

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА (ДИПЛОМНЫЙ ПРОЕКТ)

Студент	В.П. Ильтимиров (И.О. Фамилия)	(личная подпись)
Руководитель	Л.А. Резников (И.О. Фамилия)	(личная подпись)
Консультанты	Н.В. Зубкова (И.О. Фамилия)	(личная подпись)
	Л.Н. Горина (И.О. Фамилия)	(личная подпись)
	В.Г. Виткалов (И.О. Фамилия)	(личная подпись)

И.о. заведующего кафедрой
к.т.н, доцент _____ А.В. Бобровский
(личная подпись)

« » 2016 г.

Тольятти 2016

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

«Тольяттинский государственный университет»
Институт машиностроения

Кафедра «Оборудование и технологии машиностроительного производства»

УТВЕРЖДАЮ

И.о. зав. кафедрой А.В. Бобровский
«2» 03 2016

ЗАДАНИЕ

на выполнение выпускной квалификационной работы
(уровень специалиста)

направление подготовки 151.001.65 «Конструкторско-технологическое обеспечение
автоматизированных машиностроительных производств»

Специальность «Технология машиностроения»

Студент Ильтимиров Виктор Павлович, гр. ТМз-1001

1. Тема Проектирование специального фрезерного станка
2. Срок сдачи студентом законченной выпускной квалификационной работы «30» 05 2016
3. Исходные данные к выпускной квалификационной работе *Материалы преддипломной практики, чертежи получаемых изделий*
4. Содержание выпускной квалификационной работы (объем 90-120 с.)

Титульный лист. Реферат (аннотация). Содержание.

Введение, цель проекта

1) Общий раздел

2) Определение мощности электродвигателя.

3) Кинематический расчет привода главного движения фрезерной головки

4) Расчет клиноременной передачи

5) Расчет зубчатой передачи

6) Расчет валов на прочность

7) Расчет подшипников качения

8) Расчет режимов резания

9) Расчет технических норм времени

10) Расчет показателей экономической эффективности

11) Безопасность и экологичность технического объекта

Заключение. Литература.

Приложения. технологическая документация, спецификации на сборочные единицы

5. Ориентировочный перечень графического материала (8-10 листов формата А1)

- Материалы исследований*
- 1) *Общий вид проектируемого станка* 1 — 2
 - 2) *Кинематические схемы* 1 — 2
 - 3) *Чертежи сборочных единиц и деталей станка* 2 — 3
 - 4) *Технологические надписи* 1 — 2
 - 5) *Технологические схемы* 2 — 3
 - 6) *Презентация* 0,5 — 1

6. Консультанты по разделам

Безопасность и экологичность технического объекта Сергей
Экономическая эффективность проекта Илья
Нормоконтроль Илья

7. Дата выдачи задания «30» 03 2016 г.

Руководитель выпускной квалификационной работы	<u>А.А. Резников</u> (полный)	<u>А.А. Резников</u> (И.О. Фамилия)
Задание принял к исполнению	<u>В.П. Ильтимиров</u> (полный)	<u>В.П. Ильтимиров</u> (И.О. Фамилия)

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

УТВЕРЖДАЮ
И.о. зав. кафедрой  А.В. Бобровский
« 20 » 03 2016г.

КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН
выполнения выпускной квалификационной работы
(уровень специалиста)

Студент Ильминров Виктор Павлович, гр. ТМЗ-1001
По теме Проектирование специального фрезерного станка

Наименование раздела работы	Плановый срок выполнения раздела	Фактический срок выполнения раздела	Отметка о выполнении	Подпись руководителя
Описание исходных данных	30.03.2016	30.03.2016	выполн.	
Подбор электродвигателей станка	04.04.2016	04.04.2016	выполн.	
Кинематический расчёт привода главного движения фрезерной головки	07.04.2016	07.04.2016	выполн.	
Расчёт клиноременной передачи	11.04.2016	11.04.2016	выполн.	
Расчёт зубчатой передачи	14.04.2016	14.04.2016	выполн.	
Расчёт силовых валов станка	20.04.2016	20.04.2016	выполн.	
Расчёт подшипников качения	27.04.2016	27.04.2016	выполн.	

