4, с.298].

Коэффициент $K_p = K_{MP} = 1,22$.

Главная составляющая силы резания:

$$P_z = \frac{10C_p P^y}{i^n} K_p = \frac{10 \cdot 148 \cdot 1^{1,7}}{9^{0,71}} 1,22 = 376 \text{ Н.}$$

6. Мощность резания:

$$N = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60} = \frac{376 \cdot 136}{1020 \cdot 60} = 0,84 \text{ кВт.}$$

7. Мощность привода главного движения:

$$N_{пр} = \frac{N}{\eta} = \frac{0,84}{0,75} = 1,1 \text{ кВт.}$$

Проверка по мощности:

$$N \leq N_{ст} \cdot \eta;$$

$$1,1 < 35$$

Основное время определяем по формуле:

$$t_o = \frac{(20 + 2 + 1 + 1) \cdot 6}{1 \cdot 360} = 0,29 \text{ мин}$$

4. Фрезеровать поверхности 4,5,6

1. Определяем глубину и ширину фрезерования:

$$t = 2,2 \text{ мм.}$$

$$B = 160 \text{ мм – ширина}$$

2. Определяем подачу на зуб фрезы по таблице 35 [4, с.284]:

$$S_z = 0,08 \text{ мм/зуб.}$$

3. Скорость резания определим по формуле, м/мин:

$$V = \frac{C_V \cdot D^q}{T^m \cdot t^x \cdot S^y \cdot B^u \cdot z^p} \cdot K_V,$$

Период стойкости инструмента принимаем по таблице 40 [4, с.290]:

$$T = 80 \text{ мин.}$$

Значения коэффициентов: $C_V = 46,7$; $q = 0,45$; $x = 0,5$; $m = 0,33$; $y = 0,5$; $u = 0,1$; $p = 0,1$ – определены по таблице 39 [4, с.287].

Коэффициент K_V определяется по формуле:

$$K_{MV} = K_{\Gamma} \left(\frac{750}{\sigma_B} \right)^{N_V},$$

Значение коэффициента K_{Γ} и показатель степени n_V для материала инструмента из твердого сплава при обработке заготовки из стали 40Х берем из таблицы 2 [4, с.262]:

$$K_{\Gamma} = 1,0 \quad n_V = 1,0$$

$$K_{MV} = K_{\Gamma} \left(\frac{750}{\sigma_B} \right)^{N_V} = 1,0 \cdot \left(\frac{750}{980} \right)^1 = 0,76$$

$$K_{MV} = 0,76; \quad K_{ПV} = 0,9; \quad K_{ИV} = 1,0.$$

$$K_V = K_{MV} \cdot K_{ПV} \cdot K_{ИV} = 0,76 \cdot 0,9 \cdot 1,0 = 0,69.$$

Скорость резания:

$$V = \frac{C_V \cdot D^q}{T^m \cdot t^x \cdot S^y \cdot B^u \cdot z^p} \cdot K_V = \frac{46,7 \cdot 200^{0,45}}{80^{0,33} \cdot 2,2^{0,5} \cdot 0,08^{0,5} \cdot 160^{0,1} \cdot 120^{0,1}} \cdot 0,69$$

$$= 97 \frac{\text{м}}{\text{мин}}.$$

4. Расчётное число оборотов шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d} = \frac{1000 \cdot 97}{3,14 \cdot 200} = 154 \frac{\text{об}}{\text{мин}}.$$

Принимаем фактическое число оборотов, с учетом типа станка:

$$n_{\text{ст}} = 150 \text{ об/мин.}$$

5. Фактическая скорость резания:

$$V = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 200 \cdot 150}{1000} = 94 \frac{\text{м}}{\text{мин}}.$$

6. Определяем минутную подачу:

$$S_M = S_Z \cdot z \cdot n_{\text{ст}} = 0,08 \cdot 12 \cdot 150 = 144 \frac{\text{мм}}{\text{мин}}.$$

7. Главная составляющая силы резания, окружная сила:

$$P_Z = \frac{10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot B^u \cdot z}{D^q \cdot n^V} \cdot K_{MP},$$

Значения коэффициентов: $C_p = 68,2$; $x = 0,86$; $y = 0,72$; $u = 1$; $q = 0,86$; $w = 0$ – определены по таблице 41 [4, с.291].

По табл. 9 [4, с.264]:

$$K_{MP} = \left(\frac{\sigma_B}{750}\right)^n = \left(\frac{980}{750}\right)^{0,3} = 1,08.$$

Окружная сила:

$$P_z = \frac{10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot B^u \cdot z}{D^q \cdot n^w} \cdot K_{MP} = \frac{10 \cdot 68,2 \cdot 2,2^{0,86} \cdot 0,08^{0,72} \cdot 160^1 \cdot 12}{200^{0,86} \cdot 150^0} \cdot 1,08 = 2335 \text{ Н.}$$

8. Крутящий момент:

$$M_{кр} = \frac{P_z D}{2 \cdot 100} = \frac{2335 \cdot 200}{2 \cdot 100} = 2335 \text{ Н} \cdot \text{м.}$$

9. Мощность резания:

$$N = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60} = \frac{2335 \cdot 94}{1020 \cdot 60} = 3,5 \text{ кВт.}$$

Мощность электродвигателя станка 35 кВт, она достаточна для выполнения операции.

Основное время при фрезеровании торцевой фрезой определяется по формуле:

$$t_o = \frac{L}{S_M} \cdot i \text{ мин,}$$

где L – расчётная длина обработки, мм;

S_M – подача, мм/мин.

i – число рабочих ходов.

Расчётная длина обработки:

$$L = l + l_B + l_{\text{подв}} + l_{\text{пер}}$$

Величина врезания инструмента:

$$l_B = \sqrt{\left(\frac{D_\phi}{2}\right)^2 - \left(\frac{D_\phi}{2} - t\right)^2} = \sqrt{\left(\frac{200}{2}\right)^2 - \left(\frac{200}{2} - 2,2\right)^2} = 20,8 \text{ мм}$$

где D_ϕ - диаметр фрезы, мм;

t – глубина резания, мм.

$$t_o = \frac{L}{S_M} = \frac{160 + 20,8 + 1 + 1}{144} \cdot 3 = 3,8 \text{ мин}$$

5. *Расточить поверхность 13 предварительно*

1. Глубина резания: $t = 1,7$ мм.

2. Подача по таблице 11 [4, с.266] для данной глубины резания:

$$s = 0,6 \text{ мм/об}$$

3. Скорость резания определяется по формуле:

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

Период стойкости инструмента принимаем: $T=30$ мин.

Значения коэффициентов: $C_V = 350$; $m = 0,2$; $x = 0,15$; $y = 0,35$ – определены по таблице 17 [4, с.269].

Коэффициент K_V :

$$K_V = K_{MV} \cdot K_{ПV} \cdot K_{ИV},$$

где K_{MV} – коэффициент, учитывающий качество обрабатываемого материала;

$K_{ПV}$ – коэффициент, отражающий состояние поверхности заготовки;

$K_{ИV}$ – коэффициент, учитывающий качество материала инструмента.

По табл. 1, 5, 6 [4, с.261]:

$$K_{MV} = K_{\Gamma} \left(\frac{750}{\sigma_B} \right)^{n_V},$$

Значение коэффициента K_{Γ} и показатель степени n_V для материала инструмента из твердого сплава при обработке заготовки из стали 40Х берем из таблицы 2 [4, с.262]:

$$K_{\Gamma} = 1,0 \quad n_V = 1,0$$
$$K_{MV} = K_{\Gamma} \left(\frac{750}{\sigma_B} \right)^{n_V} = 1,0 \cdot \left(\frac{750}{980} \right)^1 = 0,76$$

$$K_{MV} = 0,76; K_{ПV} = 0,9; K_{ИV} = 1,0.$$

$$K_V = K_{MV} \cdot K_{ПV} \cdot K_{ИV} = 0,76 \cdot 0,9 \cdot 1,0 = 0,69.$$

Скорость резания:

$$V = \frac{C_V}{T^m \cdot t^x \cdot S^y} \cdot K_V = \frac{350}{30^{0,2} \cdot 1,7^{0,15} \cdot 0,6^{0,35}} \cdot 0,69 = 135 \frac{\text{м}}{\text{мин}}.$$

4. Расчётное число оборотов шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d} = \frac{1000 \cdot 135}{3,14 \cdot 94} = 458 \frac{\text{об}}{\text{мин}}.$$

Принимаем фактическое число оборотов, с учетом типа станка:

$$n_{\text{ст}} = 450 \text{ об/мин.}$$

5. Фактическая скорость резания:

$$V = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 94 \cdot 450}{1000} = 133 \frac{\text{м}}{\text{мин}}.$$

6. Определяем главную составляющую силы резания по формуле:

$$P_z = 10 \cdot C_P \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_P$$

Значения коэффициентов: $C_P = 300$; $n = -0,15$; $x = 1,0$; $y = 0,75$ – определены по таблице 22 [4, с.273].

Коэффициент K_P :

$$K_P = K_{MP} \cdot K_{\phi P} \cdot K_{\gamma P} \cdot K_{\lambda P} \cdot K_{\tau P}$$

Коэффициенты, входящие в формулу, учитывают фактические условия резания.

По таблице 9, 23 [4, с.264]:

$$K_{MP} = \left(\frac{\sigma_B}{750} \right)^n = \left(\frac{980}{750} \right)^{0,75} = 1,22$$

$$K_{MP} = 1,22; K_{\phi P} = 0,89; K_{\gamma P} = 1,0; K_{\lambda P} = 1,0; K_{\tau P} = 0,93.$$

$$K_P = K_{MP} \cdot K_{\phi P} \cdot K_{\gamma P} \cdot K_{\lambda P} \cdot K_{\tau P} = 1,22 \cdot 0,89 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 0,93 = 1,01.$$

Главная составляющая силы резания:

$$P_z = 10 \cdot C_P \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_P = 10 \cdot 300 \cdot 1,7^1 \cdot 0,6^{0,75} \cdot 133^{-0,15} \cdot 1,01 =$$

1169 Н.

7. Мощность резания:

$$N = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60} = \frac{1169 \cdot 133}{1020 \cdot 60} = 2,54 \text{ кВт.}$$

8. Мощность привода главного движения:

$$N_{\text{пр}} = \frac{N}{\eta} = \frac{2,54}{0,75} = 3,4 \text{ кВт.}$$

Так как значение к.п.д. привода нам неизвестно, то принимаем худший вариант $\eta = 0,75$.

Проверка по мощности:

$$N \leq N_{\text{ст}} \cdot \eta;$$

$$3,4 < 35$$

где $N_{\text{ст}}$ – мощность электродвигателя главного привода станка.

$$t_o = \frac{(160 + 2 + 1 + 1) \cdot 1}{0,6 \cdot 250} = 0,91 \text{ мин}$$

6. *Расточить поверхность 13 промежуточно*

1. Глубина резания: $t = 0,5$ мм.

2. Подача по таблице 11 [4, с.266] для данной глубины резания:

$s = 0,3$ мм/об

3. Скорость резания определяется по формуле:

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

Период стойкости инструмента принимаем: $T=30$ мин.

Значения коэффициентов: $C_V = 350$; $m = 0,2$; $x = 0,15$; $y = 0,35$ – определены по таблице 17 [4, с.269].

$$K_V = K_{MV} \cdot K_{ПВ} \cdot K_{ИВ} = 0,76 \cdot 0,9 \cdot 1,0 = 0,69.$$

Скорость резания:

$$V = \frac{C_V}{T^m \cdot t^x \cdot S^y} \cdot K_V = \frac{350}{30^{0,2} \cdot 0,5^{0,15} \cdot 0,3^{0,35}} \cdot 0,69 = 207 \frac{\text{м}}{\text{мин}}.$$

4. Расчётное число оборотов шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d} = \frac{1000 \cdot 207}{3,14 \cdot 94} = 701 \frac{\text{об}}{\text{мин}}$$

Принимаем фактическое число оборотов, с учетом типа станка:

$$n_{\text{ст}} = 700 \text{ об/мин.}$$

5. Фактическая скорость резания:

$$V = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 94 \cdot 700}{1000} = 207 \frac{\text{м}}{\text{мин}}$$

6. Определяем главную составляющую силы резания по формуле:

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p$$

Значения коэффициентов: $C_p = 300$; $n = -0,15$; $x = 1,0$; $y = 0,75$ – определены по таблице 22 [4, с.273].

$$K_p = K_{\text{MP}} \cdot K_{\text{фP}} \cdot K_{\text{γP}} \cdot K_{\text{λP}} \cdot K_{\text{тP}} = 1,22 \cdot 0,89 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 0,93 = 1,01.$$

Главная составляющая силы резания:

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p = 10 \cdot 300 \cdot 0,5^1 \cdot 0,3^{0,75} \cdot 207^{-0,15} \cdot 1,01 =$$

191 Н.

7. Мощность резания:

$$N = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60} = \frac{191 \cdot 207}{1020 \cdot 60} = 0,7 \text{ кВт.}$$

8. Мощность привода главного движения:

$$N_{\text{пр}} = \frac{N}{\eta} = \frac{0,7}{0,75} = 0,9 \text{ кВт.}$$

Так как значение к.п.д. привода нам неизвестно, то принимаем худший вариант $\eta = 0,75$.

Проверка по мощности:

$$N \leq N_{\text{ст}} \cdot \eta;$$

$$0,9 < 35$$

где $N_{\text{ст}}$ – мощность электродвигателя главного привода станка.

$$t_o = \frac{(160 + 2 + 1 + 1) \cdot 1}{0,3 \cdot 700} = 1 \text{ мин}$$

7. Расточить поверхность I3окончательно

1. Глубина резания: $t = 0,2$ мм.

2. Подача по таблице 11 [4, с.266] для данной глубины резания:

$s = 0,15$ мм/об

3. Скорость резания определяется по формуле:

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

Период стойкости инструмента принимаем: $T=30$ мин.

Значения коэффициентов: $C_V = 350$; $m = 0,2$; $x = 0,15$; $y = 0,35$ – определены по таблице 17 [4, с.269].

$$K_V = K_{MV} \cdot K_{ПВ} \cdot K_{ИВ} = 0,76 \cdot 0,9 \cdot 1,0 = 0,69.$$

Скорость резания:

$$V = \frac{C_V}{T^m \cdot t^x \cdot S^y} \cdot K_V = \frac{350}{30^{0,2} \cdot 0,2^{0,15} \cdot 0,15^{0,35}} \cdot 0,69 = 304 \frac{\text{м}}{\text{мин}}$$

4. Расчётное число оборотов шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d} = \frac{1000 \cdot 304}{3,14 \cdot 94} = 1025 \frac{\text{об}}{\text{мин}}$$

Принимаем фактическое число оборотов, с учетом типа станка:

$$n_{\text{ст}} = 1000 \text{ об/мин.}$$

5. Фактическая скорость резания:

$$V = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 94 \cdot 1000}{1000} = 295 \frac{\text{м}}{\text{мин}}$$

6. Определяем главную составляющую силы резания по формуле:

$$P_z = 10 \cdot C_P \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_P$$

Значения коэффициентов: $C_P = 300$; $n = -0,15$; $x = 1,0$; $y = 0,75$ – определены по таблице 22 [4, с.273].

$$K_P = K_{MP} \cdot K_{фP} \cdot K_{\gamma P} \cdot K_{\lambda P} \cdot K_{\text{тP}} = 1,22 \cdot 0,89 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 0,93 = 1,01.$$

Главная составляющая силы резания:

$$P_z = 10 \cdot C_P \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_P = 10 \cdot 300 \cdot 0,2^1 \cdot 0,15^{0,75} \cdot 295^{-0,15} \cdot 1,01 =$$

43 Н.

7. Мощность резания:

$$N = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60} = \frac{43 \cdot 295}{1020 \cdot 60} = 0,21 \text{ кВт.}$$

8. Мощность привода главного движения:

$$N_{\text{пр}} = \frac{N}{\eta} = \frac{0,21}{0,75} = 0,3 \text{ кВт.}$$

Так как значение к.п.д. привода нам неизвестно, то принимаем худший вариант $\eta = 0,75$.

Проверка по мощности:

$$N \leq N_{\text{ст}} \cdot \eta;$$
$$0,3 < 35$$

где $N_{\text{ст}}$ – мощность электродвигателя главного привода станка.

$$t_o = \frac{(160 + 2 + 1 + 1) \cdot 1}{0,15 \cdot 1000} = 1,99 \text{ мин}$$

8. Сверлить 6 отв. 14

1. Глубина резания: $t = 5$ мм.

2. Подача по таблице 25 [4, с.277] для данной глубины резания:

$$s = 0,23 \text{ мм/об}$$

3. Скорость резания определяется по формуле:

$$V = \frac{C_V D^q}{T^m \cdot S^y} \cdot K_V,$$

Период стойкости инструмента принимаем: $T=45$ мин.

Значения коэффициентов: $C_V = 9,8$; $m = 0,20$; $y = 0,5$; $q=0,4$ – определены по таблице 29 [4, с.278].

Коэффициент K_V :

$$K_V = K_{MV} \cdot K_{ПВ} \cdot K_{ТВ},$$

где K_{MV} – коэффициент, учитывающий качество обрабатываемого материала;

$K_{ПВ}$ – коэффициент, отражающий состояние поверхности заготовки;

$K_{ТВ}$ – коэффициент, учитывающий глубину сверления.

По табл. 1, 5, 6 [4, с.261]:

$$K_{MV} = K_{\Gamma} \left(\frac{750}{\sigma_B} \right)^{Nv},$$

Значение коэффициента K_{Γ} и показатель степени n_v для материала инструмента из твердого сплава при обработке заготовки из стали 40Х берем из таблицы 2 [4, с.262]:

$$K_{\Gamma} = 1,0 \quad n_v = 1,0$$

$$K_{MV} = K_{\Gamma} \left(\frac{750}{\sigma_B} \right)^{Nv} = 1,0 \cdot \left(\frac{750}{980} \right)^1 = 0,76$$

$$K_{MV} = 0,76; \quad K_{ПВ} = 0,9; \quad K_{ТВ} = 0,85.$$

$$K_V = K_{MV} \cdot K_{ПВ} \cdot K_{ТВ} = 1,5 \cdot 0,9 \cdot 0,85 = 0,58.$$

Скорость резания:

$$V = \frac{C_V D^q}{T^m \cdot S^y} \cdot K_V = \frac{9,8 \cdot 10^{0,4}}{45^{0,2} \cdot 0,23^{0,5}} \cdot 0,58 = 24 \frac{\text{м}}{\text{мин}}.$$

4. Расчётное число оборотов шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d} = \frac{1000 \cdot 24}{3,14 \cdot 10} = 763 \frac{\text{об}}{\text{мин}}.$$

Принимаем фактическое число оборотов, с учетом типа станка:

$$n_{\text{ст}} = 750 \text{ об/мин.}$$

5. Фактическая скорость резания:

$$V = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 10 \cdot 750}{1000} = 24 \frac{\text{м}}{\text{мин}}.$$

6. Определяем осевую силу резания по формуле:

$$P_o = 10 \cdot C_p \cdot D^q \cdot S^y \cdot K_p$$

Значения коэффициентов: $C_p = 68$; $q = 1,0$; $y = 0,7$ – определены по таблице 32 [4, с.281].