Расчёт режимов резания	04.05.2016	04.05.2016	выполн.	
Расчёт технических норм времени	10.05.2016	10.05.2016	выполн.	
Экономическая эффективность проекта	13.05.2016	13.05.2016	выполн.	
Безопасность и экологичность технического объекта	18.05.2016	18.05.2016	выполн.	

Руководитель выпускной квалификационной работы	 (подпись)	А.А. Ревякин (И.О. Фамилия)
Задание принял к исполнению	 (подпись)	В.П. Ильминров (И.О. Фамилия)

АННОТАЦИЯ

УДК 621.0.01

Ильtimiров Виктор Павлович

Проектирование специального фрезерного станка.

Дипломный проект. Тольятти. Тольяттинский государственный университет, 2016.

В дипломном проекте выполнено проектирование специального многошпиндельного станка для выполнения операций фрезерования, координатной расточки и сверления.

Проект содержит 1 лист формата А0, 8 листов формата А1, 2 листа формата А2, 95 листов пояснительной записки и 1 приложение со спецификациями.

За счет применения новых и усовершенствованных технологических подходов повышается производительность. Применено приспособление на две детали с автоматическим зажимом и разжимом, работающее от пневмосистемы станка.

Выполнены все необходимые расчеты по соответствующим разделам дипломного проекта.

В графической части проекта представлены:

- развертка фрезерной головки ;
- наладка;
- кинематическая схема станка;
- пневмосхема и схема смазки;
- электрическая схема станка;
- стол силовой электромеханический;
- приспособление зажимное;
- общий вид станка с ограждением;

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	7
ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ.....	8
1. Общий раздел.....	8
1.1 Принцип работы станка и его составных частей. Устройство станка.....	8
1.2 Обзор аналогов агрегатных станков.....	10
1.3 Общие понятия об агрегатных станках.....	14
1.4 Обзор используемой литературы.....	15
1.5 Постановка целей и задач работы.....	18
2 Конструкторская часть.....	19
2.1 Определение мощности электродвигателя.....	19
2.2 Кинематический расчет привода главного движения фрезерной головки.....	21
2.3 Расчет клиноременной передачи.....	22
2.4 Расчет зубчатой передачи.....	27
2.5 Расчет валов на прочность.....	35
2.6 Расчет подшипников качения.....	41
3 Технологическая часть.....	43
3.1 Расчет режимов резания.....	43
3.2 Расчет технических норм времени.....	62
4 Расчет показателей экономической эффективности.....	66
4.1 Расчет капитальных вложений.....	72
4.2 Расчет технологической себестоимости.....	75
4.3 Расчет приведенных затрат.....	80
4.4 Расчет годовой экономической эффективности.....	80

5	Безопасность и экологичность технического объекта.....	
.....82		
5.1	Конструкторско-технологическая характеристика объекта.....	83
5.2	Идентификация производственно-технологических и эксплуатационных производственных рисков.....	84
5.3	Методы и технические средства снижения профессиональных рисков.....	85
5.4	Обеспечение пожарной и техногенной безопасности рассматриваемого технического объекта.....	88
5.5	Обеспечение экологической безопасности рассматриваемого технического объекта.....	91
5.6	Заключение по разделу «Безопасность и экологичность технического объекта.....	94
	ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	
		95
	СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ.....	96
	ПРИЛОЖЕНИЯ	
	Приложение 1. Спецификация на:	
1.1	Головка фрезерная	
1.2	Стол силовой	
1.3	Приспособление зажимное	
1.4	Ограждение	

ВВЕДЕНИЕ

Бурное развитие станкостроения началось после Октябрьской социалистической революции. Принятый на XIV съезде ВКП(б) в 1925 году план индустриализации страны предусматривал резкое увеличение производственных мощностей старых станкостроительных заводов и строительство новых.

В данный момент времени экономика страны переживает тяжелое время. Заданный правительством курс на импортозамещение в условиях санкций невозможно будет осуществить без улучшения и модернизации парка станков наших предприятий. С этой целью надо вводить в производство станки, имеющие высокую степень автоматизации и в то же время позволяющих осуществлять быструю переналадку при переходе на обработку новых деталей. С этой целью проектируются станки с числовым программным управлением (ЧПУ) и агрегатные станки. Станки с ЧПУ имеют более высокую стоимость и применимы в условиях серийного производства в основном для корпусных и точных деталей, а агрегатные станки универсальны и в то же время имеют высокую степень автоматизации. Их широко применяют для серийного и массового типа производства, т.к. они обеспечивают надлежащую точность и возможность переналадки на другие типы деталей. Трудности возникают при проектировании приспособлений и компоновки самого станка, что в условиях массового производства

экономически оправдано за счет унифицированности основных узлов станка и высокой концентрации операции на одном рабочем месте.

В дипломном проекте разрабатывается специальный многошпиндельный фрезерный агрегатный станок.

Внедрение данного станка позволит сократить цикл выпуска деталей за счет совмещения операций, сократить затраты на рабочих и наладчиков, снизить площадь, занимаемую оборудованием по габаритам и т. д.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

1. ОБЩИЙ РАЗДЕЛ

1.1. Принцип работы станка и его составных частей

Станок агрегатный, имеющий две позиции, которые используются для фрезерования.

На верхней плоскости тумбы установлен силовой стол ОУ3132-225 с приспособлением ЦТ7020-4195.

С правой стороны на плоскости тумбы установлена фрезерная головка для фрезерования торца детали, с левой стороны - фрезерная головка для фрезерования ушек деталей.

На задней стенке тумбы справа смонтирована пневмоаппаратура, управляющая работой зажимного приспособления.

Станция смазки установлена на боковой стенке тумбы с левой стороны. Разводка смазки произведена медными трубками. Смазочное оборудование предназначено для подачи смазки к направляющим силового стола.

Шкаф электрооборудования установлен на тумбе с левой задней стороны станка. Главный пульт управления и кнопочные пункты управления расположены на передней стенке тумбы для удобства управления станком.

Главный пульт управления служит для работы станка в наладочном режиме. Управление циклом ведется с двух кнопочных постов управления.

Цикл работы станка:

- оператор открывает ограждение и снимает с приспособления обработанные детали;
- устанавливает и зажимает кнопкой ЗАЖИМ заготовку;
- закрывает ограждение;
- нажимает на кнопку ПУСК ЦИКЛА (стол с зажимным приспособлением перемещается вперед, происходит обработка ушек и торца деталей; затем стол с зажимным перемещается в переднее крайнее положение на исходную позицию, где автоматически производится разжим детали.)

Цикл заканчивается.

Кинематическая схема станка состоит из отдельных не связанных между собой схем фрезерных головок и привода силового стола.

Вращение шпинделя вертикальной фрезерной головки осуществляется от электродвигателя через клиноременную и зубчатую передачи.

Вращение шпинделя горизонтальной фрезерной головки также осуществляется от электродвигателя через клиноременную и зубчатую передачи.

Ускоренные перемещения силового стола (вперед и назад) осуществляются от электродвигателя АИР63В4У3. Вращение передается через жесткую муфту на вал электромагнитной муфты, которая при этом выключена. Далее вращение передается через зубчатые колеса 11 и 12 на ходовой винт. Изменение направления ускоренных перемещений осуществляется реверсированием электродвигателя.

Движение рабочей подачи осуществляется от электродвигателя АИР56А4У3. Вращение передается через жесткую муфту на сменяемые зубчатые колеса 1, 2, 3, 4, сменные зубчатые колеса 5, 6, фрикционную

предохранительную муфту, зубчатые колеса 7, 8, 9, 10, включенную электромагнитную муфту. Далее вращение передается через зубчатые колеса 11, 12 на ходовой винт 13. Ходовой винт 13, вращаясь в ходовой гайке 14, неподвижно закрепленной в платформе стола, сообщает платформе прямолинейное перемещение со скоростью рабочей подачи или ускоренных перемещений.

Силовой стол комплектуется из следующих узлов:

- силового стола;
- привода подачи;
- упоров управления с путевыми переключателями.

Цикл работы силового стола: быстрый подвод, рабочая подача, выдержка на жестком упоре (при необходимости), быстрый отвод.

Приспособление зажимное ЦТ7020 служит для закрепления обрабатываемых деталей. Оно состоит из корпуса, призм и механизма прижима детали. Деталь в приспособлении базируется на призмы.

Предварительный поджим детали производится боковыми цилиндрами, через рычаг. Рычаг прижимает деталь к боковым призмам. Одновременно нижний цилиндр производит окончательный зажим детали верхней планкой к нижней призме. Разжим производится в обратной последовательности.

1.2. Обзор аналогов агрегатных станков

Агрегатный восьмипозиционный станок 1138 ИА предназначен для обработки отверстий деталей типа «вилка карданная».