Коэффициент K_p :

$$K_p = K_{MP}$$

Коэффициенты, входящие в формулу, учитывают фактические условия резания.

По таблице 9, 23 [4, с.264]:

$$K_{MP} = \left(\frac{\sigma_B}{750} \right)^n = \left(\frac{980}{750} \right)^{0,75} = 1,22$$

Главная составляющая силы резания:

$$P_0 = 10 \cdot C_P \cdot D^q \cdot S^y \cdot K_P = 10 \cdot 0,68 \cdot 10^1 \cdot 0,23^{0,7} \cdot 1,22 = 2965 \text{ Н.}$$

Крутящий момент:

$$M_{кр} = 10 \cdot C_M \cdot D^q \cdot S^y \cdot K_P$$

Значения коэффициентов: $C_P = 0,0345$; $q = 2,0$; $y = 0,8$ – определены по таблице 32 [4, с.281].

$$M_{кр} = 10 \cdot C_M \cdot D^q \cdot S^y \cdot K_P = 10 \cdot 0,0345 \cdot 10^2 \cdot 0,23^{0,8} \cdot 1,22 = 13 \text{ Нм}$$

7. Мощность резания:

$$N = \frac{M_{кр} \cdot \pi}{9750} = \frac{13 \cdot 750}{9750} = 0,99 \text{ кВт.}$$

8. Мощность привода главного движения:

$$N_{пр} = \frac{N}{\eta} = \frac{0,99}{0,75} = 1,3 \text{ кВт.}$$

Так как значение к.п.д. привода нам неизвестно, то принимаем худший вариант $\eta = 0,75$.

Проверка по мощности:

$$N \leq N_{ст} \cdot \eta;$$
$$1,3 < 35$$

где $N_{ст}$ – мощность электродвигателя главного привода станка.

$$t_o = \frac{(25 + 2 + 1 + 1) \cdot 6}{0,23 \cdot 750} = 0,97 \text{ мин}$$

9. Нарезать резьбу в 6 отв. 14

1. Подача: $s = P = 1 \text{ мм/об}$, где P – шаг резьбы.

2. Скорость резания определяется по формуле:

$$V = \frac{C_V \cdot i^x}{T^m \cdot S^y} \cdot K_V,$$

Период стойкости инструмента принимаем: $T=70$ мин.

Значения коэффициентов: $C_V = 244$; $m = 0,2$; $x = 0,23$; $y = 0,3$ – определены по таблице 17 [4, с.269].

Коэффициент K_V определяем по формуле:

$$K_V = K_{MV} \cdot K_{CV} \cdot K_{IV},$$

где K_{CV} – коэффициент, учитывающий способ нарезания резьбы.

По табл. 1, 5, 6 [4, с.261]:

$$K_{MV} = 0,76; K_{CV} = 1,0; K_{IV} = 1,0.$$

$$K_V = K_{MV} \cdot K_{CV} \cdot K_{IV} = 0,76 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 0,76.$$

Скорость резания, формула:

$$V = \frac{C_v \cdot i^x}{T^m \cdot S^y} \cdot K_v = \frac{244 \cdot 9^{0,23}}{70^{0,2} \cdot 1^{0,3}} \cdot 0,76 = 13,7 \text{ м/мин.}$$

3. Расчётное число оборотов шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d} = \frac{1000 \cdot 13,7}{3,14 \cdot 12} = 363,5 \frac{\text{об}}{\text{мин.}}$$

Принимаем фактическое число оборотов, с учетом типа станка:

$$n_{\text{ст}} = 360 \text{ об/мин.}$$

4. Фактическая скорость резания:

$$V = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 12 \cdot 360}{1000} = 13,6 \frac{\text{м}}{\text{мин.}}$$

5. Определяем главную составляющую силы резания по формуле :

$$P_z = \frac{10C_p P^y}{i^n} K_p,$$

Значения коэффициентов: $C_p = 148$; $n = 0,71$; $y = 1,7$ – определены по таблице 51 [4, с.298].

Коэффициент $K_p = K_{MP} = 1,22$.

Главная составляющая силы резания:

$$P_z = \frac{10C_p P^y}{i^n} K_p = \frac{10 \cdot 148 \cdot 1^{1,7}}{9^{0,71}} 1,22 = 376 \text{ Н.}$$

6. Мощность резания:

$$N = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60} = \frac{376 \cdot 13,6}{1020 \cdot 60} = 0,1 \text{ кВт.}$$

7. Мощность привода главного движения:

$$N_{\text{пр}} = \frac{N}{\eta} = \frac{0,1}{0,75} = 0,13 \text{ кВт.}$$

Проверка по мощности:

$$N \leq N_{\text{ст}} \cdot \eta;$$

$$0,13 < 35$$

Основное время определяем по формуле:

$$t_o = \frac{(20 + 2 + 1 + 1) \cdot 6}{1 \cdot 360} = 0,29 \text{ мин}$$

Расчеты режимов резания по технологическому процессу изготовления детали «Куб» представлены в таблице 11.

Таблица 12 – Режимы резания

| № оп | Наименование операции и перехода | Количество проходов i | $L_{p,x}$, мм | t , мм | S , мм/об | n , об/мин | V , м/мин | T_o , мин |
|--------------------|---|-------------------------|----------------|----------|-------------|--------------|-------------|-------------|
| 010 Фрезерная | | | | | | | | |
| 1 | Фрезеровать поверхности 1,2,3 | 3 | 160 | 2,2 | 0,08 | 150 | 94 | 3,8 |
| 2 | Фрезеровать поверхности 1,3,4 | 3 | 160 | 2,2 | 0,08 | 150 | 94 | 3,8 |
| Всего | | | | | | | | 7,6 |
| 015 Токарная с ЧПУ | | | | | | | | |
| 1 | Центровать отверстие | 1 | 54 | 2,7 | 0,3 | 500 | 148 | 1,01 |
| 2 | Сверлить отверстие | 1 | 40 | 1,7 | 0,6 | 250 | 127 | 0,87 |
| 3 | Расточить поверхности 8,9,12 предварительно | 1 | 133 | 1,7 | 0,6 | 450 | 127 | 0,49 |
| 4 | Расточить поверхности 8,9,12 промежуточно | 1 | 50 | 0,5 | 0,15 | 900 | 254 | 1,91 |
| 5 | Расточить поверхность 8,9,12 окончательно | 1 | 50 | 0,2 | 0,1 | 1150 | 347 | 3,05 |
| 6 | Расточить поверхность 12 | 1 | 40 | 1,7 | 0,6 | 250 | 127 | 0,87 |
| 7 | Расточить поверхность 7 | 1 | 40 | 1,7 | 0,6 | 250 | 127 | 0,87 |
| Всего | | | | | | | | 9,07 |
| 025 Токарная с ЧПУ | | | | | | | | |
| 1 | Центровать отверстие | 1 | 54 | 2,7 | 0,3 | 500 | 148 | 1,01 |
| 2 | Сверлить отверстие | 1 | 40 | 1,7 | 0,6 | 250 | 127 | 0,87 |
| 3 | Расточить поверхность 13 предварительно | 1 | 133 | 1,7 | 0,6 | 450 | 127 | 0,49 |
| 4 | Расточить поверхности 13 промежуточно | 1 | 50 | 0,5 | 0,15 | 900 | 254 | 1,91 |
| 5 | Расточить поверхность 13 окончательно | 1 | 50 | 0,2 | 0,1 | 1150 | 347 | 3,05 |
| Всего | | | | | | | | 7,33 |

Окончание таблицы 12 – Режимы резания

| 035 Координатно-сверлильная | | | | | | | | |
|-----------------------------|------------------------------|---|----|---|------|-----|------|------|
| 1 | Сверлить 8 отв. ф11 | 8 | 25 | 5 | 0,23 | 750 | 24 | 1,3 |
| 2 | Нарезать резьбу в 8 отв. М12 | 8 | 20 | 1 | 1 | 360 | 13,6 | 0,39 |
| 3 | Сверлить 8 отв. ф11 | 8 | 25 | 5 | 0,23 | 750 | 24 | 1,3 |
| 4 | Нарезать резьбу в 8 отв. М12 | 8 | 25 | 1 | 1 | 360 | 13,6 | 0,39 |
| 5 | Сверлить 6 отв. 11 | 6 | 25 | 5 | 0,23 | 750 | 24 | 0,97 |
| 6 | Нарезать резьбу в 6 отв. М12 | 6 | 20 | 1 | 1 | 360 | 13,6 | 0,29 |
| 7 | Сверлить 6 отв. 11 | 6 | 25 | 5 | 0,23 | 750 | 24 | 0,97 |
| 8 | Нарезать резьбу в 6 отв. М12 | 6 | 20 | 1 | 1 | 360 | 13,6 | 0,29 |
| Всего | | | | | | | | 5,9 |

4.2 Нормирование технологических переходов

Определение нормы времени:

$$T_{шт} = T_o + \sum T_v + T_{обс} + T_{отд},$$

где $T_{шт}$ – штучное время на операции;

T_o – основное (машинное) штучное время на операции;

T_v – вспомогательное время на операции;

Вспомогательное время на операцию составит:

$$T_v = T_{уст} + T_{пер} + T_{изм},$$

где $T_{уст}$ – вспомогательное время на установку снятие детали (установить и закрепить деталь, включить и выключить станок, открепить и снять деталь, очистить приспособление от стружки), мин.

$T_{пер}$ – вспомогательное время, связанное с переходом, мин. (подвод инструмента к детали, включение и выключение подачи, отвод инструмента в исходное положение), мин;

$T_{изм}$ – вспомогательное время, связанное с контрольными измерениями, мин. Время на измерение предусматривает выполнение работ типичных для обработки на станках, включая время на взятие инструмента, установку размера измерения и очистку (в необходимых случаях) измеряемой поверхности.

Расчет нормы времени на фрезерную операцию с ЧПУ 015.

Основное (машинное) время на операции:

$$T_o = 14,05 \text{ мин}$$

Вспомогательное (машинное) время:

$$T_v = 0,1 * 4 = 0,4 \text{ мин}$$

Время на установку

$$T_{вус} = 0,45 \text{ мин}$$

Время на контрольные измерения

$$T_{мер} = 1,1 + 0,2 = 1,3 \text{ мин}$$

Вспомогательное время:

$$\Sigma T_v = T_v + T_{вус} + T_{мер} = 0,4 + 0,45 * 2 + 1,3 = 2,6 \text{ мин}$$

Оперативное время:

$$T_{оп} = T_o + T_v = 14,05 + 2,6 = 16,65 \text{ мин}$$

Время на отдых и обслуживание рабочего места:

$$T_{обс} = \frac{2,5\%}{100\%} \cdot T_{оп} = \frac{2,5\%}{100\%} \cdot 16,65 = 0,4 \text{ мин}$$

$$T_{отд} = \frac{4\%}{100\%} \cdot T_{оп} = \frac{4\%}{100\%} \cdot 16,65 = 0,7 \text{ мин}$$

Штучное время:

$$T_{шт} = 16,65 + 0,4 + 0,7 = 17,75 \text{ мин}$$

Подготовительно-заключительное время:

$$T_{п.з.} = 11 + 7 + 4 = 22 \text{ мин.}$$

Для серийного производства определяем норму штучно-калькуляционного времени по формуле:

$$T_{шт-к} = T_{шт} + \frac{T_{пз}}{N},$$

где: $T_{шт}$. – норма штучного времени на изготовление детали;

$T_{п.з.}$ – норма подготовительно-заключительного времени на наладку станка, получение документов и т.д.

$$T_{шт-к} = 17,75 + \frac{22}{61} = 18,1 \text{ мин.}$$

Результаты расчета норм времени представлены в таблице 12.

Таблица 12 – Нормирование операции табличным методом

| № операции | T _о | T _в | T _{оп} | T _{обсл} | T _{отд} | T _{шт} | T _{пз} | T _{шт-к} |
|------------|----------------|----------------|-----------------|-------------------|------------------|-----------------|-----------------|-------------------|
| 015 | 14,05 | 2,6 | 16,65 | 0,4 | 0,7 | 17,75 | 22 | 18,1 |
| 025 | 10,71 | 2,8 | 13,51 | 0,3 | 0,5 | 14,31 | 22 | 14,67 |

4.3 Разработка управляющих программ (УП) для станков с ЧПУ

Программа ЧПУ на фрезерную операцию с ЧПУ 020 установ А.

Модуль ЧПУ. Фрезерная обработка - САМ-приложение, полностью интегрированное в КОМПАС-3D. Предназначено для разработки управляющих программ для фрезерных станков с ЧПУ (32-координатная токарная обработка).

Центральной задачей, на решение которой ориентирован модуль токарной обработки, является получение программ обработки на станках с ЧПУ сложных деталей изделий машиностроения, изготавливаемых с помощью фрезерования, сверления и т.д.

Исходными данными являются модели, построенные в проектно-конструкторской среде КОМПАС.

- Задаем локальную систему координат, аналогичную системе станков ЧПУ;

- Задаем систему ЧПУ, указав систему постпроцессор, рис. 6;

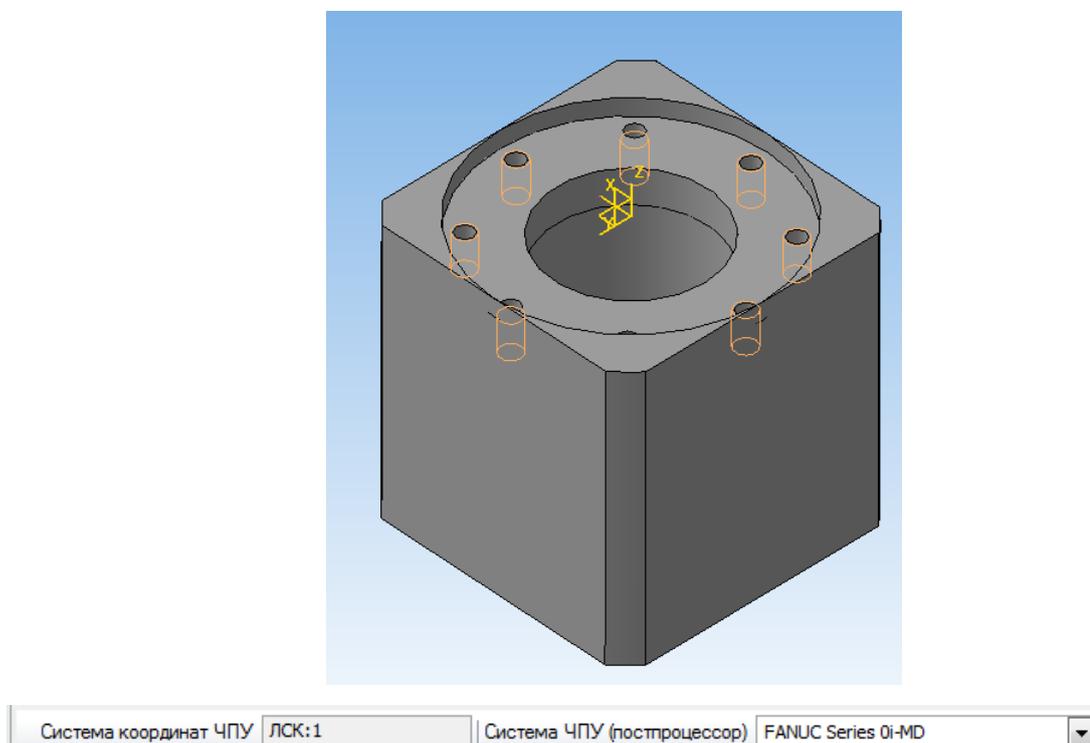


Рисунок 6 – Система ЧПУ

- Формируем заготовку детали, выполнив ее 3D модель, приспособление, режущий инструмент и исходную точку, рис. 7.