В состав станка входят покупные силовые сверлильные самодействующие головки У1Х4035, делительный стол УХ2036-01 с приводом УХ02075, силовой стол 1УЕ4532-02 с приводом У1Е4722-01 и станина 2УХ1235-01.

Станок имеет восемь позиций, семь из которых используются для обработки детали, одна позиция – загрузочная.

В центральной расточке станины на подставке установлен восьмипозиционный поворотный делительный стол UX2036- 01. На верхней плоскости планшайбы стола закреплены 8 зажимных приспособлений, работающие от пневмосистемы станка.

На верхней плоскости станины на подставках смонтированы четыре силовых стола 1UE4532- 02 с головками OY2332, силовая головка U1X4035- 02.

На четвертой позиции установлена арочная колонна, что позволяет совмещать горизонтальную и вертикальную обработку детали.

Внутри станины закреплен привод делительного стола. Окно с передней стороны станины для установки и обслуживания привода делительного стола закрыто открывающейся дверкой.

На левой стороне станины смонтирована пневмоаппаратура, управляющая работой зажимных приспособлений, подкатной плитой силовой головки, прижима планшайбы делительного стола.

Станция смазки закреплена на правой стороне станины, распределительный блок и питатели установлены на плите. Разводка смазки произведена медными трубками. Смазочное оборудование предназначено для подачи смазки к поворотному- делительному столу, к импульсным питателям силовых столов и к приводной плите на второй позиции.

Шкаф электрооборудования устанавливаем отдельно с задней стороны станка. Также, с задней стороны, расположен бак охлаждения с эмульсионным насосом.

Цикл работы станка

- оператор снимает с приспособления обработанную деталь;
- устанавливает и зажимает кнопками «ЗАЖИМ» новую заготовку;

- нажимает на кнопку «ПУСК ЦИКЛА» (происходит расфиксация, поворот на первую позицию и фиксация делительного стола, быстрый подвод и переход на рабочую подачу силовых головок, обработка деталей, быстрый отвод силовых головок в исходные положения).

Цикл заканчивается.

Агрегатный пятипозиционный станок мод 1531 ИА предназначен для обработки отверстий и фланцев вилки кардана фланцевой.

Станок имеет пять позиций, четыре из которых используются для обработки, одна позиция – загрузочная.

В центральной расточке станины на подставке установлен пятипозиционный поворотный делительный стол. На верхней плоскости планшайбы закрепляют пять приспособлений, работающие от пневмосистемы станка.

На верхней плоскости станины смонтированы две колонны с силовыми головками, две фрезерные головки. На передней стенке корпусов силовых головок второй и третьей позиции смонтированы двухшпиндельные насадки.

Внутри станины закреплен привод делительного стола. Окно с передней стороны станины для установки и обслуживания привода делительного стола закрыто открывающейся дверкой.

На левой стороне станины смонтирована пневмоаппаратура, управляющая работой зажимных приспособлений, прижима планшайбы делительного стола.

Станция смазки закреплена на левой стороне станины, распределительный блок и питатели установлены на плите.

Шкаф электрооборудования установлен отдельно, с задней стороны станка, вместе с баком охлаждения с электрическим насосом.

Цикл работы станка

- оператор снимает с приспособления обработанную деталь;
- устанавливает и зажимает кнопкой «ЗАЖИМ» новую заготовку;

- нажимает на кнопку «ПУСК ЦИКЛА» (происходит расфиксация, поворот на первую позицию и фиксация делительного стола, быстрый подвод и переход на рабочую подачу силовых головок, обработка деталей, быстрый отвод силовых головок в исходные положения).

Цикл заканчивается.

Агрегатный двухпозиционный станок 1135 ИА предназначен для обработки картера рулевого механизма 2126 – 34. 011212.

На первой позиции производятся операции зенкерования отверстий и подрезание торца детали; на второй позиции производятся операции растачивания отверстия, канавки, фаски и подрезание торца.

Основной частью данного является станина.

На верхней рабочей плоскости станины устанавливают 4 стола подачи с закрепленными на них приводами главного движения и рабочими головками с инструментом.

В центральной части верхней плоскости станины между столами подачи находится стол позиционный с установленным на нем приспособлением для закрепления обработанных заготовок.

С задней стороны станины расположен шкаф электрооборудования с пультом управления.

Отдельно от станка расположен агрегат системы охлаждения и сбора стружки.

Станция смазки установлена на стойке станины.

Насосная установка гидравлической системы установлена с задней стороны станка.

Рабочая зона станка защищена ограждением, которое крепится к верхней части основания станины и снабжено блокировкой.

Станок имеет полуавтоматический и наладочный режимы работы.

Цикл работы станка

- установить детали в приспособления;

- закрыть дверь ограждения;
- установить на пульте управления переключатель в положение П/АВТ;
- установить на пульте системы охлаждения переключатель в положение АВТАМАТ;
- на кнопочном посту нажать кнопку ПУСК.

1.3. Общие понятия об агрегатных станках

Агрегатными называются специальные станки, которые состоят из нормализованных деталей и узлов (агрегатов).

Такие станки используют для многоинструментальной обработки заготовок деталей (чаще корпусных) в условиях крупносерийного и массового производства. Они нашли широкое применение на заводах, изготавливающих автомобили и сельскохозяйственные машины.

На агрегатных станках производится сверление, растачивание, нарезание резьбы и реже фрезерование плоскостей. В последнее время появились агрегатные станки, выполняющие элементарные сборочные работы.

Преимущество практического применения агрегатных станков заключается в следующем:

- а) значительное сокращение сроков проектирования и изготовления станка;
- б) высокая производительность, обусловленная многоинструментальной обработкой и минимальным количеством вспомогательных движений;
- в) сравнительно низкая стоимость изготовления станка;
- г) удешевление обработки заготовок изделий благодаря высокой производительности и простоте обслуживания станка;
- д) облегчение автоматизации цикла обработки;

е) возможность использования части агрегатов при изменении объекта производства.

При установившейся номенклатуре деталей возможно создание агрегатных станков с переналадкой на обработку заготовок деталей нескольких типоразмеров.

Агрегатные станки могут работать как самостоятельная станочного парка или входить в состав поточных и автоматических линий с единым транспортом.

Наибольшие технологические возможности станков обеспечиваются в том случае, когда обрабатываемая деталь в процессе резания неподвижна, а главное движение и движение подачи сообщаются режущим инструментом. Этим достигается наибольшая концентрация операций: можно производить обработку деталей одновременно с нескольких сторон многими режущими инструментами при автоматическом управлении рабочим циклом.

Компоновка агрегатных станков зависит от размеров и конфигурации изготавливаемой детали, а также от возможностей совмещения необходимых для обработки операций.

Агрегатные станки в большинстве случаев имеют следующие основные узлы: станину, колонну, силовые головки, шпиндельные коробки, приспособление для установки и крепления обрабатываемой заготовки и подставки под приспособление.

В некоторых случаях станины и колонны устанавливают на литых сварных основаниях, которые являются нормализованными агрегатами. В случае последовательной обработки нескольких заготовок вместо неподвижного приспособления устанавливают подвижно или поворотный стол, на котором монтируют приспособления для установки и крепления заготовки.

В агрегатных станках с гидрофицированным приводом перемещений рабочих органов управление циклом осуществляется с помощью нормализованных гидропанелей.

1.4. Обзор и анализ используемой литературы

Основными источниками информации, которые соответствуют теме дипломного проекта, являются учебники и справочники по конструированию металлорежущих станков, справочники и методические разработки по расчету экономической эффективности, учебники и справочники по охране труда и безопасности жизнедеятельности. Справочники по расчету режимов резания и норм времени, а также заводские справочники. [11, 12, 13, 14]

Анализируя вышеуказанные источники информации можно сделать следующие выводы.

Обзор существующих конструкций агрегатных станков лучше произвести по следующим источникам:

«Агрегатные станки» под ред. Г.И. Меламеда [9], «Металлорежущие станки» под ред. Н.С. Колева, А.С. Проникова [10]. Но все же основным источником при данном обзоре является книга «Агрегатные станки» под ред. Г.И. Меламеда. Также в данном источнике можно найти типовые кинематические схемы, всевозможные варианты компоновок узлов станка. Также в качестве источников информации по конструктивам металлорежущих станков следует использовать рекламные проспекты и каталоги ведущих фирм – производителей такого оборудования (бренды «HAAS», «DMG-Mori» и тд).