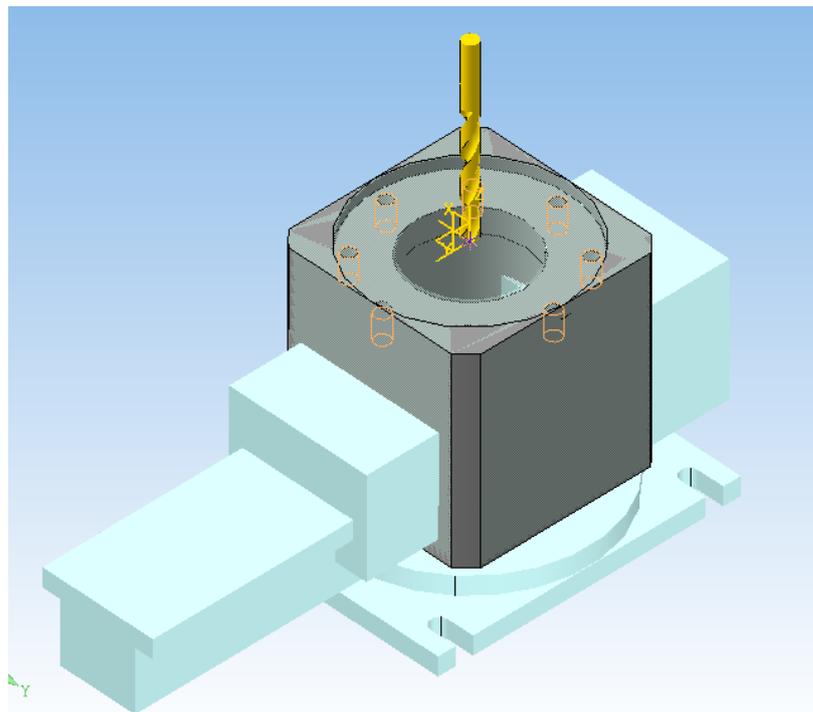
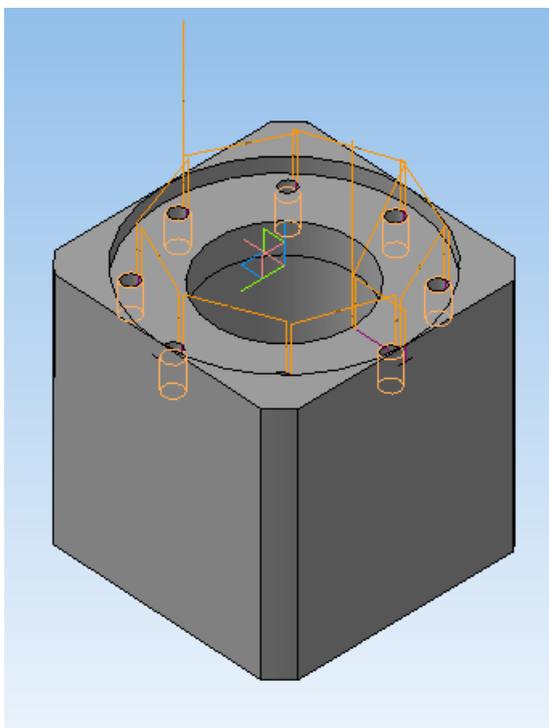


Рисунок 7 – Иллюстрация закрепления заготовки

Иллюстрации сгенерированных траекторий токарной обработки ЧПУ детали «Куб»:



Программа ЧПУ:

N001 G90 G40 G17
N002 STOCK_MIN X-80 Y-80 Z-160
N003 STOCK_MAX X80 Y80 Z0
N004 T00
N005 S1000 F100
N006 M03
N007 G00 X-45 Y0
N008 G00 Z-10
N009 G01 Z-30
N010 G00 Z20
N011 G00 Z-130
N012 G01 Z-160
N013 G00 Z20
N014 G00 X-80
N015 G00 Z0
N016 G01 Z-10
N017 G01 X-47
N018 G00 Z20
N019 M03
N020 G00 X-45
N021 G00 Z-30
N022 G01 X-47
N023 G01 Z-130
N024 G01 X-45
N025 G00 Z20
N026 M03
N027 G00 Z-10
N028 G01 Z-30
N029 G00 Z20
N030 G00 Z-130

N031 G01 Z-160
N032 G00 Z20
N033 M03
N034 G00 Z-10
N035 G01 Z-30
N036 G00 Z20
N037 G00 Z-130
N038 G01 Z-160
N039 G00 Z20
N040 M03
N041 G00 X-1.5 Y-75.053
N042 G00 Z-10
N043 G01 X0
N044 G03 X0 Y-64.947 R5.053
N045 G03 X0 Y-75.053 R5.053
N046 G01 X1.5
N047 G00 Z20
N048 G00 X-50.997 Y-54.550
N049 G00 Z-10
N050 G01 X-49.497
N051 G03 X-49.497 Y-44.445 R5.053
N052 G03 X-49.497 Y-54.550 R5.053
N053 G01 X-47.997
N054 G00 Z20
N055 G00 X-71.5 Y-5.053
N056 G00 Z-10
N057 G01 X-70
N058 G03 X-70 Y5.053 R5.053
N059 G03 X-70 Y-5.053 R5.053
N060 G01 X-68.5

N061 G00 Z20
N062 G00 X-50.997 Y44.497
N063 G00 Z-10
N064 G01 X-49.497
N065 G03 X-49.497 Y54.497 R5
N066 G03 X-49.497 Y44.497 R5
N067 G01 X-47.997
N068 G00 Z20
N069 G00 X-1.5 Y64.947
N070 G00 Z-10
N071 G01 X0
N072 G03 X0 Y75.053 R5.053
N073 G03 X0 Y64.947 R5.053
N074 G01 X1.5
N075 G00 Z20
N076 G00 X47.997 Y44.445
N077 G00 Z-10
N078 G01 X49.497
N079 G03 X49.497 Y54.550 R5.053
N080 G03 X49.497 Y44.445 R5.053
N081 G01 X50.997
N082 G00 Z20
N083 G00 X68.5 Y-5.053
N084 G00 Z-10
N085 G01 X70
N086 G03 X70 Y5.053 R5.053
N087 G03 X70 Y-5.053 R5.053
N088 G01 X71.5
N089 G00 Z20
N090 G00 X47.997 Y-54.550

N091 G00 Z-10
N092 G01 X49.497
N093 G03 X49.497 Y-44.445 R5.053
N094 G03 X49.497 Y-54.550 R5.053
N095 G01 X50.997
N096 G00 Z20
N097 M03
N098 G00 X47.997
N099 G00 Z-10
N100 G01 X49.497
N101 G03 X49.497 Y-44.445 R5.053
N102 G03 X49.497 Y-54.550 R5.053
N103 G01 X50.997
N104 G00 Z20
N105 G00 X-1.5 Y-75.053
N106 G00 Z-10
N107 G01 X0
N108 G03 X0 Y-64.947 R5.053
N109 G03 X0 Y-75.053 R5.053
N110 G01 X1.5
N111 G00 Z20
N112 G00 X-50.997 Y-54.550
N113 G00 Z-10
N114 G01 X-49.497
N115 G03 X-49.497 Y-44.445 R5.053
N116 G03 X-49.497 Y-54.550 R5.053
N117 G01 X-47.997
N118 G00 Z20
N119 G00 X-71.5 Y-5.053
N120 G00 Z-10

N121 G01 X-70
N122 G03 X-70 Y5.053 R5.053
N123 G03 X-70 Y-5.053 R5.053
N124 G01 X-68.5
N125 G00 Z20
N126 G00 X-50.997 Y44.497
N127 G00 Z-10
N128 G01 X-49.497
N129 G03 X-49.497 Y54.497 R5
N130 G03 X-49.497 Y44.497 R5
N131 G01 X-47.997
N132 G00 Z20
N133 G00 X-1.5 Y64.947
N134 G00 Z-10
N135 G01 X0
N136 G03 X0 Y75.053 R5.053
N137 G03 X0 Y64.947 R5.053
N138 G01 X1.5
N139 G00 Z20
N140 G00 X47.997 Y44.445
N141 G00 Z-10
N142 G01 X49.497
N143 G03 X49.497 Y54.550 R5.053
N144 G03 X49.497 Y44.445 R5.053
N145 G01 X50.997
N146 G00 Z20
N147 G00 X68.5 Y-5.053
N148 G00 Z-10
N149 G01 X70
N150 G03 X70 Y5.053 R5.053

N151 G03 X70 Y-5.053 R5.053

N152 G01 X71.5

N153 G00 Z100

N154 M05

N155 M30

5 Анализ разработанного технологического процесса

5.1 Размерный анализ технологического процесса

Цель: выявление размерных связей и последовательности обработки поверхностей с целью обеспечения заданной точности изготовления детали.

Задачи размерного анализа:

- определение технологических настроечных размеров;
- определение межоперационных припусков и общего припуска на обработку;
- проверка размеров заготовки;
- проверка правильности выбора последовательности обработки поверхностей;
- проверка точности изготовления детали, проверка правильности выбора схем базирования и закрепления детали, проверка правильности выбора оборудования и выбранного способа настройки инструмента.

По схеме линейных операционных размеров (рисунок 8) составляем уравнения. Уравнения и результаты их решения приведены в таблице 13.

Канонические уравнения конструкторских размеров:

1. $A=A_2=160_{-1}\text{мм}$

2. $B=A_6=10^{+0,36}\text{мм}$

3. $B= A_2-A_5$

4. $\Gamma=A_4=30^{+0,52}\text{мм}$

5. $D=A_3=10^{+0,36}\text{мм}$

Расчет начинается с уравнения с замыкающим конструкторским звеном, где присутствует один неизвестный технологический размер. Это двухзвенная цепь. Параметры неизвестного технологического размера будут равны аналогичным параметрам конструкторского размера.

2. $B= A_6-A_5$

Проверка допуска конструкторского размера

$$IT(B) \geq IT(A2) + IT(A5)$$

$0,52 \geq 1 + A5$ Условие не выполнено. Следовательно ужесточаем допуск на размер A21 по 12 качеству, тогда допуск на размер A2=0,4мм

$$IT(A5) = 0,52 - 0,4 = 0,12 \text{ мм}$$

$$B_{\min} = A2_{\min} - A5_{\max}$$

$$A5_{\max} = A2_{\min} - B_{\min} = 159,6 - 30 = 129,6 \text{ мм}$$

$$A5_{\min} = A5_{\max} - IT(A5) = 129,6 - 0,12 = 129,48 \text{ мм}$$

$$A5 = 129,6_{-0,12} \text{ мм}$$

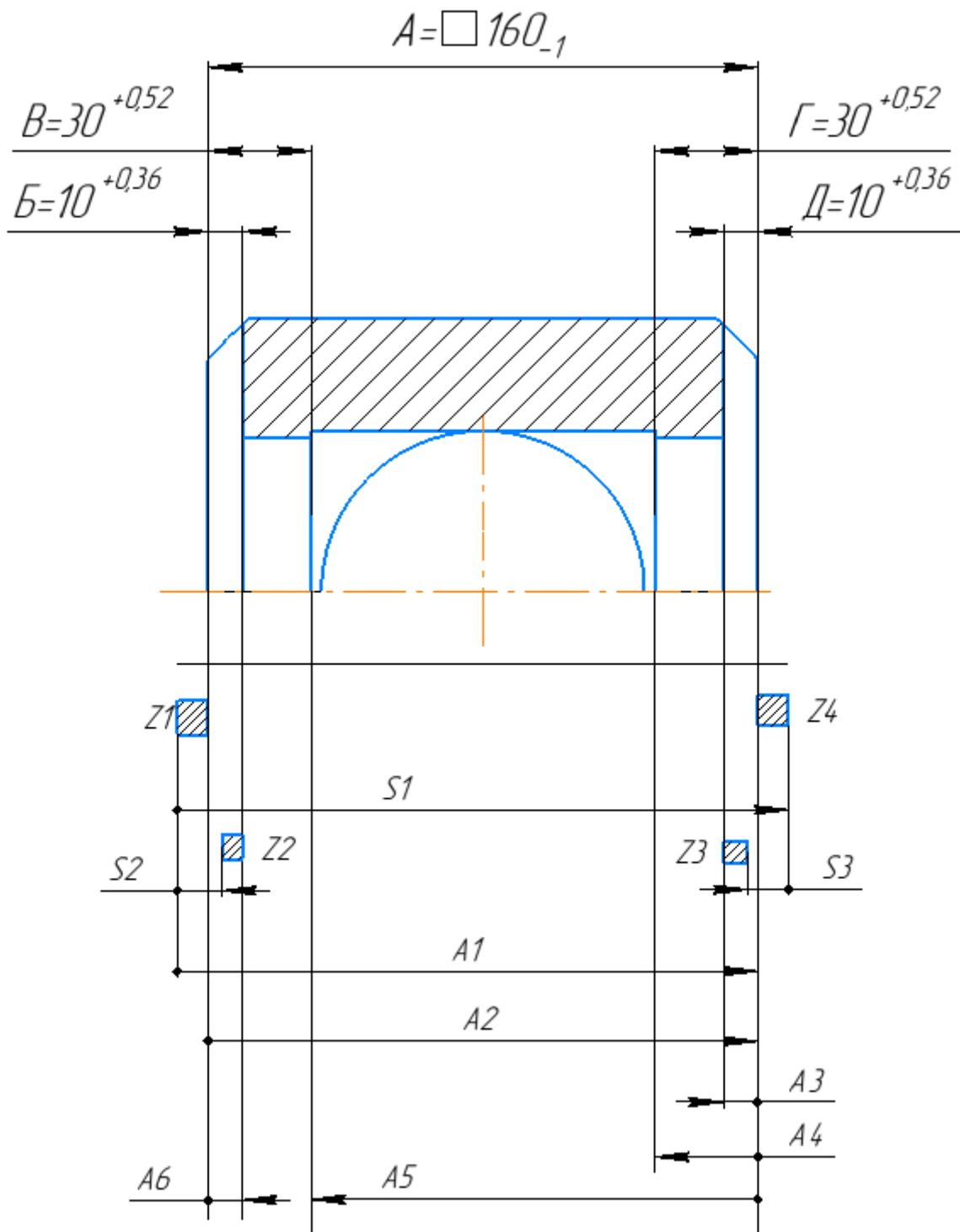


Рисунок 8 - Схема линейных операционных размеров

Если замыкающим звеном цепи является минимальный припуск, то уравнение эффективнее решать способом предельных значений.

$$1. Z_{1\min} = A_1 - A_2$$

$$Z_{1\min} = A_{1\min} - A_{2\max}$$

$$A1_{\min} = Z1_{\min} + A2_{\max} = 2,2 + 160 = 162,2 \text{ мм}$$

$Z1_{\min} = 2,2 \text{ мм}$ в соответствии с таблицами экономической точности механообработки.

$$A1_{\max} = A1_{\min} + IT(A1) = 162,2 + 1 = 163,2 \text{ мм}$$

$$A1 = 162,2_{-1} \text{ мм}$$

$$2. Z4_{\min} = S1 - A1$$

$$Z4_{\min} = S1_{\min} - A1_{\max}$$

$$S1_{\min} = Z4_{\min} + A1_{\max} = 2,2 + 163,2 = 165,4 \text{ мм}$$

$Z1_{\min} = 2,2 \text{ мм}$ в соответствии с таблицами экономической точности механообработки.

$$S1_{\max} = S1_{\min} + IT(S1) = 165,4 + 3,6 = 169 \text{ мм}$$

$$S1 = 166,6_{-1,2}^{+2,4} \text{ мм}$$

$$3. Z2_{\min} = A6 - S2 + A1 - A2$$

$$Z2_{\min} = A6_{\min} - S2_{\max} + A1_{\min} - A2_{\max}$$

$$S2_{\max} = A6_{\min} - Z2_{\min} + A1_{\min} - A2_{\max} = 10 - 2,2 + 162,2 - 160 = 10 \text{ мм}$$

$Z2_{\min} = 2,2 \text{ мм}$ в соответствии с таблицами экономической точности механообработки.

$$S2_{\max} = S2_{\min} - IT(S2) = 10 - 2,2 = 7,8 \text{ мм}$$

$$S2 = 8,6_{-0,8}^{+1,8} \text{ мм}$$

$$4. Z3_{\min} = A3 - S3 + S1 - A1$$

$$Z3_{\min} = A3_{\min} - S3_{\max} + S1_{\min} - A1_{\max}$$

$$S3_{\max} = A3_{\min} - Z3_{\min} + S1_{\min} - A1_{\max} = 10 - 2,2 + 165,4 - 163,2 = 10 \text{ мм}$$

$Z3_{\min} = 2,2 \text{ мм}$ в соответствии с таблицами экономической точности механообработки.

$$S3_{\max} = S3_{\min} - IT(S3) = 10 - 2,2 = 7,8 \text{ мм}$$

$$S3 = 8,6_{-0,8}^{+1,8} \text{ мм}$$

Таблица 13- Уравнения размерных цепей

| № п/п | Канонические уравнения | Уравнения замыкающего звена | Определяемое звено, мм | Допуск на операционный размер, мм | Операционный размер |
|-------|-----------------------------|-------------------------------------|------------------------|-----------------------------------|-----------------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| 1 | $A=A_2$ | $A=A_2$ | A_2 | 0,4 | $160_{-0,4}$ |
| 2 | $B=A_6$ | $B=A_6$ | A_6 | 0,36 | $10^{+0,36}$ |
| 3 | $B= A_2-A_5$ | $A_5=A_2-B$ | A_5 | 0,12 | $129,6_{-0,12}$ |
| 4 | $\Gamma=A_4$ | $\Gamma=A_4$ | A_4 | 0,52 | $30^{+0,52}$ |
| 5 | $\Delta=A_3$ | $\Delta=A_3$ | A_3 | 0,36 | $10^{+0,36}$ |
| 6 | $Z_1 =A_1-A_2$ | $A_{1\min} = Z_{1\min} + A_{2\max}$ | A_1 | 1 | $162,2_{-1}$ |
| 7 | $Z_{2n} =A_6-S_2+ A_1-A_2$ | $S_2 = A_6- Z_2 + A_{1n}-A_2$ | S_2 | 2,2 | $8,6^{+1,8}_{-0,8}$ |
| 8 | $Z_{3\min} =A_3-S_3+ S_1-A$ | $S_3 = A_{3n}- Z_{3n} + S_1-A_1$ | S_3 | 2,2 | $8,6^{+1,8}_{-0,8}$ |
| 9 | $Z_{4m} =S_1-A_1$ | $S_1= Z_4+ A_1$ | S_1 | 3,6 | $166,6^{+2,4}_{-1,2}$ |

5.2 Техничко-экономические показатели технологического процесса

Исходные данные по технологическому процессу представлены в таблице 14.

Таблица 14 – Трудоемкость работ по операциям технологического процесса

| Номер операции | Наименование операции | Оборудование | Трудоемкость операции $t_{шт}$, мин. | Годовая программа N_g , шт. |
|----------------|-----------------------|---------------------------------|---------------------------------------|-------------------------------|
| 015 | Токарная с ЧПУ | Токарный станок с ЧПУ АСС 16 Ф3 | 17,75 | 1000 |
| 025 | Токарная с ЧПУ | Токарный станок с ЧПУ АСС 16 Ф3 | 14,31 | 1000 |
| Итого: | | | 32,06 | |

Расчетное количество оборудования $S_{об i}$, определяется по формуле:

$$S_{об i} = \frac{T_{шти} \cdot N}{\Phi_{до} \cdot K_{вн} \cdot 60}$$

где $\Phi_{до}$ – действительный годовой фонд времени работы оборудования, час, равный $\Phi_{до} = 1976$ ч. при односменной работе оборудования;

$K_{вн}$ – коэффициент выполнения норм, $K_{вн}=1,1\dots 1,25$;

$T_{шт}$ – норма штучного времени, мин.

Расчет количества оборудования представлен в таблице 15.

Таблица 15 – Расчет количества оборудования по операциям технологического процесса

| Номер операции | Наименование операции | Оборудование | Трудоемкость операции $t_{шт}$, мин | Количество оборудования | | Коэффициент загрузки оборудования K_z , % |
|----------------|-----------------------|---------------------------------|--------------------------------------|-------------------------|-------------------|---|
| | | | | расчетное C_p | принятое $C_{пр}$ | |
| 015 | Токарная с ЧПУ | Токарный станок с ЧПУ АСС 16 Ф3 | 17,75 | 0,14 | 1 | 14% |
| 025 | Токарная с ЧПУ | Токарный станок с ЧПУ АСС 16 Ф3 | 14,31 | 0,11 | 1 | 11% |
| Итого | | | 32,06 | 0,25 | 2 | 13% |

Расчет стоимости материальных затрат

Материальные затраты на изготовление единицы продукции рассчитываются по формуле:

$$M_0 = N_p \cdot C_m - V_{отх} \cdot C_{отх},$$

где N_p - норма расхода материала;

C_m - цена 1кг материала, для стали 40Х равна 55 руб.;

$V_{отх}$ - величина отходов;

$C_{отх}$ - цена 1кг лома, равен 7,5 руб.

Величина отходов для технологического процесса равна:

$$V_{\text{отх}} = 23,8 - 17 = 6,8 \text{ кг.}$$

Тогда материальные затраты для технологического процесса равны:

$$M_0 = 23,8 \cdot 55 - 6,8 \cdot 7,5 = 1258 \text{ руб.}$$

Материальные затраты на изготовления партии деталей:

$$M = M_0 \cdot N = 1258 \cdot 1000 = 1258000 \text{ руб.}$$

Определим заработную плату основных производственных рабочих.