Для конструкторской части, а именно для кинематического расчета, расчета мощности электродвигателя и т.п., наиболее подходят учебники: «Конструирование и расчет металлорежущих станков и станочных комплексов» под ред. А.И.Кочергина и «Расчет и конструирование металлорежущих станков» под ред. А.С.Проникова. В данных литературных

источниках изложены общие методики к расчету отдельных узлов и механизмов и даны наиболее типичные расчеты.

Для расчетов режимов резания и норм времени использовались следующие литературные источники: «Справочник технолога – машиностроителя» под ред. А.Г. Косиловой, Р.К. Мещерякова и «Обработка металлов резанием. Справочник» под ред. А.А. Панова. В «Справочнике технолога – машиностроителя» под ред. А.Г. Косиловой, Р.К. Мещерякова хорошо изложен материал по аналитическому расчету режимов резания, т.к. данный расчет наиболее достоверный, то этот справочник стал самым полезным. Во втором источнике, «Обработке металлов резанием» под ред. А.А. Панова, приводится табличный метод выбора режимов резания. При применении специального режущего инструмента для определения режимов резания следует пользоваться соответствующими справочными данными ведущих мировых фирм – производителей металлорежущего инструмента (Sandvik, Секо, Guring и тд).

Нормы времени хорошо приведены в «Курсовое проектирование по технологии машиностроения» под ред. А.Ф. Горбачевича. Именно в данном источнике нормы времени даны как для серийного, так и для массового и крупносерийного производства.

Основной частью проекта является конструкторская часть. Для проведения расчетов данной части проекта существует большое количество источников информации. Из этого большинства литературы я выбрал следующие из них: «Детали машин» под ред. Д.Н. Решетова, «Проектирование механических передач» под ред. С.А. Чернавского, «Курсовое проектирование деталей машин» под ред. А.В. Кузьмина и Н.Н. Макейчика, «Конструирование узлов и деталей машин» под ред. П.Ф. Дунаева и О.П. Леликова. Более доступно расчет клиноременной передачи изложен в учебнике С.А. Чернавского «Проектирование механических передач». Но в основном при других расчетах использовались «Детали

машин» под ред. Д.Н. Решетова и «Конструирование узлов и деталей машин» под ред. П.Ф. Дунаева и О.П. Леликова как наиболее подходящие для данных расчетов.

Для расчета экономической части проекта была использована литература, рекомендуемая преподавателем: методические указания по выполнению курсовой работы по курсу «Организация, планирование и управление предприятием» под ред. Т.В. Янцен. В данных указаниях даны необходимые основные формулы и последовательность расчета, а также некоторые нормативные данные, необходимые для экономического обоснования разрабатываемого технологического процесса механической обработки деталей в станкостроительном производстве.

В разделе «Безопасность и экологичность» будем использовать методические указания, изданные под редакцией Гориной Л.Н в 2016-м году. Пособие идеально подходит для данного раздела, т.к. в нем рассмотрены правовые и организационные вопросы охраны труда, описаны меры защиты от поражения электрическим током, вредного воздействия вибрации, шума, ионизирующих излучений, электромагнитных полей, ультразвука. Изложены требования безопасности к оборудованию, к устройству и эксплуатации машин и механизмов.

1.5. Постановка целей и задач работы

Целью работы является обеспечение выпуска изделий с использованием спроектированного специального агрегатного фрезерного многошпиндельного станка. Для достижения указанной цели требуется принять ряд конструкторских решений (выполнить проектировочные работы), технологических решений (разработать технологии изготовления узлов и деталей), предложить мероприятия по инженерному обеспечению безопасности и экологичности проекта, а также экономически обосновать предлагаемые инженерные технические решения.

Выполнению этих задач для достижения указанной цели посвящены следующие разделы дипломного проекта.

2. КОНСТРУКТОРСКАЯ ЧАСТЬ

2.1 Определение мощности электродвигателя

Чаще всего имеет место продолжительный режим работы (S_1), соответствующий постоянной нагрузке на валу двигателя в течение длительного времени.