Основанием для расчёта годового фонда заработной платы (ФЗП) являются принятые системы оплаты труда и материального стимулирования рабочих. ФЗП состоит из заработной платы основной (ЗП_{осн}) и заработной платы дополнительной (ЗП_{доп}):

$$\text{ФЗП} = \text{ЗП}_{\text{осн}} + \text{ЗП}_{\text{доп}},$$

где ЗП_{осн} – основная заработная плата, руб.;

ЗП_{доп} – дополнительная заработная плата, руб.

Заработная плата основная начисляется за отработанное время. ЗП_{осн} считается по формуле:

$$\text{ЗП}_{\text{осн}} = \text{ЗП}_{\text{тар}} + П + Д,$$

где ЗП_{тар} – тарифная часть заработной платы основных производственных рабочих,

П – величина премии, равная 30 процентам от ЗП_{тар};

Д – стимулирующие доплаты и надбавки (за профессиональное мастерство, совмещение профессий и должностей, руководство бригадами, за обучение учеников и т.п.), равные 15% от (ЗП_{тар} + П).

Тарифная часть заработной платы основных производственных рабочих исчисляется по формуле:

Для основных рабочих, обслуживающих автоматизированное производство ЗП_{тар} определяется по формуле:

$$ЗП_{\text{тар}} = \frac{C \cdot t_{\text{шт-к}}}{60},$$

где $C_{\text{час } i}$ - часовая тарифная ставка по i -му разряду, руб./ч.

Заработная плата дополнительная ($ЗП_{\text{доп}}$) рассчитывается по выражению:

$$ЗП_{\text{доп}} = ЗП_{\text{осн}} \cdot \alpha,$$

где α – коэффициент, учитывающий выплаты за непроработанное время (оплату отпусков, плату за выполнение государственных и общественных обязанностей, оплату учебных отпусков и др.), предусмотренные трудовым кодексом РФ, равный 0,2.

Ставка единого социального налога (ФОТ) или страховых взносов составляет 30% от суммы основной и дополнительной заработной платы или от ФЗП:

$$\text{ФОТ} = 0,3(ЗП_{\text{осн}} + ЗП_{\text{доп}}) = 0,3\text{ФЗП}.$$

Результаты расчетов заработной платы основных производственных рабочих, а также единого социального налога сводим в табл. 16.

Таблица 16 – Расчет годового фонда заработной платы и ЕСН основных производственных рабочих технологического процесса

| Категория основных рабочих | № Опер | n , чел. | Тшт., мин. | $C_{\text{час}}$, руб/ч | $ЗП_{\text{тар}}$, руб. | P , руб. | D , руб. | $ЗП_{\text{осн}}$, руб. | $ЗП_{\text{доп}}$, руб. | ФЗП, руб. | ФОТ, руб. |
|----------------------------|--------|------------|------------|--------------------------|--------------------------|------------|------------|--------------------------|--------------------------|-----------|-----------|
| Токарь | 015 | 1 | 17,75 | 180 | 53,25 | 15,98 | 10,38 | 79,61 | 15,9 | 95,53 | 28,7 |
| Токарь | 020 | 1 | 14,31 | 180 | 42,93 | 12,88 | 8,37 | 64,18 | 12,8 | 77,02 | 23,1 |
| Итого | | | | | 96,18 | 28,85 | 18,76 | 143,79 | 28,8 | 172,55 | 51,8 |

Цеховые расходы делятся на две части:

Расходы на содержание и эксплуатацию оборудования:

- амортизация оборудования;
- топливо, энергия и вода на технологические цели;
- текущий ремонт;

- внутривозводские перемещение грузов;
- износ малоцельных и быстроизнашивающихся инструментов;

Общезаводские расходы:

- заработная плата основных служащих и прочего персонала
- амортизация здания;
- содержание здания;
- износ и списание малоцельного и быстроизнашивающегося

хозяйственного инвентаря;

- текущий ремонт здания;
- охрана труда;

Цеховые расходы определяются как процент от заработной платы основных производственных рабочих.

Процент цеховых расходов определяется как:

$$\%P_{ц} = \frac{P_{ц} * Z_{Посн}}{100} \% ,$$

где $P_{ц}$ - расходы цеховые за отчетный период;

$Z_{осн}$ - заработная плата основных производственных рабочих за отчетный период.

Исходя из наших данных: $P_{ц} = 95\%$.

$$\%P_{ц} = \frac{95\% * 143,79}{100} = 137 \text{ руб.}$$

Определим себестоимость цеховую:

$$C_{ц} = M_0 + Z_{Посн} + Z_{Пдоп} + ФОТ + P_{ц} = 1258 + 143,79 + 28,8 + 51,8 + 137 = 1619,4 \text{ руб.}$$

Расчет общезаводских расходов. Определение заводской или производственной стоимости.

Общезаводские расходы включают расходы на заводской транспорт, содержание заводоуправления, потери от порчи сырья и материалов, простой по не своевременной поставке сырья и материалов.

Общезаводские расходы определяться как процент от основной заработной платы.

Исходя из наших данных: $P_з = 115\%$.

$$P_з = \frac{\%P_з \cdot ЗПосн}{100\%},$$
$$P_з = \frac{115\% \cdot 143,79}{100\%} = 165,4 \text{руб.}$$

Статьи затрат заводской или производственной себестоимости:

- цеховая себестоимость;
- общезаводская себестоимость.

Отсюда: $C_з = C_ц + P_з$.

$$C_з = 1619,4 + 165,4 = 1788 \text{руб.}$$

Расчет внепроизводственных расходов. Определение полной коммерческой себестоимости.

К внепроизводственным расходам относятся: затраты по отгрузке продукции, расходы на тару и упаковочные материалы. Рекламу.

Внепроизводственные расходы определяются как процент от заводской себестоимости.

Исходя из наших данных: $P_{вп} = 4\%$.

$$P_{вп} = \frac{\%P_{вп} \cdot C_з}{100\%},$$
$$P_{вп} = \frac{4\% \cdot 1788}{100\%} = 71,3 \text{руб.}$$

Отсюда себестоимость цеховая: $C_п = C_з + P_{вп}$.

$$C_п = 1788 + 71,3 = 1859 \text{руб.}$$

Итого полная коммерческая себестоимость изготовления детали – 1859 руб.

Себестоимость изготовления детали «Куб» представлена в таблице 17.

Таблица 17 - Себестоимость изготовления детали «Куб»

| Наименование статьи и затрат | Технологический процесс | | |
|---------------------------------|----------------------------|----------------------------|--------------|
| | Затраты на 1 изделие, руб. | Затраты на 1000 изд., руб. | Структура, % |
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| Стоимость материальных затрат | 1258 | 1258000 | 68% |
| Основная заработная плата | 143,79 | 143790 | 8% |
| Дополнительная заработная плата | 28,8 | 28800 | 2% |
| Начисление на ФОТ | 51,8 | 51800 | 3% |
| Цеховые расходы | 137 | 137000 | 7% |
| Цеховая себестоимость | 1619,4 | 1619400 | - |
| Общезаводские расходы | 165,4 | 165400 | 9% |
| Заводская себестоимость | 1788 | 1788000 | - |
| Внепроизводственные расходы | 71,3 | 71300 | 4% |
| Цеховая себестоимость | 1859 | 1859000 | 100% |

6 Обоснование выбора приспособления

6.1 Обоснование выбора схемы приспособления

При выполнении различных станочных операций (фрезеровка, сверление, строгание) требуется надежная фиксация обрабатываемых заготовок на рабочем столе станка. Для этого имеет смысл использовать станочные тиски с пневматическим приводом, изготовленные из высокопрочного чугуна. Они используют систему гидроусиления для более эффективного закрепления деталей в зажимных губках шириной 320 мм. Тиски имеют прочное основание увеличенных габаритов, обеспечивающее жесткость конструкции и исключаящее влияние вибраций на точность обработки детали.

Особенности модели:

- Система усиления зажима.
- Подходит для разных типов станков.
- Низкий профиль для увеличения рабочего пространства.
- Высокая жесткость основания.
- Значительная ширина направляющих для увеличения точности базирования заготовок.
- Увеличенный срок службы.
- Увеличенный диаметр пневматического цилиндра для достаточного усилия зажима.
- Качественный зажим

В основе конструкции надежный пневматический привод, усилие которого обеспечено за счет увеличенного диаметра цилиндра и ходового винта. При срабатывании пневматической системы обеспечивается качественный зажим, благодаря которому исключается произвольное смещение заготовки во время обработки.

В работе требуется спроектировать приспособление к фрезерному обрабатывающему центру модели DMU 60 для обработки детали «Куб» на фрезерной операции с ЧПУ 015.

Для закрепления детали «Куб» в качестве баз выбираем торцевые поверхности детали: технологической базой является торец – точки 1,2,3 опорными базами являются торцы – точки 4,5, скрытой базой – точка 6 рис. 9.

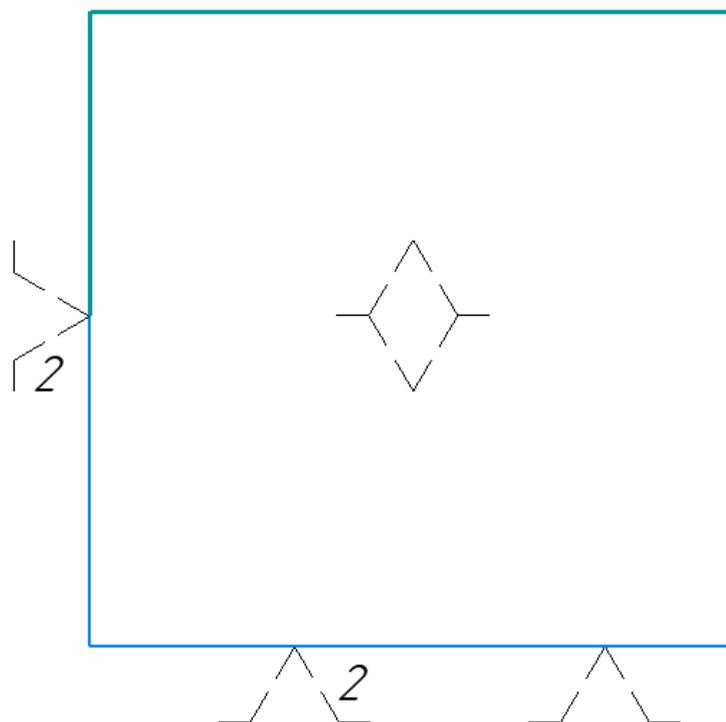


Рисунок 9 – Схема базирования на фрезерной операции 010

При таком закреплении заготовки используются тиски с пневмоприводом.

6.2 Расчет точности выполнения служебных функций

При выполнении расточной операции определяем необходимую точность приспособления для обеспечения следующих требований и размеров:

- обеспечение размера 160_{-1} мм.

1. На точность обработки влияет ряд технологических факторов, вызывающих общую погрешность обработки ε_0 , которая не должна превышать допуск δ выполняемого размера при обработке заготовки, т.е. $\varepsilon_0 \leq \delta$.

1. Для расчета точности приспособления $\varepsilon_{пр}$ используем формулу:

$$\varepsilon_{пр} \leq \delta - k_T \sqrt{(k_{T1} \cdot \varepsilon_6)^2 + \varepsilon_3^2 + \varepsilon_y^2 + \varepsilon_{п}^2 + \varepsilon_{и}^2 + (k_{T2} \cdot \omega)^2},$$

где δ – допуск выполняемого размера, равен 0,74мм,

$k_T = 1,2$ – коэффициент, учитывающий отклонение рассеяния значений составляющих величин от закона нормального распределения,

$k_{T1} = 0,8$ – коэффициент, учитывающий уменьшение предельного значения погрешности базирования при работе на настроенных станках,

$k_{T2} = 0,6$ – коэффициент, учитывающий долю погрешности обработки в суммарной погрешности, вызываемой факторами, не зависящими от приспособления,

$\varepsilon_6 = 220$ мкм – погрешность базирования в приспособлении тиски,

$\varepsilon_3 = 0$ – погрешность закрепления заготовки при установке детали равна 0, т.к. усилие зажима перпендикулярно выдерживаемому размеру,

$\varepsilon_{п} = 0,02$ мм – погрешность положения заготовки, возникающая в результате износа установочных элементов приспособления,

$\varepsilon_{и} = 0,005$ мм – погрешность от перекоса (смещения) инструмента,

$\omega = 0,09$ мм – экономическая точность обработки.

$$\begin{aligned} \varepsilon_{пр} &\leq 1 - 1,2 \sqrt{(0,8 \cdot 0,22)^2 + 0^2 + 0 + 0,02^2 + 0,005^2 + (0,6 \cdot 0,09)^2} = \\ &= 1 - 1,2 \cdot 0,17 = 0,796 \text{мм} \end{aligned}$$

Принимаем $\varepsilon_{пр} = 0,8$ мм

6.3 Расчет приспособления

Расчетная сила закрепления с определением характеристик силового привода

Расчетная схема усилия закрепления представлена на рисунке 10.

Так как в производственных условиях могут иметь место отступления от тех условий, применительно к которым рассчитывались по нормативам силы и моменты резания, возможное увеличение их следует учесть путем введения коэффициента надежности (запаса) закрепления K и умножения на него сил и моментов, входящих в составленные уравнения статики.

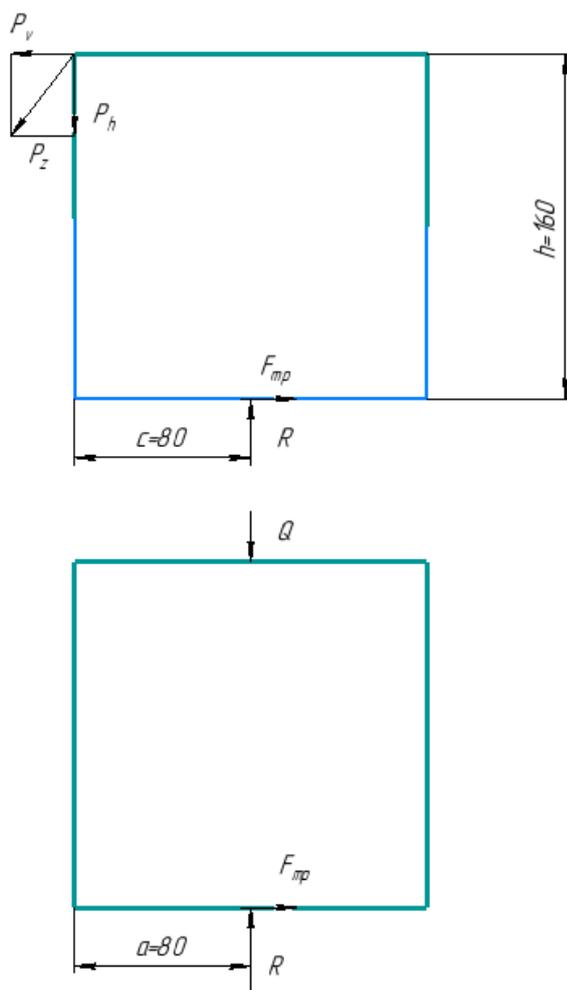


Рисунок 10 - Расчетная схема усилия закрепления

Значение коэффициента надежности k следует выбирать дифференцированно в зависимости от конкретных условий выполнения операции и способа закрепления заготовки. Его величину можно представить

как произведение частных коэффициентов, каждый из которых отражает влияние определенного фактора:

Где $k = k_0 \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot k_4 \cdot k_5$

k_0 – коэффициент гарантированного запаса, принимаем $k_0=1,5$;

k_1 – коэффициент учитывающий неравномерность сил резания связанных с изменением величины припуска, $k_2=1$;

k_2 – коэффициент возрастания силы резания вследствие затупления инструмента. $k_1=1,15$;

k_3 – коэффициент учитывающий изменение силы резания при прерывистом резании. $k_3=1$;

k_4 – коэффициент учитывающий непостоянство развиваемых приводом усилий закрепления. При использовании пневмоцилиндров $k_4=1$;

k_5 – коэффициент учитывающий удобство расположения рукояток управления, $k_5=1$;

k_6 – коэффициент учитывающий неопределенность контакта заготовки с установочными элементами. $k_6=1,5$;

$$k = 1,5 \cdot 1 \cdot 1,15 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1,5 = 2,58$$

Принимаем $k = 2,5$.

Расчет усилия закрепления будем проводить по наиболее нагруженному переходу 1. Фрезеровать поверхности 1,2,3.

Главная составляющая силы резания, окружная сила:

$$P_z = \frac{10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot B^u \cdot z}{D^q \cdot n^w} \cdot K_{MP} = \frac{10 \cdot 68,2 \cdot 2,2^{0,86} \cdot 0,08^{0,72} \cdot 160^1 \cdot 12}{200^{0,86} \cdot 150^0} \cdot 1,08 = 2335 \text{ Н.}$$

Крутящий момент:

$$M_{кр} = \frac{P_z D}{2 \cdot 100} = \frac{2335 \cdot 200}{2 \cdot 100} = 2335 \text{ Н} \cdot \text{м.}$$

$$P_y = 0,4 \cdot P_z = 0,4 \cdot 2335 = 934 \text{ Н,}$$

$$P_x = 0,5 \cdot P_z = 0,5 \cdot 2335 = 1167,5 \text{ Н,}$$

$$P_h = 0,7 \cdot P_z = 0,7 \cdot 2335 = 1634,5 \text{ Н,}$$

$$P_v = 0,6 \cdot P_z = 0,6 \cdot 2335 = 1401 \text{ Н}$$

Устанавливаем возможные смещения заготовки от действия сил резания. Сила резания P_v стремится сдвинуть заготовку. Удерживает заготовку от сдвига сила зажима заготовки Q .

Уравнение равновесия сил в процессе обработки заготовки для данного случая будет иметь следующий вид:

$$\sum M_x = P_v \cdot K - F_{\text{тр}} \cdot a,$$

Сила трения между заготовкой и быстросъемной шайбой:

$$F_{\text{тр}} = Q_1 \cdot f,$$

где Q_1 – сила зажима заготовки.

$$Q_1 = \frac{k \cdot P_v}{f a} + m g f = \frac{2,5 \cdot 1401}{0,2 \cdot 80} = 219 \text{ Н.}$$

Составляющая силы резания P_h создает опрокидывающий момент для заготовки относительно оси. Необходимо составить уравнение моментов сил, стремящихся опрокинуть заготовку, и моментов сил, удерживающих её от опрокидывания для дальнейшего определения силы зажима Q_2 .

$$\sum M_y = P_h \cdot K - F_{\text{тр}} \cdot h,$$

$$k \cdot P_h = F_{\text{тр}} \cdot h$$

$$Q_2 = \frac{P_h \cdot k}{f \cdot (b + c)} + m g f = \frac{1634,5 \cdot 2,5}{0,2 \cdot 160} = 128 \text{ Н}$$

Составляющая силы резания P_z стремится развернуть заготовку относительно оси детали. Противодействовать развороту будут момент трения между заготовкой и установочным элементом – $M_{\text{тр}1}$. Относительно

оси необходимо составить уравнение моментов сил, стремящихся развернуть заготовку, и моментов сил, удерживающих ее от разворота для дальнейшего определения силы зажима Q_3 .

$$k P_{zc} - F_T b - F_T h - M_{тр1} = 0$$

$$M_{тр1} = Q_3 \cdot f,$$

$$Q_3 = \frac{k \cdot P_{zc}}{f(b+h)} = \frac{2,5 \cdot 2335 \cdot 80}{(160 + 160) \cdot 0,2} = 7297 \text{ Н.}$$

$$Q = \sqrt{Q_1^2 + Q_2^2 + Q_3^2} = \sqrt{219^2 + 128^2 + 7297^2} = 7301 \text{ Н.}$$

После определения исходного усилия на приводе рассчитывают параметры привода. При расчете параметров привода определяется диаметр цилиндра и диаметр штока. В нашем случае используем пневмоцилиндр.

Диаметр цилиндра определим согласно формуле:

$$W_{пр} = \pi/4 D^2 p \eta,$$

где

$$D = \sqrt{\frac{4W_{пр}}{\pi p \eta}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 7301}{3,14 \cdot 1 \cdot 0,9}} = 102 \text{ мм.}$$

$W_{пр}$ – усилие на приводе,

p – давление в сети, $p = 1$ Мпа,

η - КПД, $\eta = 0,9$.

Принимаем вращающийся сдвоенный пневмоцилиндр с диаметром цилиндра равным 160мм.

Определяем фактические значения усилия на приводе и усилия закрепления:

$$W_{\phi} = \frac{D_{\phi}^2 \cdot \pi \cdot p \cdot \eta}{4} = \frac{125^2 \cdot 3,14 \cdot 1 \cdot 0,9}{4} = 11039H$$

7 Обоснование и выбор приводов и элементов системы управления

7.1 Обоснование и выбор приводов и элементов системы управления

Внутрицеховая транспортная система предназначена для своевременной доставки заготовок, материалов и других грузов со склада на требуемый производственный участок.

Выбор внутрицехового транспорта зависит от ряда факторов:

1. Характеристики изготавливаемой продукции, ее массы и размеров;
2. Вида производства и формы его организации;
3. Назначения транспорта;
4. Размеров обслуживаемой транспортом территории.

Масса заготовок является не большой ($m = 23,8$ кг), тип производства серийный, поэтому: перемещение деталей предусматриваем в унифицированной таре.

Для межоперационной передачи деталей применяется мостовой кран $Q=10$ т.

Партия запуска складировается в контейнер, внутрицеховое перемещение заготовок осуществляется с помощью мостового крана.

Мостовые опорные краны являются одновременно и грузоподъемным, и транспортным средством. Они перемещаются по подкрановым путям, уложенным на консолях колонн.

Управление осуществляется преимущественно из кабины специально обученным рабочим – крановщиком. Целесообразность использования кранового оборудования объясняется разнообразием видов этого оборудования, а также их большой грузоподъемностью.

Для перемещения и установки заготовки на станке применяется шарнирно-сбалансированный манипулятор БШМ-250М с техническими характеристиками:

- грузоподъемность 250кг

- поворот 360°

- масса 520кг.

Для передвижения заготовки между станками применяется тележка рельсовая с характеристиками:

| | |
|------------------------------|----------------|
| Подключённая мощность, кВт | 1,1 - 5,5 |
| Высота от головки рельса, мм | 300 - 600 |
| Длина, мм | 1 500 - 12 000 |
| Ширина, мм | 1 000 - 6 000 |
| Скорость передвижения, м/с | 0,1 - 08 |
| Грузоподъёмность, т | до 10т |
| Вес, кг | 600 - 25 000 |

7.2 Проектирование гибкой производственной системы (модуля)

Исходные данные по технологическому процессу представлены в таблице 18.

Таблица 18 – Трудоемкость работ по операциям технологического процесса

| Номер операции | Наименование операции | Оборудование | Трудоемкость операции $t_{шт}$, мин. | Годовая программа N_g , шт. |
|----------------|-----------------------|---------------------------------|---------------------------------------|-------------------------------|
| 015 | Токарная с ЧПУ | Токарный станок с ЧПУ АСС 16 Ф3 | 17,75 | 500 |
| 025 | Токарная с ЧПУ | Токарный станок с ЧПУ АСС 16 Ф3 | 14,31 | 500 |
| Итого: | | | 32,06 | |

Расчетное количество оборудования $S_{об i}$, определяется по формуле:

$$S_{об i} = \frac{T_{штi} \cdot N}{\Phi_{до} \cdot K_{вн} \cdot 60'}$$

где $\Phi_{до}$ – действительный годовой фонд времени работы оборудования, час, равный $\Phi_{до} = 1976$ ч. при односменной работе оборудования;

$K_{вн}$ – коэффициент выполнения норм, $K_{вн}=1,1\dots1,25$;

$T_{шт}$ – норма штучного времени, мин.

Расчет количества оборудования представлен в таблице 19.

Таблица 19 – Расчет количества оборудования по операциям технологического процесса

| Номер операции | Наименование операции | Оборудование | Трудоемкость операции $t_{шт}$, мин | Количество оборудования | | Коэффициент загрузки оборудования $K_з$, % |
|----------------|-----------------------|---------------------------------|--------------------------------------|-------------------------|-------------------|---|
| | | | | расчетное C_p | принятое $C_{пр}$ | |
| 015 | Токарная с ЧПУ | Токарный станок с ЧПУ АСС 16 Ф3 | 17,75 | 0,14 | 1 | 14% |
| 025 | Токарная с ЧПУ | Токарный станок с ЧПУ АСС 16 Ф3 | 14,31 | 0,11 | 1 | 11% |
| Итого | | | 32,06 | 0,25 | 2 | 13% |

Численность основных рабочих рассчитывается по формуле:

$$P_{ср} = \frac{T_{шт.к.} \cdot N \cdot D}{60 \cdot F_p \cdot k_m}$$

где $T_{шт.к.}$ - трудоемкость изготовления единицы продукции, мин.;

N - годовая производственная программа выпуска, 1000 шт.;

$F_{д.р.}$ – действительный годовой фонд времени одного рабочего, 1820 час.;

k_m - коэффициент многостаночного обслуживания;

Так как, на операциях технологического процесса применяется по одному станку, поэтому расчет на многостаночное обслуживание не проводим.

Операция 015 Фрезерная с ЧПУ

$$P_{\text{ср}} = \frac{17,75 \cdot 1000}{60 \cdot 1820 \cdot 1} = 0,16 \rightarrow 1 \text{ станочник.}$$

Операция 020 Фрезерная с ЧПУ

$$P_{\text{ср}} = \frac{14,31 \cdot 1000}{60 \cdot 1820 \cdot 1} = 0,13 \rightarrow 1 \text{ станочник.}$$

Итого основных рабочих:

$$P_{\text{ср}} = 1 + 1 = 2 \text{ чел.}$$

Вспомогательный рабочие:

$$P_{\text{вс}} = (0,2 \dots 0,25)P_{\text{ср}} = 2 \cdot 0,25 = 1 \text{ чел.}$$

ИТР для среднесерийного производства:

$$P_{\text{ИТР}} = (0,16 \dots 0,22)P_{\text{ср}} = 2 \cdot 0,16 = 1 \text{ чел.}$$

Младший обслуживающий персонал и служащие:

$$P_{\text{МОП}} = (0,02 \dots 0,03)P_{\text{ср}} = 1 \text{ чел.}$$

Данные по количеству рабочих представлены в таблице 20.

Таблица 20 - Количество рабочих

| Наименование рабочих | Количество рабочих |
|----------------------|--------------------|
| Основные | 2 |
| Вспомогательные | 1 |
| ИТР | 1 |
| МОП | 1 |

Для нормального функционирования производства необходимо своевременно отводить стружку от станков и выводить её из цеха.

Выход стружки с одной детали, на данном участке:

$$m_{\text{с}} = m_{\text{з}} - m_{\text{д}} = 23,8 - 17 = 6,8 \text{ кг}$$

С учётом годовой программы выпуска 1000 деталей, годовой объём стружки по основной детали равен 6,8 тонн. С учётом коэффициента D - дозагрузки оборудования $6,8 \cdot 40 = 272$ тонн в год.

Согласно результатам расчётов выбираем механизированную систему уборки стружки.

Стружка с обрабатывающих станков с ЧПУ автоматически попадает в контейнер, установленный рядом с ним. Когда контейнеры заполняются, их транспортируют для загрузки в автомашину с помощью мостового крана, а затем транспортируют к месту переработки стружки. Переработка осуществляется путём обезжиривания и брикетирования стружки.

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ
И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»**

Студенту:

| | |
|--------|-----------|
| Группа | ФИО |
| 154A91 | Ван Эныцэ |

| | | | |
|---------------------|----------|---------------------------|------------------------|
| Школа | ИШНПТ | Отделение школы (НОЦ) | Материаловедение |
| Уровень образования | Бакалавр | Направление/специальность | 15.03.01Машиностроение |

Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:

| | |
|---|--|
| <i>1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i> | <i>Стоимость материальных ресурсов и специального оборудования определены в соответствии с рыночными ценами г. Томска Тарифные ставки исполнителей определены штатным расписанием НИ ТПУ</i> |
| <i>2. Нормы и нормативы расходования ресурсов</i> | <i>Норма амортизационных отчислений на специальное оборудование</i> |
| <i>3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i> | <i>Отчисления во внебюджетные фонды 30 %</i> |

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

| | |
|--|---|
| <i>1. Анализ конкурентных технических решений (НИ)</i> | <i>Расчет конкурентоспособности SWOT-анализ</i> |
| <i>2. Формирование плана и графика разработки и внедрения (НИ)</i> | <i>Структура работ. Определение трудоемкости. Разработка графика проведения исследования</i> |
| <i>3. Составление бюджета инженерного проекта (НИ)</i> | <i>Расчет бюджетной стоимости НИ</i> |
| <i>4. Оценка ресурсной, финансовой, бюджетной эффективности (НИ)</i> | <i>Интегральный финансовый показатель. Интегральный показатель ресурсоэффективности. Интегральный показатель эффективности.</i> |

Перечень графического материала

| |
|---|
| <ol style="list-style-type: none"> 1. Оценка конкурентоспособности ИП 2. Матрица SWOT 3. Диаграмма Ганта |
|---|

- | |
|---|
| 4. Бюджет НИ |
| 5. Основные показатели эффективности НИ |

| | |
|---|--|
| Дата выдачи задания для раздела по линейному графику | |
|---|--|

Задание выдал консультант:

| Должность | ФИО | Ученая степень, звание | Подпись | Дата |
|-----------|--------------------------|------------------------|---------|------|
| Доцент | Кащук Ирина Вадимовна | к.т.н. доцент | | |

Задание принял к исполнению студент:

| Группа | ФИО | Подпись | Дата |
|--------|-----------|---------|------|
| 154A91 | Ван Эньцэ | | |

3 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

Введение

Основная цель данного раздела – оценить перспективность развития и планировать финансовую и коммерческую ценность конечного продукта, представленного в рамках исследовательской работы. Коммерческая ценность определяется не только наличием более высоких технических характеристик над конкурентными разработками, но и тем, насколько быстро разработчик сможет ответить на следующие вопросы – будет ли продукт востребован на рынке, какова будет его цена, каков бюджет научного исследования, какое время будет необходимо для продвижения разработанного продукта на рынок.

Данный раздел, предусматривает рассмотрение следующих задач:

- Оценка коммерческого потенциала разработки.
- Планирование научно-исследовательской работы;
- Расчет бюджета научно-исследовательской работы;
- Определение ресурсной, финансовой, бюджетной эффективности исследования.

Целью ВКР является разработка технологического процесса изготовления втулки подшипниковой.

3.1 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения.

3.1.1 Анализ конкурентных технических решений

По результатам исследований и конструкторских разработок, в процессе исследования мы учитывали два конкурирующих развития различных компонентов красок:

- 1) Подшипниковые материалы на медной основе;
- 2) Подшипниковые материалы на основе алюминия;

Поскольку рынок постоянно меняется, необходим тщательный анализ для успешной борьбы с конкурентами и своевременной корректировки исследований, в таблице 3.1 показано оценки как технических, так и экономических критериев.

Таблица 3.1 – Сравнение конкурентных технических решений (разработок).

| Критерии оценки | Вес критерия | Баллы | | | Конкуренто- | | |
|---|--------------|----------------|-----------------|-----------------|----------------|-----------------|-----------------|
| | | Б _ф | Б _{к1} | Б _{к2} | К _ф | К _{к1} | К _{к2} |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| Технические критерии оценки ресурсоэффективности | | | | | | | |
| 1. Помехоустойчивость | 0,14 | 4 | 5 | 4 | 0,5 | 0,7 | 0,5 |
| 2. Сложность изготовления | 0,14 | 4 | 4 | 5 | 0,55 | 0,55 | 0,55 |
| 3. Трещиностойкость | 0,1 | 5 | 4 | 3 | 0,5 | 0,4 | 0,3 |
| 4. Безопасность | 0,1 | 4 | 3 | 4 | 0,4 | 0,3 | 0,4 |
| 5. Ударопрочность | 0,09 | 5 | 4 | 5 | 0,5 | 0,35 | 0,35 |
| 6. актуальность исследования | 0,12 | 4 | 5 | 4 | 0,5 | 0,6 | 0,5 |
| 7.Повышение | 0,14 | 4 | 5 | 4 | 0,5 | 0,7 | 0,5 |

| Критерии оценки | Вес критерия | Баллы | | | Конкуренто- | | |
|--|--------------|----------------|-----------------|-----------------|----------------|-----------------|-----------------|
| | | Б _ф | Б _{к1} | Б _{к2} | К _ф | К _{к1} | К _{к2} |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| производительности труда пользователя | | | | | | | |
| Экономические критерии оценки эффективности | | | | | | | |
| 1. Цена сырья | 0,1 | 5 | 4 | 5 | 0,5 | 0,4 | 0,5 |
| 2. Предполагаемый срок эксплуатации | 0,11 | 4 | 5 | 3 | 0,6 | 0,55 | 0,35 |
| 3. Финансирование научной разработки | 0,1 | 4 | 4 | 4 | 0,4 | 0,3 | 0,4 |
| Итого | 1 | 39 | 38 | 37 | 4,45 | 4,15 | 3,85 |

Анализ конкурентных технических решений определяется по формуле:

$$K = \sum B_i \cdot B_i,$$

где K – конкурентоспособность научной разработки или конкурента;
B_i – вес показателя (в долях единицы); B_i – балл i-го показателя.

Разработка:

$$K = \sum B_i \cdot B_i = 39 \cdot 4,45 = 173,55$$

Конкуренты:

$$K1 = \sum B_i \cdot B_i = 38 \cdot 4,15 = 157,7$$

$$K2 = \sum B_i \cdot B_i = 37 \cdot 3,85 = 142,45$$

Проведенный анализ конкурентных технических решений показал, что исследование является наиболее актуальным и перспективным, имеет конкурентоспособность.

3.1.2 SWOT-анализ

Для исследования внешней и внутренней среды проекта, в этой работе проведен SWOT-анализ с детальной оценкой сильных и слабых сторон исследовательского проекта, а также его возможностей и угроз.

Первый этап, составляется матрица SWOT, в которую описаны слабые и сильные стороны проекта и выявленные возможности и угрозы для реализации проекта, которые проявились или могут появиться в его внешней среде, приведены в таблице 3.2:

Таблица 3.2 – Матрица SWOT-анализа

| Сильные стороны | Слабые стороны |
|---|--|
| С1. Опытный руководитель | Сл1. Погрешность и неопределенность в процессе экспериментальной обработки |
| С2. Высокое квалифицированное изделие | Сл2. Эксперимент необходимо повторять много раз, что занимает много времени. |
| С3. Экологичность технологии. | Сл3. Высокая стоимость оборудования |
| С4. Высокая ударопрочность продукта ударам | Сл4. Отсутствие информации о соответствующих научных исследованиях |
| С5. Квалифицированный персонал. | Сл5. Вероятность получения брака. |
| Возможности | Угрозы |
| В1. заимствовать мировой рынок, экспортировать за границу | У1. Появление зарубежных аналогов и их ранний выход на рынок |
| В2. Сотрудничество с видными иностранными профессорами в этой области | У2. Техническая конкуренция производства |
| В3. Возникновение дополнительного | У3. Ограничения на технический |

| | |
|--|---|
| спроса на результаты исследований в этой области | экспорт |
| В4. Использование инновационной инфраструктуры ТПУ | У4. Снижение себестоимости разработки конкурентов |

На втором этапе на основании матрицы SWOT строятся интерактивные матрицы возможностей и угроз, позволяющие оценить эффективность проекта, а также надёжность его реализации. Соотношения параметров представлены в таблицах 3,3–3,6:

«+» означает сильное соответствие сильных сторон возможностям;

«-» означает слабое соответствие;

«0» – если есть сомнения в том, что поставить «+» или «-».

Таблица 3.3 – Интерактивная матрица проекта «Возможности проекта и сильные стороны».

| Сильные стороны проекта | | | | | | |
|-------------------------|----|----|----|----|----|----|
| Возможности проекта | | С1 | С2 | С3 | С4 | С5 |
| | В1 | - | + | - | + | - |
| | В2 | + | + | - | - | - |
| | В3 | - | - | - | - | - |
| | В4 | - | + | - | - | - |

Таблица 3.4 – Интерактивная матрица проекта «Возможности проекта и слабые стороны».

| Слабые стороны проекта | | | | | | |
|------------------------|----|-----|-----|-----|-----|-----|
| Возможности проекта | | Сл1 | Сл2 | Сл3 | Сл4 | Сл5 |
| | В1 | - | - | - | + | - |
| | В2 | + | + | + | - | - |
| | В3 | - | - | - | + | - |
| | В4 | + | - | - | - | - |

Таблица 3.5 – Интерактивная матрица проекта «Угрозы проекта и сильные стороны».

| Сильные стороны проекта | | | | | | |
|--------------------------------|----|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| Угрозы проекта | | С1 | С2 | С3 | С4 | С5 |
| | У1 | - | + | - | - | - |
| | У2 | - | - | - | - | - |
| | У3 | - | - | - | - | - |
| | У4 | - | + | - | - | - |

Таблица 3.6 – Интерактивная матрица проекта «Угрозы проекта и слабые стороны».

| Слабые стороны проекта | | | | | | |
|-------------------------------|----|------------|------------|------------|------------|------------|
| Угрозы проекта | | Сл1 | Сл2 | Сл3 | Сл4 | Сл5 |
| | У1 | - | - | - | - | - |
| | У2 | + | - | - | + | - |
| | У3 | - | - | - | + | - |
| | У4 | - | - | + | - | - |

В рамках третьего этапа должна быть составлена итоговая матрица SWOT-анализа, которая приводится в работе (табл. 3.6).