При работе в режиме S_1 двигатель выбирают по требуемой мощности, исходя из режимов резания и преодоления сил трения в подшипниках

Мощность электродвигателя должна быть больше либо равна мощности сопротивления, т.е.

$$P \geq P_c, \text{ где } [1, \text{стр } 282] \quad (2.1)$$

P_c - мощность сопротивления, кВт

$$P_c = P_R / \eta, \text{ где } [1, \text{стр } 282] \quad (2.2)$$

P_R - мощность резания, кВт

η - кпд привода

$$\eta = \eta_1 \cdot \eta_2 \cdot \eta_3 \cdot \eta_4 \cdot \dots \cdot \eta_n$$

Кпд привода складывается из кпд клиноременной передачи, кпд зубчатой передачи, кпд пар подшипников качения и т.д.

$$P_R = 7,01 \text{ кВт}$$

$$P_c = \frac{7,01}{0,98 \cdot 0,98 \cdot 0,96 \cdot 0,99^3} = 7,38 \text{ кВт}$$

по условию $P_{\text{эд}} \geq P_c$

Ближайшее стандартное значение равно 7,5 кВт.

По номинальной мощности, потребляемой для станка, определяем тип электродвигателя.

Выбираем тип электродвигателя: АИР132М6У3

Характеристика электродвигателя

Тип 132М6У3 ТУ16 - 525.564 – 84- фланцевый, трехфазный, асинхронный, сердечник длинный, число полюсов – 6.

Мощность двигателя: $P_{дв} = 7,5$ кВт;

Синхронная частота вращения: $n_1 = 1000$ об/мин;

Отношение начального пускового момента к номинальному:

$$M_{пуск} / M_{ном}$$

Отношение максимального вращающего момента к номинальному:

$$M_{max} / M_{ном}$$

Отношение минимального вращающего момента к номинальному:

$$M_{min} / M_{ном}$$

Асинхронная частота вращения: $n = 970$ об/мин.

Проверка двигателя по мощности

При работе в режиме S_1 двигатель выбирают по требуемой мощности, исходя из режимов резания и преодоления сил трения.

$$P_{эл} = P_p + P_{х.х.} + P_{дон}, \text{ где } [2, \text{стр } 104] \quad (2.3)$$

P_p - мощность, затрачиваемая на процесс резания, кВт;

$P_{х.х.}$ - мощность, затрачиваемая на холостом ходу, кВт;

$P_{дон}$ - мощность, затрачиваемая на преодоление дополнительных потерь под нагрузкой, кВт.

$P_{х.х.}$ и $P_{дон}$ по данным многолетних наблюдений не превышают 15... 20% от P_p и с удовлетворительной точностью могут быть учтены коэффициентом полезного действия привода главного движения, тогда

$$P_{эл} = \frac{P_p}{\eta_{эл} \cdot K}, \text{ где } [2, \text{стр } 107] \quad (2.4)$$

$K=1,25$ – коэффициент кратковременной перегрузки, допускаемой стандартными двигателями;

$\eta_{эл}$ – КПД привода главного движения, принимается $\eta_{эл}=0,75 \dots 0,85$

$$P_{эл} = \frac{7,01}{0,75 \cdot 1,25} = 7,47 \text{ кВт}$$

Т.к. $P_{дв} = 7,5 \text{ кВт} \approx P_{эл} = 7,47 \text{ кВт}$, то двигатель подходит для обработки данной детали на операции фрезерования ушек.

2.2. Кинематический расчет привода главного движения фрезерной головки

Определяем общее передаточное отношение

$$i_{общ} = n_{дв} / n_{шп} = 970 / 315 = 3,08$$

для зубчатой передачи передаточное число

$$i_2 = z_2 / z_1 = d_2 / d_1 = w_1 / w_2 = 90 / 45 = 180 / 90 = 2$$

для ременной передачи передаточное число

$$i_1 = i_{общ} / i_2 = 3,08 / 2 = 1,54$$

Определяем частоты вращения валов

$$n_{дв} = 970 \text{ об/мин} – \text{асинхронная частота вращения.}$$

Частота вращения на первом приводном валу

$$n_1 = n_{дв} / i_1 \quad (2.5)$$

$$n_1 = 970 / 1,54 = 629,8 \text{ об/мин}$$

принимаем $n_1 = 630 \text{ об/мин}$

частота вращения второго приводного вала

$$n_2 = n_1 / i_2$$

$$n_2 = 630 / 2 = 315 \text{ об/мин}$$

Построение структурной сетки.

Ввиду того, что привод главного движения фрезерной головки прост по конструкции мы получаем лишь одну частоту вращения шпинделя.