Таблица 3.6 SWOT-анализ

| | Сильные стороны научно-исследовательского проекта: | Слабые стороны научно-исследовательского проекта: |
|--|--|--|
| | <p>С1. Опытный руководитель</p> <p>С2. Высокое квалифицированное изделие</p> <p>С3. Экологичность технологии.</p> <p>С4. Высокая ударопрочность продукта ударам</p> <p>С5. Квалифицированный персонал.</p> | <p>Сл1. Погрешность и неопределенность в процессе экспериментальной обработки</p> <p>Сл2. Эксперимент необходимо повторять много раз, что занимает много времени.</p> <p>Сл3. Высокая стоимость оборудования</p> <p>Сл4. Отсутствие информации о соответствующих научных исследованиях</p> <p>Сл5. Вероятность получения брака</p> |
| <p>Возможности:</p> <p>В1. заимствовать мировой рынок, экспортировать за границу</p> <p>В2. Сотрудничество с видными иностранными профессорами в этой области</p> <p>В3. Возникновение дополнительного спроса на результаты исследований в этой области</p> <p>В4. Использование инновационной инфраструктуры ТПУ</p> | <p>Сотрудничество с известными иностранными преподавателями и использование инновационной инфраструктуры могут обеспечить высокое качество продукции, высокая устойчивость к потрясениям является основой для экспорта и выхода на мировые рынки</p> | <p>Использование новейшего оборудования и сотрудничество с известными зарубежными экспертами может быть использовано для удовлетворения исследовательских потребностей, а также может сократить экспериментальные ошибки и экономить время.</p> |
| <p>Угрозы:</p> <p>У1. Появление зарубежных</p> | <p>Несмотря на снижение себестоимости разработки</p> | <p>Для того чтобы устранить все угрозы и слабые места,</p> |

| | | |
|---|---|---------------------------------------|
| аналогов и их ранний выход на рынок | конкурентов, наша продукция обладает лучшими | необходимо улучшить информацию о |
| У2. Техническая конкуренция производства | механическими характеристиками, более | соответствующих научных исследованиях |
| У3. Ограничения на технический экспорт | привлекательными для мировых экспортных рынков. | |
| У4. Снижение себестоимости разработки конкурентов | | |

Вывод SWOT-анализу: В результате SWOT-анализа показано, что на преимущества разрабатываемой технологии преобладают над ее недостатками. Данные недостатки, которые на данный момент на практике не устранены, но в теории уже есть возможности для их устранения. Результаты анализа учтены в дальнейшей научно-исследовательской разработке.

3.2 Планирование научно-исследовательских работ

3.2.1 Структура работ в рамках научного исследования

Планирование комплекса научно-исследовательских работ осуществляется в порядке:

- определение структуры работ в рамках научного исследования;
- определение количества исполнителей для каждой из работ;
- установление продолжительности работ;
- построение графика проведения научных исследований;

Для оптимизации работ удобно использовать классический метод линейного планирования и управления.

Результатом такого планирования является составление линейного графика выполнения всех работ. Порядок этапов работ и распределение исполнителей для данной научно-исследовательской работы, приведен в таблице 3.8:

Таблица 3.8 – Перечень этапов, работ и распределение исполнителей.

| Основные этапы | № раб | Содержание работ | Должность исполнителя |
|--|-------|---|---------------------------------|
| Разработка технического задания | 1 | Составление и утверждение технического задания, утверждение плана-графика | Научный руководитель |
| | 2 | Календарное планирование выполнения ВКР | Инженер Научный руководитель |
| Выбор способа решения поставленной задачи | 3 | Обзор научной литературы | Инженер |
| | 4 | Выбор методов исследования | Инженер |
| Теоретические и экспериментальные исследования | 5 | Планирование эксперимента | Инженер Научный руководитель |
| | 6 | Подготовка образцов для эксперимента | Инженер |
| | 7 | Проведение эксперимента | Инженер |
| Обобщение и оценка результатов | 8 | Обработка полученных данных | Инженер |
| | 9 | Оценка правильности полученных результатов | Инженер Научный руководитель |
| Оформление отчета по НИР (комплекта документации по ОКР) | 10 | Составление пояснительной записки | Инженер |

3.2.2 Определение трудоемкости выполнения работ и разработка графика проведения

При проведении научных исследований основную часть стоимости разработки составляют трудовые затраты, поэтому определение трудоемкости проводимых работ является важным этапом составления бюджета.

Мы используем следующую формулу для определения ожидаемого (среднего) значения трудоемкости

$$t_{ож\ i} = \frac{3t_{min\ i} + 2t_{max\ i}}{5} \quad (3.1)$$

где $t_{ож\ i}$ – ожидаемая трудоемкость выполнения i -ой работы, человеко-дни;

$t_{min\ i}$ – минимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы, человеко-дни;

$t_{max\ i}$ – максимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы, человеко-дни;

Когда мы узнаем значение ожидаемой интенсивности труда, можно будет определить продолжительность каждой i -ой работы в рабочих днях T_{pi} с учетом параллельности работы, проводимой различными исполнителями.

$$T_{pi} = \frac{t_{ож\ i}}{q_i} \quad (3.2)$$

где T_{pi} – продолжительность одной работы, рабочие дни;

$t_{ож\ i}$ – ожидаемая трудоемкость выполнения одной работы, человеко-дни;

q_i – численность исполнителей, выполняющих одновременно одну и ту же работу на данном этапе, чел;

Для перевода длительности каждого этапа из рабочих в календарные дни, необходимо воспользоваться формулой:

$$T_{k\text{.инж}} = T_{pi} \times K_{kal} \quad (3.3)$$

где T_{ki} – продолжительность выполнения i -й работы в календарных днях;

T_{pi} – продолжительность выполнения i -й работы в рабочих днях;

K_{kal} – календарный коэффициент.

Календарный коэффициент определяется по формуле:

$$K_{kal.инж} = \frac{T_{kal}}{T_{kal} - T_{вых} - T_{пр}} = \frac{365}{365 - 104 - 14} = 1,48 \quad (3.4)$$

где T_{kal} – общее количество календарных дней в году;

$T_{вых}$ – общее количество выходных дней в году;

$T_{пр}$ – общее количество праздничных дней в году;

Расчеты временных показателей проведения научного исследования представляются в таблице 3.9:

Таблица 3.9 – Временные показатели проведения научного исследования.

| Название работы | Трудоёмкость работ | | | | | | Длительность работ в рабочих днях T_{Pi} | Длительность работ в календарных днях T_{ki} |
|--|----------------------|-------|-----------------------|-------|---------------------|-------|---|---|
| | $t_{минi}$, чел-дни | | $t_{максi}$, чел-дни | | $t_{ожi}$, чел-дни | | | |
| | Исп.1 | Исп.2 | Исп.1 | Исп.2 | Исп.1 | Исп.2 | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| 1. Составление и утверждение технического задания, утверждение плана-графика | 2 | - | 4 | - | 2,8 | - | 2,8 | 4 |

| | | | | | | | | |
|---|---|----|----|----|------|-----|------|-----|
| 2. Календарное планирование выполнения ВКР | 1 | 3 | 3 | 4 | 1,8 | 3,4 | 2,6 | 4 |
| 3. Обзор научной литературы | - | 6 | - | 10 | - | 7,6 | 7,6 | 11 |
| 4. Выбор методов исследования | - | 3 | - | 5 | - | 3,8 | 3,8 | 6 |
| 5. Планирование эксперимента | 2 | 6 | 4 | 8 | 2,8 | 6,8 | 4,8 | 7 |
| 6. Подготовка образцов для эксперимента | - | 5 | - | 7 | - | 5,8 | 5,8 | 9 |
| 7. Проведение эксперимента | - | 15 | - | 20 | - | 17 | 17 | 25 |
| 8. Обработка полученных данных | - | 10 | - | 15 | - | 12 | 12 | 18 |
| 9. Оценка правильности полученных результатов | 2 | 3 | 4 | 5 | 2,8 | 3,8 | 3,3 | 5 |
| 10. Составление пояснительной записки | | 8 | | 10 | - | 8,8 | 8,8 | 13 |
| Итого: | 7 | 59 | 15 | 84 | 10,2 | 69 | 68,5 | 102 |

Примечание:

Исп.1 – научный руководитель; Исп.2 – инженер;

На основе таблицы составлен календарный план-график выполнения проекта с использованием диаграммы Ганта (таблица 3.10).

Таблица 3.10 – Диаграмма Ганта

| № | Вид работ | Исп. | T_{ki} кал. дн. | Продолжительность работ | | | | | | | | | | | | | |
|----|---|--------------|-------------------------|-------------------------|---|---|------|---|---|-----|---|---|-----|---|---|--|--|
| | | | | февр | | | март | | | апр | | | май | | | | |
| | | | | 1 | 2 | 3 | 1 | 2 | 3 | 1 | 2 | 3 | 1 | 2 | 3 | | |
| 1 | Составление и утверждение технического задания, утверждение плана-графика | Исп1 | 4 | ■ | | | | | | | | | | | | | |
| 2 | Календарное планирование выполнения ВКР | Исп1 Исп2 | 4 | ■ | ■ | | | | | | | | | | | | |
| 3 | Обзор научной литературы | Исп2 | 11 | | ■ | ■ | | | | | | | | | | | |
| 4 | Выбор методов исследования | Исп2 | 6 | | | ■ | | | | | | | | | | | |
| 5 | Планирование эксперимента | Исп1 Исп2 | 7 | | | ■ | ■ | | | | | | | | | | |
| 6 | Подготовка образцов для эксперимента | Исп2 | 9 | | | | ■ | ■ | | | | | | | | | |
| 7 | Проведение эксперимента | Исп2 | 25 | | | | | ■ | ■ | ■ | | | | | | | |
| 8 | Обработка полученных данных | Исп2 | 18 | | | | | | | ■ | ■ | ■ | | | | | |
| 9 | Оценка правильности полученных результатов | Исп1 Исп2 | 5 | | | | | | | | | ■ | ■ | | | | |
| 10 | Составление пояснительной записки | Исп2 | 13 | | | | | | | | | | ■ | ■ | ■ | | |

Примечание:

■ – Исп. 1 (научный руководитель), ■ – Исп. 2 (инженер)

3.4 Бюджет научно-технического исследования.

При планировании бюджета научно-технического исследования учитывались все виды расходов, связанных с его выполнением. В этой работе использовать следующую группировку затрат по следующим статьям:

- материальные затраты научно-исследовательской работы (НИР);
- затраты на специальное оборудование для экспериментальных работ;
- основная заработная плата исполнителей темы;
- дополнительная заработная плата исполнителей темы;
- отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления);
- накладные расходы НИР.

3.3.1 Расчет материальных затрат научно-технического исследования

В эту статью входят затраты на приобретение всех видов сырья, необходимого для выполнения данной исследовательской работы, и материалов для изготовления готовой продукции.

Таблица 3.11 – Материальные затраты.

| Наименование материалов | Цена за ед., руб. | Кол-во, ед. | Сумма, руб. |
|---------------------------------------|-------------------|-------------|-------------|
| Комплекс канцелярских принадлежностей | 350 | 5 | 1 750 |
| Картридж для лазерного принтера | 3500 | 2 | 7000 |
| Итого: | | | 8750 |

3.3.2 Расчет амортизации специального оборудования

При вычислении этой части, принимая во внимание, что оборудование было куплено и запущено до начала работы, в данном случае нам нужно учитывать только затраты рабочего дня по данной теме.

Расчет амортизации проводится следующим образом:

Норма амортизации: рассчитывается по формуле:

$$H_A = \frac{1}{n} \quad (3.5)$$

где n – срок полезного использования в количестве лет.

Амортизация оборудования рассчитывается по формуле:

$$A = \frac{H_A I}{12} \times m \quad (3.6)$$

где I – итоговая сумма, тыс. руб.;

m – время использования, мес.

По формуле расчета получаем следующие данные в таблице 3.12:

Таблица 3.12 – Затраты на оборудование

| № | Наименование оборудования | Кол-во, шт. | Срок полезного использования, лет | Цены единицы оборудования, тыс. руб. | Общая стоимость оборудования, тыс.руб. | $M_{В.ИЗ.}$ мес. | $H_A = \frac{1}{n}$ % | $A_{АМО.}$.руб. |
|--------------|---------------------------|-------------|-----------------------------------|--------------------------------------|--|---------------------|--------------------------|---------------------|
| 1 | ПЭВМ | 1 | 3 | 50 | 50 | 0,6 | 33 | 4167 |
| 2 | ПРИНТ ОР | 2 | 4 | 15 | 30 | 0,7 | 25 | 1875 |
| 3 | КСЕРО КС | 1 | 7 | 32 | 32 | 0,7 | 14 | 1143 |
| Итого | | | | | | | | 7185 |

Стоимость приобретенного специализированного оборудования составила 7185 руб.

3.3.3 Основная заработная плата исполнителей темы

Основная заработная плата исполнителей темы

В этой части мы должны рассчитать зарплату инженера и менеджера, а также затраты на заработную плату с учетом сложности исследования проекта и существующей системы заработной платы.

Основная заработная плата $Z_{\text{осн}}$ одного работника рассчитывается по следующей формуле:

$$Z_{\text{осн}} = Z_{\text{дн}} * T_p, \quad (3.7)$$

где $Z_{\text{дн}}$ – среднедневная заработная плата, руб.; T_p – продолжительность работ, выполняемых работником, раб.дн.

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

Для шестидневной рабочей недели (рабочая неделя руководителя):

$$\begin{aligned} Z_{\text{дн}} &= \frac{Z_m * M}{F_d}, \quad (3.8) \\ &= \frac{55000 * 10,3}{246} = 2303 \text{ руб} \end{aligned}$$

где Z_m – месячный должностной оклад работника, руб.;

F_d – действительный годовой фонд рабочего времени научно-

технического персонала, раб. дней; M – количество месяцев работы без отпуска в течение года:

– при отпуске в 28 раб. дня – $M = 11,2$ месяца, 5-дневная рабочая неделя;

– при отпуске в 56 раб. дней – $M = 10,3$ месяца, 6-дневная рабочая неделя.

Для пятидневной рабочей недели (рабочая неделя инженера):

$$Z_{\text{дн}} = \frac{Z_m * M}{F_d} = \frac{34000 * 11,2}{246} = 1548 \text{ руб.}$$

Должностной оклад работника за месяц:

– для руководителя:

$$Z_M = Z_{мс} \times (1 + K_{пр} + K_d) \times K_p \quad (3.9)$$

$$= 29000 \times (1 + 0,3 + 0,2) \times 1,3 = 56550$$

– для инженера:

$$Z_M = Z_{мс} \times (1 + K_{пр} + K_d) \times K_p = 18000 \times (1 + 0,3 + 0,2) \times 1,3 = 35100$$

где $Z_{мс}$ – заработная плата, согласно тарифной ставке, руб.;

$k_{пр}$ – премиальный коэффициент, равен 0,3; k_d – коэффициент

доплат и надбавок, равен 0,2; k_p – районный коэффициент, равен 1,3 (для г. Томска).

Представим результаты расчетов основной заработной платы в итоговой таблице 3.13.

Таблица 3.13 – Расчеты основной заработной платы исполнителей

| Исполнители НИ | $Z_{мс}$ руб. | $k_{пр}$ | k_d | k_p | Z_M руб | $Z_{дн}$ руб | T_p раб. дн. | $Z_{осн}$ руб |
|-------------------|------------------|----------|-------|-------|-----------|--------------|----------------|---------------|
| Руководитель | 29000 | 0,3 | 0,2 | 1,3 | 56550 | 2303 | 10,2 | 26261 |
| Инженер | 18000 | 0,3 | 0,2 | 1,3 | 35100 | 1548 | 69 | 110265 |
| Итого: | | | | | | | | 136526 |

Дополнительная заработная плата исполнителей темы

Дополнительная заработная плата определяется по формуле 3.10:

$$Z_{доп} = k_{доп} \times Z_{осн} \quad (3.10)$$

где $Z_{доп}$ – дополнительная заработная плата;

$Z_{осн}$ – основная заработная плата;

$k_{доп}$ – коэффициент дополнительной заработной платы (на стадии проектирования принимаем равным 0,15);

Согласно формуле 3.10, мы можем определить дополнительную зарплату менеджера и инженера:

$$Z_{\text{доп1}} = k_{\text{доп}} \times Z_{\text{осн1}} = 0,15 \times 26261 = 3939,2 \text{ руб}$$

$$Z_{\text{доп2}} = k_{\text{доп}} \times Z_{\text{осн2}} = 0,15 \times 106038 = 16539,8 \text{ руб}$$

Таким образом, общая дополнительная заработная плата составляет:

$$Z_{\text{доп общ}} = Z_{\text{доп1}} + Z_{\text{доп2}} = 3939,2 + 16539,8 = 20479 \text{ руб}$$

3.3.4 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

Отчисления во внебюджетные фонды определяются по формуле 3.11:

$$Z_{\text{внеб1}} = k_{\text{внеб}} \times (Z_{\text{осн1}} + Z_{\text{доп1}}) \quad (3.11)$$

где $k_{\text{внеб}}$ – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды (пенсионный фонд, фонд ОМС и социальное страхование). Общая ставка взносов составляет в 2022 году –30% (ст.425, 426НК РФ).

Отчисления во внебюджетные фонды для руководителя определяются по формуле 3.11:

$$Z_{\text{внеб1}} = k_{\text{внеб}} \times (Z_{\text{осн1}} + Z_{\text{доп1}}) = 0,3 \times (26261 + 3939,2) = 9060 \text{ руб}$$

Отчисления во внебюджетные фонды для инженера определяются по формуле 3.11:

$$Z_{\text{внеб2}} = k_{\text{внеб}} \times (Z_{\text{осн2}} + Z_{\text{доп2}}) = 0,3 \times (110265 + 16539,8) = 38041,44 \text{ руб}$$

Таким образом, мы можем получить общие затраты на составляется отчисления:

$$Z_{\text{внеб общ}} = Z_{\text{внеб1}} + Z_{\text{внеб2}} = 9060 + 38041,4 = 47101,44 \text{ руб}$$

3.3.5 Накладные расходы

Накладные расходы включают в себя следующие расходы: печать ксерокопирование материалов исследования, оплата услуг связи и т.д. Сумма 5 статьи затрат, рассчитанных выше, приведена в таблице ниже и используются для расчета накладных расходов.

Таблица 4.15 – Группировка затрат по статьям

| Статьи | | | | | |
|-------------|------------------|---------------------------|---------------------------------|--------------------------------|------------------------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| Амортизация | Сырье, материалы | Основная заработная плата | Дополнительная заработная плата | Отчисления на социальные нужды | Итого без накладных расходов |
| 7185 | 8750 | 136526 | 20478,9 | 47101,47 | 220 041,37 |

Величина накладных расходов определяется по формуле (4.16):

$$Z_{\text{накл}} = (\text{сумма статей } 1 \div 5) \cdot k_{\text{нр}}, \quad (4.16)$$

где $k_{\text{нр}}$ – коэффициент, учитывающий накладные расходы. Величина коэффициента принимается равной 0,2.

Накладные расходы

В накладных расходах учитываются другие расходы, которые ранее не включались в статью расходов, такие, как расходы на печать и ксерокопирование материалов исследования, услуги связи, расходы на электроэнергию и почтовую связь.

Величина накладных расходов определяется по формуле 3.12:

$$Z_{\text{накл}} = \left(\frac{C_{\text{СК}}}{5}\right) \times K_{\text{НР}} = \left(\frac{345311}{5}\right) \times 0,2 = 13812,44 \quad (3.12)$$

где $k_{\text{НР}}$ – коэффициент, учитывающий накладные расходы. Величина коэффициента принимается равной 0,2.

3.3.6 Бюджетная стоимость НИР

Группировка затрат по статьям представляется в таблице 3.14:

Таблица 3.14 – Группировка затрат по статьям.

| № | Наименование статьи | Сумма, руб. | | | Примечание |
|---|--|----------------|---------|---------|-------------|
| | | Текущий Проект | Исп.2 | Исп.3 | |
| 1 | Материальные затраты НИР | 8750 | 4626,3 | 15945 | Пункт 2.3.1 |
| 2 | Затраты на специальное оборудование | 7185 | 22959,8 | 43453 | Пункт 2.3.2 |
| 3 | Затраты по основной заработной плате исполнителей темы | 136526 | 148391 | 148391 | Пункт 2.3.3 |
| 4 | Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы | 20478,9 | 22258,7 | 22258,7 | Пункт 2.3.4 |

| | | | | | |
|-------------------|----------------------------------|------------|--------------|-----------|----------------|
| 5 | Отчисления во внебюджетные фонды | 47101,47 | 51194,9 | 51194,9 | Пункт 2.3.5 |
| 6 | Накладные расходы | 44008,27 | 49776,6 | 49776,6 | Пункт 2.3.6 |
| Бюджет затрат НИР | | 264 049,64 | 299 177,3 | 331 019,2 | Сумма ст. 1- 6 |

3.4 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования

Для определения эффективности научных исследований рассчитывается интегральный показатель эффективности научных исследований путем определения показателей финансовой эффективности и эффективности использования ресурсов.

Для того чтобы получить интегрированные показатели финансовой эффективности научных исследований, необходимо оценить затраты на реализацию трех программ научных исследований в бюджетном процессе. Поэтому мы используем в качестве основы для расчетов (в качестве знаменателя) максимальный интегральный показатель выполнения технических задач, связанный с финансовой стоимостью всех опционов.

В качестве аналогов данной НИР рассмотрены:

- 1) Подшипниковые материалы на медной основе;
- 2) Подшипниковые материалы на основе алюминия.

Интегральный финансовый показатель разработки рассчитывается по формуле 3.13:

$$I_{финр}^{испi} = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{max}} \quad (3.13)$$

где $I_{финр}^{испi}$ – интегральный финансовый показатель разработки;

Φ_{pi} – стоимость i -го варианта исполнения;

Φ_{max} – максимальная стоимость исполнения;

По перечисленным вычислениям определяются общие затраты для всех вариантов:

$\Phi_{\text{текущ.проект}} = 264\,049,64$ руб.; $\Phi_{\text{исп.2}} = 413417,08$ руб.; $\Phi_{\text{исп.3}} = 447396,08$ руб.

По формуле 3.13 определяется интегральный финансовый показатель для текущего проекта:

$I_{\text{текущ.проект}} = 264\,049,64$ руб., $I_{\text{исп.1}} = 299177,3$ руб., $I_{\text{исп.2}} = 331019,2$ руб.

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.2}} = \frac{\Phi_{\text{исп.2}}}{\Phi_{\text{max}}} = \frac{299177,3}{331019,2} = 0,91;$$

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.3}} = \frac{\Phi_{\text{исп.3}}}{\Phi_{\text{max}}} = \frac{331019,2}{331019,2} = 1.$$

В результате расчетов консолидированных финансовых менее перевесом по трем вариантам является вариант 1, который считается более приемлемым с точки зрения финансовой эффективности.

Интегральный показатель ресурсоэффективности вариантов выполнения НИР (I_{pi}) определен путем сравнительной оценки их характеристик, распределенных с учетом весового коэффициента каждого параметра (таблица 3.15).

Таблица 3.15 – Сравнительная оценка характеристик всех вариантов.

| Объект | Весовой коэффициент параметра | Текущий проект | Исп.2 | Исп.3 |
|--------------|-------------------------------|----------------|-------|-------|
| исследования | | | | |
| Критерии | | | | |

| | | | | |
|---|------|------|-----|------|
| 1. Безопасность при использовании установки | 0,15 | 4 | 4 | 4 |
| 2. Стабильность работы | 0,2 | 4 | 4 | 5 |
| 3. Технические характеристики | 0,2 | 5 | 3 | 4 |
| 4. Механические свойства | 0,3 | 5 | 4 | 3 |
| 5. Материалоёмкость | 0,15 | 5 | 4 | 5 |
| ИТОГО | 1 | 4,65 | 3,8 | 4,05 |

Расчет интегрального показателя для разрабатываемого проекта:

$$I_{pi} = \sum_{i=1}^5 K_{вес.} \times T_{пр/ис}$$

Интегральный показатель эффективности вариантов исполнения разработки вычисляется на основании показателя ресурсоэффективности и интегрального финансового показателя по формуле:

$$I_{испi} = \frac{I_{р-испi}}{I_{финр}}$$

$$I_{исп.1} = \frac{4,65}{0,93} = 5;$$

$$I_{исп.2} = \frac{3,8}{0,92} = 4,13;$$

$$I_{исп.3} = \frac{4,05}{1} = 4,05.$$

Далее интегральные показатели эффективности каждого варианта НИР сравнивались с интегральными показателями эффективности других вариантов с целью определения сравнительной эффективности проекта (таблица 3.16). Таблица 3.16 – Сравнительные эффективности разработок.

| № п/п | Показатели | Текущий проект | Исп.2 | Исп.3 |
|-------|---|----------------|-------|-------|
| 1 | Интегральный финансовый показатель разработки | 0,79 | 0,91 | 1 |

| | | | | |
|---|---|------|------|------|
| 2 | Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки | 4,65 | 3,8 | 4,05 |
| 3 | Интегральный показатель эффективности | 5,18 | 4,18 | 4,05 |
| 4 | Сравнительная эффективность вариантов исполнения | 1 | 0,81 | 0,78 |

Сравнив показатели интегрирования с сопоставимыми вариантами, мы можем сделать вывод о том, что текущий проект [Вариант 1] является наиболее эффективным с финансовой и ресурсной точек зрения вариантом, наш проект эффективнее конкурентов.

Выводы по разделу:

В результате выполнения целей раздела можно сделать следующие выводы:

1. Результатом анализа конкурентных технических решений является выбор одного из вариантов реализации НИР как наиболее подходящего и оптимального по сравнению с другими.

2. В ходе планирования для руководителя и инженера был разработан график реализации этапа работ, который позволяет оценивать и планировать рабочее время исполнителей. Определено следующее: общее количество календарных дней для выполнения работ составляет 102 дня; общее количество дней, в течение которых работал инженер, составляет 98 дней; общее количество дней, в течение которых работал руководитель, составляет 20 дней;

3. Для оценки затрат на реализацию проекта разработан проектный бюджет, который составляет **264 049,64** руб;

4. Результат оценки эффективности ИР показывает следующие выводы:

1) значение интегрального финансового показателя ИР составляет 0,79, что является показателем того, что ИР является финансово выгодной по сравнению с аналогами;

2) значение интегрального показателя ресурсоэффективности ИР составляет 4,65, по сравнению с 3,8 и 4,05;

3) значение интегрального показателя эффективности ИР составляет 5, по сравнению с 4,13 и 4,05, и является наиболее высоким, что означает, что техническое решение, рассматриваемое в ИР, является наиболее эффективным вариантом исполнения.

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»**

Студенту:

| Группа | ФИО |
|--------|-----------|
| 154A91 | Ван Эньцэ |

| ШКОЛА | Отделение | Шифр и наименование |
|---------------------|---------------------------|---------------------|
| Уровень образования | Направление/специальность | |

Тема дипломной работы: «Технологическая подготовка производства детали «куб» на станках с ЧПУ»

| Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»: | |
|---|---|
| <ul style="list-style-type: none"> • Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения) <p>Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности</p> <ul style="list-style-type: none"> • специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; • организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны. | <p>Объект исследования –Куб</p> <p>Область применения –В повседневной жизни и в техническом производстве встречается множество кубов, которые в основном используются в качестве контейнеров.</p> <p style="text-align: center;">Приводится перечень НТД, используемой в данном разделе.</p> |
| Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке: | |
| <p>1. Производственная безопасность Анализ показателей шума и вибрации</p> <ul style="list-style-type: none"> • установление соответствие показателей нормативному требованию; <p>Анализ показателей микроклимата</p> <ul style="list-style-type: none"> • показатели температурные, скорости движения воздуха, запыленности. <p>Анализ освещенности рабочей зоны</p> <ul style="list-style-type: none"> • типы ламп, их количество, соответствие нормативному требованию освещенности; <p>Анализ электробезопасности</p> <ul style="list-style-type: none"> • наличие электроисточников, характер их опасности; • установление класса электроопасности помещения, а также безопасные номиналы тока, напряжения, сопротивления заземления. <p>Анализ пожарной безопасности</p> <ul style="list-style-type: none"> • присутствие горючих материалов, тем самым, присутствие повышенной степени пожароопасности. • категории пожароопасности помещения, марки огнетушителей, их назначение. • Разработать схему эвакуации при пожаре. | <p>Для всех случаев вредных и опасных факторов на рабочем месте указать ПДУ, ПДД, допустимые диапазоны существования, в случае превышения этих значений:</p> <ul style="list-style-type: none"> • перечислить средства коллективной и индивидуальной защиты; • привести классы электроопасности помещений, а также безопасные номиналы тока, напряжения, сопротивления заземления, • категорию пожароопасности помещения, • марки огнетушителей, их назначение. <p>При отклонении показателя предложить мероприятия.</p> |
| <p>2. Экологическая безопасность:</p> <ul style="list-style-type: none"> • защита селитебной зоны | <p>Наличие отходов (металлическая стружка, абразивная пыль, черновики бумаги,</p> |

| | |
|--|--|
| <ul style="list-style-type: none"> • анализ воздействия объекта на атмосферу (выбросы); • анализ воздействия объекта на гидросферу (сбросы); • анализ воздействия объекта на литосферу (отходы); • разработать решения по обеспечению экологической безопасности со ссылками на НТД по охране окружающей среды. | <p>отработанные картриджи принтера, обрезки электромонтажных проводов) потребовали разработки методов (способов) утилизации перечисленных отходов.</p> <p>Наличие радиоактивных отходов также требует разработки их утилизации.</p> |
| <p>3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:</p> <ul style="list-style-type: none"> • перечень возможных ЧС при разработке и эксплуатации проектируемого решения; • выбор наиболее типичной ЧС; • разработка превентивных мер по предупреждению ЧС; • разработка действий в результате возникшей ЧС и мер по ликвидации её последствий. | <p>Рассматриваются 2 ситуации ЧС:</p> <p>1) природная – сильные морозы зимой;</p> <p>2) техногенная – исключить несанкционированное проникновение посторонних на рабочее место (большая вероятность проведения диверсии).</p> <p>Необходимо предусмотреть мероприятия по обеспечению устойчивой работы производства в том и другом случае.</p> |

| | |
|---|-------------|
| Дата выдачи задания для раздела по линейному графику | 27.02.20 г. |
|---|-------------|

Задание выдал консультант:

| Должность | ФИО | Ученая степень, звание | Подпись | Дата |
|---------------|-----|------------------------|---------|-------------|
| Профессор ТПУ | | Д.Т.Н. | | 27.02.20 г. |

Задание принял к исполнению студент:

| Группа | ФИО | Подпись | Дата |
|--------|-----------|---------|-------------|
| 154A91 | Ван Эньцэ | | 13.06.23 г. |

Понятие «*Социальная ответственность*» сформулировано в международном стандарте ICCSR26000:2011 «Социальная ответственность организации». В нём рассматриваются вопросы соблюдения прав персонала на труд, выполнения требований к безопасности и гигиене труда, к промышленной безопасности, охране окружающей среды и ресурсосбережению. В соответствии со стандартом **целями составления настоящего раздела является принятие проектных решений, исключающих несчастные случаи в производстве, и снижение вредных воздействий на окружающую среду.**

Введение

В современных условиях хозяйствования, когда взят курс на импорт замещение широкого спектра продукции, производственная система каждого промпредприятия требует совершенствования.

Увеличивая доли автоматизации технологических процессов в производстве позволяет использовать меньшее количество работников в производственном процессе и улучшить условия их труда.

Освоение новой продукции, внедрение нового оборудования, технологических приемов, напрямую связано с технической подготовкой производства.

Техническая подготовка производства обеспечивает необходимую готовность к выпуску продукции надлежащего качества нужного объема.

В рамках данного ВКР разрабатываются такие элементы технической подготовки производства как: отработка конструкции изделия на технологичность; разработка технологического процесса; проектирование технологического оснащения и технологической оснастки.

Цель курсового проекта состоит в разработке технологического процесса изготовления детали «Куб» с применением гибкой производственной системы.

Актуальность ВКР заключается в обеспечении высокого качества исследуемой детали с использованием современного технологического оборудования и автоматизированных устройств.

Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

В основе государственного надзора и общественного контроля за охраной труда лежит законодательная база: Конституция РФ, федеральный закон "Об основах охраны труда в РФ", Трудовой Кодекс РФ, а также ряд указов Президента РФ, постановления Правительства РФ и др.

Общий надзор за исполнением законов о труде и охране труда в Российской Федерации осуществляет Прокуратура.

Указом Президента РФ N850 от 4 мая 1994 года государственный надзор и контроль за соблюдением законодательства РФ о труде и охране труда возложен на Федеральную инспекцию труда при Министерстве труда РФ. В настоящее время Федеральная инспекция труда действует в соответствии с "Положением о Федеральной инспекции труда", утвержденным постановлением Правительства РФ № 78 от 28 января 2000 года.

В соответствии с данным "Положением", государственные правовые инспекторы труда и государственные инспекторы по охране труда имеют право:

- 1) беспрепятственно посещать любые предприятия, проводить расследования несчастных случаев на предприятиях;
- 2) получать информацию, приостанавливать работу;
- 3) выдавать должностным лицам предприятий обязательные для исполнения предписания и налагать штрафы на должностных лиц, виновных в нарушении законодательных и иных нормативных актов по охране труда.

Постановлением Министерства труда РФ № 58 от 30 октября 1995 года утверждено "Примерное положение о подразделении по охране труда органа исполнительной власти по труду субъекта РФ". В соответствии с этим положением, работники данного подразделения осуществляют управление, руководство и организацию в области охраны труда на соответствующей территории субъекта Федерации. Для осуществления своих обязанностей эти работники имеют соответствующие права и полномочия: беспрепятственно посещать предприятия всех форм собственности независимо от сферы

хозяйственной деятельности и ведомственной подчинённости и получать необходимую информацию.

Общественный контроль осуществляют профсоюзы или иные представительные органы коллектива и, в соответствии с федеральным законом "Об основах охраны труда в Российской Федерации" и "Рекомендациями по организации работы уполномоченного (доверенного) лица по охране труда профессионального союза или трудового коллектива" (утверждёнными Постановлением Минтруда РФ № 30 от 8 апреля 1994 года), имеют право:

- 1) контролировать выполнение работодателем законодательства по охране труда;
- 2) проводить независимую экспертизу условий труда и обеспечения безопасности работников предприятия;
- 3) принимать участие в расследовании несчастных случаев на производстве, а также осуществлять самостоятельное их расследование, получать информацию о состоянии условий и охраны труда на предприятии;
- 4) предъявлять требования о приостановке работ при угрозе жизни и здоровью работников, выдавать работодателю обязательные к рассмотрению представления по устранению выявленных нарушений законодательства об охране труда;
- 5) контролировать выполнение коллективного договора в пунктах, где отражены вопросы условий труда и охраны труда, принимать участие при разработке нормативных актов по охране труда;

б) обращаться в соответствующие органы о привлечении к ответственности должностных лиц, виновных в нарушениях требований по охране труда, принимать участие в рассмотрении трудовых споров по охране труда.

Планирование мероприятий по охране труда классифицируется на перспективное, годовое и оперативное.

Перспективное планирование включает в себя разработку комплексного плана улучшения условий и охраны труда. Разработке этого плана предшествует анализ состояния условий и охраны труда и результатов аттестации рабочих мест.

Годовое планирование включает, как правило, часть комплексного плана и коллективный договор (соглашение) по охране труда.

Оперативное планирование осуществляется для решения вновь возникающих задач. В составлении плана мероприятий по охране труда участвуют все отделы и службы предприятия. Проект плана рассматривается на совместном заседании профкома и администрации и утверждается работодателем.

На предприятиях, в соответствии с существующим законодательством, периодически должны проводиться проверки состояния условий труда, обновляться данные санитарно-технической паспортизации.

Ряд мероприятий по улучшению условий труда, как правило, закладывается в коллективном договоре или отдельном соглашении по охране труда, который заключается между работодателем (администрацией) и коллективом. Конкретные условия могут быть оговорены и при заключении индивидуального трудового соглашения (контракта).

В настоящее время большинство предприятий должны включать в комплексные и годовые планы мероприятий по охране труда и работы по проведению сертификации на соответствие требованиям по охране труда.

Аттестация рабочих мест выполняется в соответствии с постановлением Минтруда РФ № 12 от 14 марта 1997 года "О проведении аттестации рабочих мест по условиям труда".

Для подготовки к аттестации рабочих мест по условиям труда в организациях составляется перечень рабочих мест и выявляются опасные и вредные факторы производственной среды. Для организации и проведения аттестации рабочих мест работодатель приказом создаёт аттестационную комиссию. Сроки проведения аттестации устанавливаются организацией, исходя из изменения условий и характера труда, но не реже одного раза в 5 лет с момента проведения последних измерений на рабочих местах (освещённости, шума, вибрации и др.).

Контроль за выполнением мероприятий по охране труда осуществляет администрация, выборный представительный орган коллектива (профком) и специально созданная на основе законодательства совместная комиссия (при числе работающих более 10 человек).

Финансирование мероприятий по охране труда осуществляется в соответствии со статьёй № 19 федерального закона "Об основах охраны труда в РФ". В частности:

финансирование осуществляется в рамках соответствующих целевых программ за счёт средств федерального бюджета, бюджетов субъектов Российской Федерации и местных бюджетов. При этом могут быть использованы средства, полученные из сумм штрафов, налагаемых за

нарушение законодательства по охране труда и добровольных взносов организаций и физических лиц.

В отраслях экономики, субъектах РФ и в организациях могут создаваться фонды охраны труда.

Примерный перечень документации по охране труда предприятия

- 1) Перечень профессий рабочих, работа по которым требует прохождения проверки знаний. Перечень должен находиться в службе кадров, у руководителей участков (цехов) и в службе охраны труда;
- 2) Перечень должностей и профессий работников, освобожденных от первичного инструктажа на рабочем месте. Перечень должен находиться в службе охраны труда, у руководителей цехов (участков) и в службе кадров;
- 3) Личные карточки учета выдачи СИЗ. Хранится у лица, выдавшего СИЗ;
- 4) Программы проведения первичного инструктажа на рабочем месте для отдельных профессий или видов работ. Программы должны находиться в службе охраны труда и у руководителей участков (цехов);
- 5) Графики испытания и проверки исправности СИЗ;
- 6) Журналы регистрации инструктажа на рабочем месте, которые должны находиться на участках (в цехах).

Производственная безопасность

Анализ опасных и вредных производственных факторов

Во время механической обработки на металлорежущих станках возникают факторы, оказывающие неблагоприятные воздействия на человека. Такими факторами являются вибрация, шум, травмы органов зрения, ожоги открытых частей тела, увечья и т.п. Наибольшую опасность представляют вращающиеся и движущиеся части станков, отлетающая горячая стружка, выделение паров и газов при работе со смазочно-охлаждающей жидкостью (СОЖ) и технических смазок (ТС). При работе на шлифовальных станках образуется металлическая и абразивная пыль концентрацией 4...6 мг/м³ (предельно допустимая концентрация по ГОСТ 12.01.005-88 составляет 4...10 мг/м³), при работе оборудования выделяется избыточное тепло.

Вредный производственный фактор – негативное воздействие на человека, которое приводит к ухудшению самочувствия или заболеванию.

Такими факторами в цехе являются, например, токсичные газы, пары, пыль, шум, неблагоприятные метеорологические условия, недостаточная освещенность и др.

Содержание вредных веществ в воздухе рабочей зоны, оптимальные и допустимые величины показателей микроклимата на рабочих местах, уровень шума, вибрационная нагрузка на оператора, безопасные условия труда работников должны удовлетворять требованиям соответствующих нормативных документов, утвержденных в установленном порядке.

Физические и химические факторы, сопровождающие работы с ручными инструментами: вибрация, шум, силовые характеристики, эргономические характеристики трудового процесса, температура рукояток, теплопроводность материала рукояток, параметры создаваемого микроклимата, содержание вредных веществ в рабочей зоне не должны превышать установленные гигиенические нормы безопасности ручных инструментов и работ с ними.

Идентификация возможных поражающих, опасных и вредных факторов в цехе и вне цеха.

1.1 Перечень поражающих опасных и вредных факторов, действующих на рабочих цеха в нормальном режиме:

движущиеся машины и механизмы
подвижная часть производственного оборудования
передвигающиеся изделия, заготовки и материалы
повышенная температура поверхностей оборудования
повышенная температура рабочих зон
повышенная загрязненность, загазованность рабочей зоны
повышенный уровень шума на рабочих местах
повышенный уровень вибрации
отсутствие или недостаток естественного освещения
острые крошки, заусенцы и шероховатости на поверхности инструментов, заготовок, оборудовании и механизмов
расположение рабочего места на значительной высоте относительно поверхности земли (пола)
физические нагрузки
перемещение грузов как в горизонтальной, так и в вертикальной плоскостях
нервно психическая и психологическая нагрузки

1.2 Перечень опасных, вредных и поражающих факторов, воздействующих на рабочих цеха в аварийном режиме:

разрушающие строительные конструкции
падение грузов
недостаточная освещенность рабочей зоны
пониженная контрастность
повышенная яркость
повышенная мощность светового потока
повышенный уровень инфракрасного и ультрафиолетового излучений

повышенный уровень электромагнитных излучений
повышенное значение напряжения в электрической цепи
повышенная напряженность электромагнитного поля
пониженная температура воздуха рабочей зоны
пониженная и повышенная подвижность воздуха
повышенная температура рабочей зоны
химические факторы
биологические факторы
психофизические факторы

1.3 Химические и биологические факторы подразделяются по характеру воздействия на организм человека

Химические факторы подразделяются по характеру воздействия на организм человека:

токсические
раздражающие по пути проникновения в организм человека
через органы дыхания
через кожные покровы и слизистые оболочки

Биологические факторы подразделяются по характеру воздействия на организм человека:

микроорганизмы и продукты их жизнедеятельности
макроорганизмы (растения и животные)

Психофизиологические факторы подразделяются по характеру воздействия на организм человека:

статические физические перегрузки
динамические перегрузки
умственное перенапряжение
перенапряжение анализаторов
монотонность труда

эмоциональные перегрузки

Для предотвращения воздействия вредных и опасных факторов на рабочих в механическом цехе обеспечивается проведение паспортизации санитарно-технического состояния подразделений, разрабатываются и выполняются комплексные планы улучшения условий и охраны труда и санитарно-оздоровительные мероприятия. Совместно с руководителями подразделений служба охраны труда организует своевременное испытание, техническое освидетельствование и регистрацию различных установок и механизмов.

Методы и средства обеспечения безопасной жизнедеятельности работающих в цехе.

Существуют три основных метода:

А - метод использующий пространственное и (или) временное разделение гомосферы (пространство, где находится человек в процессе рассматриваемой деятельности) и ноосферы (пространство, в котором постоянно существуют или периодически возникают опасности). Это достигается при механизации или автоматизации производственных процессов, дистанционном управлении оборудованием, использовании манипуляторов и роботов различных поколений.

Б - метод направленный на нормализацию ноосферы путём исключения опасностей и на приведение характеристик ноосферы в соответствии с характеристиками человека. Это совокупность мероприятий, защищающих человека от шума, вибраций, газа, пыли, опасности травмирования и т. д. С помощью СКЗ.

В - метод направленный на адаптацию человека к соответствующей среде и повышение его защищённости.. Он реализуется путём профотбора, обучения, инструктирования, психологического воздействия и т. д. В нашем цехе применяются методы Б и В, а также частично - А

2.1 Средства коллективной защиты работающих от механических воздействий.

- * оградительные устройства (кожухи, двери, щиты, планки и др.)
- * предохранительные устройства
- * тормозные устройства
- * устройства автоматического контроля и сигнализации
- * устройства дистанционного управления

Средства индивидуальной защиты от механических факторов - рабочая одежда, очки, рукавицы, каска.

Защита от шума: СИЗ - ушные пробки, наушники, шлемы

СКЗ - звукоизоляция, звукопоглощение.

Защита от вибрации

СКЗ - виброгашение, виброизоляция

Защита от запыленности и загазованности

СКЗ - вентиляция и кондиционирование

СИЗ - респираторы, маски и противогаз

Обеспечение электробезопасности в ЭУ и на рабочем месте
Конструкцией ЭУ и ЭО все электротехнические изделия по способу защиты человека от поражения электрическим током подразделены на 5 классов защиты:
0 ; 0I ; I ; II ; III

2.2 Технические способы и средства защиты от случайного прикосновения к токоведущим частям применяются

- защитные оболочки
- защитные ограждения
- безопасное расположение токоведущих частей
- изоляция токоведущих частей и рабочих мест

- малое напряжение (не более 42 В)
- защитное отключение
- предупредительная сигнализация
- блокировка и знаки безопасности
- механическое запираение приводов включения ЭУ и ЭО

От прикосновения к металлическим не токоведущим частям ЭУ и ЭО, которое может оказаться под напряжением в результате повреждения электроизоляции:

- зануление
- защитное заземление
- выравнивание потенциала
- защитное отключение
- изоляция токоведущих частей
- электрическое разделение сети
- малое напряжение
- контроль изоляции
- применение С.И.З.

2.3 Технические способы и средства защиты человека от электромагнитного поля

- уменьшение напряженности плотности потока энергии ЭМП
- экранирование рабочих мест
- удаление рабочих мест от источника ЭМП
- рациональное размещение в цехе оборудования ЭМП
- установление рациональных режимов работы оборудования и обслуживающего персонала

- применение предупредительной сигнализации
- применение С.И.З.

Технические способы и средства защиты зданий и сооружений от разрядов и воздействий атмосферного электричества:

- молниеотводы ЗУ определенных конструкций, к которым присоединяются

оборудование и металлические конструкции для ограничения перенапряжений на них; от электромагнитной индукции и запаса высокого потенциала

- перемычки в местах сближения металлических коммуникаций.

К работе в ЭУ допускаются лица не моложе 18 лет, прошедшие инструктаж, обучение и стажировку безопасным методам труда, проверку знаний, правил ТБ, ТЭ, ПБ, а также должностных инструкций и инструкций по охране труда - в соответствии с занимаемой должностью и присвоением соответствующей группы по электробезопасности и прошедших медосмотр.

Для безопасного проведения работ должны выполняться следующие организационные мероприятия:

- назначение лиц, ответственных за безопасное проведение работ
- выдача наряда или распоряжения
- выдача разрешения на подготовку рабочего места и на допуск
- подготовка рабочего места и допуск
- надзор при выполнении работ
- перевод бригады на другое рабочее место
- оформление перерывов в работе и ее окончания

Для подготовки рабочего места при работе, требующей снятия напряжения, должны быть выполнены в указанном порядке следующие технические мероприятия:

- проведены необходимые отключения и приняты меры, препятствующие ошибочному или самопроизвольному включению коммутационной аппаратуры
- вывешены запрещающие плакаты на приводах ручного и на ключах дистанционного управления коммутационной аппаратурой
- проверено отсутствие напряжения на токоведущих частях, которые должны быть заземлены для защиты людей от поражения электротоком
- установлено заземление (включены заземляющие ножи, установлены переносные заземления)
- ограждены при необходимости рабочие места или оставшиеся под напряжением токоведущие части и вывешены на ограждениях соответствующие плакаты. В зависимости от местных условий токоведущие части ограждаются до или после их заземления.

Инженерные решения по обеспечению безопасности при действии характерных опасных и вредных факторов в механическом цехе

3.1 Расчет звукопоглощающих облицовок

Для существенного снижения шума на пути его распространения устраивают звукоизолирующие преграды в виде стен, перегородок, перекрытий, специальных звукоизолирующих кожухов и экранов.

При проведении расчетов, связанных со снижением шума на рабочих местах, используется ряд акустических характеристик помещения:

- постоянная помещения V ;
- эквивалентная площадь звукопоглощения A ;
- средний коэффициент звукопоглощения α .

Постоянную помещения B акустически необработанного помещения определяют по формуле:

$$B = B_{1000} \cdot \mu_{1000}$$

B_{1000} – постоянная помещения на среднегеометрической частоте 1000 Гц, (табл. 5.9 в зависимости от объема помещения, м³; V)

μ_{1000} – частотный множитель, (табл. 41 Приложения) для частоты 1000 Гц.

Получив постоянную помещения, B для каждой октавной полосы вычислили эквивалентную площадь звукопоглощения, м²:

$$A = \frac{B}{\frac{B}{S} + 1}$$

где S – общая суммарная площадь ограждающих поверхностей помещения, м².

Если в помещении находится несколько одинаковых источников шума, граничный радиус можем определить по формуле:

$$r_{ГР} = 0,2 \sqrt{\frac{B_{8000}}{n}}$$

B_{8000} – постоянная помещения на среднегеометрической частоте 8000 Гц, м²;

n – число одинаковых источников шума;

$$B_{8000} = B_{1000} \cdot \mu_{8000}$$

μ_{8000} – частотный множитель, (табл. 41 Приложения) для частоты 8000 Гц.

Максимальное снижение уровня звукового давления ΔL в каждой октавной полосе при применении звукопоглощающих покрытий в расчетной точке, расположенной в зоне отраженного звука, определяем по формуле, дБ:

$$\Delta L = 10 * \lg \left(\frac{B'}{B} \right)$$

B' – постоянная помещения после установки в нем звукопоглощающих конструкций, м².

Постоянная помещения B' в акустически обработанном помещении определяем зависимость, м²:

$$B' = \frac{A_1 + \Delta A}{1 - a_1}$$

A_1 – эквивалентная площадь звукопоглощения поверхностями, незанятыми звукопоглощающей облицовкой, м²

$$A_1 = a(S - S_0)$$

a_1 – средний коэффициент звукопоглощения акустически обработанного помещения

$$a_1 = \frac{A_1 + \Delta A}{S}$$

a – средний коэффициент звукопоглощения в помещении до его акустической обработки:

$$a = \frac{V}{V+S}$$

S – общая суммарная площадь ограждающих поверхностей помещения, м²;

ΔA – величина суммарного добавочного поглощения, вносимого конструкцией звукопоглощающей облицовки или штучными поглотителями, м²;

$$\Delta A = a_0 * S_0 = a_0 * A_{\Pi} * n_{\Pi}$$

a_0 – реверберационный коэффициент звукопоглощения конструкции облицовки;

S_0 – площадь облицованных поверхностей (не менее 60 % общей площади ограждающих поверхностей) , м²;

A_{Π} – площадь звукопоглощения одного штучного звукопоглотителя, м²;

n_{Π} – число штучных поглотителей.

По данным делаем вывод об эффективности выбранного звукопоглощающего материала.

3.2 Расчет бокового освещения

Нормированные значения КЕО для зданий, располагаемых в V поясе светового климата (Ростовская область), следует определять по формуле:

$$e_H^V = e_H^j * m_N$$

e_H^j – значение КЕО для I пояса (табл. 1 Приложения);

m – коэффициент светового климата (табл. 2.1);

N – номер группы административного района (табл. 2.2).

Рассчитывали общий коэффициент светопропускания:

$$\tau_0 = \tau_1 * \tau_2 * \tau_3 * \tau_4$$

τ_1 – коэффициент светопропускания материала (табл. 4 Приложения);

τ_2 – коэффициент, учитывающий потери света в оконных переплетах световых проемов (табл.4 Приложения);

τ_3 – коэффициент, учитывающий потери света в несущих конструкциях (табл. 4 Приложения);

τ_4 – коэффициент, учитывающий потери света в солнцезащитных устройствах (табл. 5 Приложения).

По табл. 6 Приложения выбирают значение коэффициента запаса.

Площади пола, потолка и стен (м²), вычисляют по формулам:

$$S_{\text{П}} = S_{\text{ПТ}} = L_{\text{Д}} * L_{\text{Ш}}$$

$$S_{\text{СТ}} = 2L_{\text{Д}}H + 2L_{\text{Ш}} * H$$

где H – высота стен.

По табл. 7, 8 и 9 Приложения находят значения коэффициентов отражения света от стен $\rho_{ст}$, потолка $\rho_{пт}$ и пола $\rho_{п}$ с учетом принятой цветовой отделки помещения.

Далее рассчитывают средневзвешенный коэффициент отражения стен, потолка и пола:

$$\rho_{ср} = \frac{\rho_{ст} S_{ст} + \rho_{пт} S_{пт} + \rho_{п} S_{п}}{S_{ст} + S_{пт} + S_{п}}$$

Определяют отношение расстояния расчетной точки $L_{рТ}$ от наружной поверхности стены к глубине помещения: $\sqrt{L_{рТ}/B}$

Учитывая соотношение размеров помещения и средневзвешенный коэффициент отражения потолка, стен и пола $\rho_{ср}$, из табл. 10 Приложения выбирают значение коэффициента r_l , учитывающего увеличение КЕО при боковом освещении благодаря отраженному свету.

Площадь (m^2) световых проемов без учета оконных переплетов, вычисляют по формуле:

$$S_0 = \frac{e_0 S_{п} * K_{зд} \rho_0}{100 \tau_0 r_1}$$

Необходимое число окон $n_{ок}$ следует определять с учетом площади одного окна $S_{ок}$, которая согласно стандарту может быть принята равной 3,6; 7,2; 10,8 m^2 :

$$n_{ок} = S_0 / S_{ок}$$

В производственных помещениях можно также применять окна с размерами, указанными в табл. 2.3.

Табл. 2.3. Допустимые размеры окон

| | | | | | |
|------------|----------------------------|------|---------------------------------|------|------|
| Высота, мм | 2100 | 1800 | 1575 | 1425 | 1275 |
| Ширина, мм | 1555; 1260; 1060; 860; 565 | | 1555; 1260; 1060; 860; 665; 565 | | |

Заключение

В данной главе были поставлены задачи по сохранению работоспособности и здоровья человека, выборе мер защиты от негативных факторов естественного и антропогенного происхождения, изучении опасных факторов на организм рабочего в механическом цехе.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе выполнения выпускной квалификационной работы был разработан технологический процесс изготовления детали «Куб» с применением гибкой производственной системы.

Спроектированный технологический процесс сопровождается оценкой технологичности конструкции изделия, выбором современного металлорежущего оборудования и режущего инструмента, расчетом оптимальных припусков на обработку, расчетом режимов резания и нормированием технологических операций, планировкой участка механической обработки, разработкой режущего и мерительного инструмента, конструкторской и технологической документацией, графическим изображением проектных разработок.

Решения, принятые при выполнении проектирования, позволяют повысить экономическую эффективность процесса обработки, обеспечив снижение затрат и высокую производительность.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Марочник сталей и сплавов/В. Г. Сорокин, А. В. Волосникова, С. А. Вяткин и др.; Под общ.ред. В. Г. Сорокина. – М.: Машиностроение, 1989. – 640 с.
2. Общетехнический справочник / П.П. Серебrenицкий, изд., перераб. и доп– СПб.:Политехника, 2004.-445 с.
3. Ашихмин В. Н. Размерный анализ технологических процессов: Практикум. М.: НИЯУ МИФИ, 2010. – 60 с.
4. Справочник технолога машиностроителя. В 2-х т. Т. 1/ Под.ред. Косиловой А.Г. и Мещерякова Р.К. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1986. – 656 с., ил.

5. Классификатор технологических операций машиностроения и приборостроения 1 85 142. – М.: Изд-во стандартов. 1985. – 255 с.
6. Проектирование механического цеха машиностроительного производства : учеб. пособие / Н. Ю. Кукина ; Нижнетагил. технол. ин-т (фил.) УГТУ-УПИ. - Нижний Тагил : НТИ(ф) УГТУ-УПИ, 2007. – 172 с.
7. Должиков В. П. Разработка технологических процессов механообработки в мелкосерийном производстве. - Томск: ТПУ, 2003. – 328 с.;
8. Скворцов В. Ф. Основы размерного анализа технологических процессов изготовления деталей. - 2-е изд. - Томск: ТПУ, 2009. – 91 с.
9. Горохов В. А. Проектирование и расчет приспособлений: Учебное пособие для студентов вузов машиностроительных специальностей. - 3-е изд. - Москва: Машиностроение, 1986. - 296 с.