Силовой расчет привода главного движения фрезерной головки

Рассчитываем крутящий момент на валу электродвигателя $T_{\text{дв}}$

$$T_{\text{дв}} = 9550 \frac{P_{\text{дв}}}{n_{\text{дв}}}$$

$$T_{\text{дв}} = 9550 \frac{7,5}{970} = 73,8 \text{ Нм.}$$

Определяем крутящие моменты на каждом валу привода главного движения

$$T_1 = T_{\text{дв}} \cdot i_1 \cdot \eta_{\text{п.н.}}$$

(2.6)

$$T_1 = 73,8 \cdot 1,54 \cdot 0,95 = 107,9 \text{ Нм}$$

принимаем $T_1 = 212 \text{ Нм}$

Определяем мощность на каждом валу с учетом потерь

$$P_1 = P_{\text{дв}} \cdot \eta_{\text{п.н.}} \quad (2.7)$$

$$P_1 = 7,5 \cdot 0,95 = 7,125 \text{ кВт}$$

$$P_2 = P_1 \cdot \eta_{\text{з.н.}} \quad (2.8)$$

$$P_2 = 7,125 \cdot 0,98 = 6,9 \text{ кВт}$$

2.3. Расчет клиноременной передачи

1. Выбор профиля клинового ремня.

Выбор типа ремня произведен по крутящему моменту на ведущем валу.
 $T=73,8 \text{ Нм}$ подходит к условию $T=40 \div 100 \text{ Нм}$, следовательно выбираем профиль ремня – тип Б.

$$e_p = 14,0 \text{ мм}$$

$$A=138 \text{ мм}^2$$

$$e_0 = 17,0 \text{ мм}$$

$$d_{\text{min}} = 125 \text{ мм}$$

$$\varphi_0 = 40^\circ$$

$$L_P = 1000 - 6300 \text{ мм}$$

2. Определение диаметра ведущего и ведомого шкивов.

Диаметр ведущего шкива принимаем из условия, что $d_1 \succ d_{\min}$; из стандартного ряда диаметров принимаем $d_1 = 140$ мм.

Диаметр ведомого шкива определяется по формуле

$$D_2 = d_1 \cdot U_1$$

$$D_2 = 140 \cdot 1,54 = 215,6 \text{ мм}$$

3. Определение фактического передаточного отношения.

$$U_\phi = \frac{D_2}{d_1(1 - \varepsilon)} \quad [3, \text{стр } 375] \quad (2.9)$$

$$\varepsilon = 0,02$$

$$U_\phi = \frac{200}{140(1 - 0,02)} = 1,49$$

$$\Delta U = \frac{U_p \cdot U_\phi}{U_p} \cdot 100\%$$

$$\Delta U = \frac{1,54 - 1,49}{1,54} \cdot 100\% = 2,98\% \leq 3\%$$

4. Назначение межосевого расстояния.

$$a_{\min} = 0,55(d_1 + D_2) + h \quad [3, \text{стр } 369] \quad (2.10)$$

$$a_{\max} = 2(d_1 + D_2)$$

$$a_{\min} = 0,55(140 + 200) + 10,5 = 197,5 \text{ мм}$$

$$a_{\max} = 2(140 + 200) = 680 \text{ мм}$$

$$a_{\min} = 1,0 \cdot D_2 = 1,0 \cdot 200 = 200 \text{ мм}$$

для увеличения долговечности ремня исходим из условия $a \succ a_{\min}$, принимаем $a = 540 \text{ мм}$

5. Определение расчетной длины ремня

$$L_p = 2a + \frac{\pi}{2}(d_1 + D_2) + \frac{(D_2 - d_1)^2}{4a} \quad [3, \text{стр } 357] \quad (2.11)$$

$$L_p = 2540 + \frac{\pi}{2}(140 + 200) + \frac{(200 - 140)^2}{4 \cdot 540} = 1615,46 \text{ мм}$$

Ближайшее значение по стандартному ряду длин ГОСТ 1284-68

$$L_p = 1600 \text{ мм}$$

6. Нахождение действительного межосевого расстояния

$$a = \frac{2L_p - \pi(d_1 + D_2) + \sqrt{[2L_p - \pi(d_1 + D_2)]^2 - 8(D_2 - d_1)^2}}{8} \quad [3, \text{стр } 369] \quad (2.12)$$

$$a = \frac{21600 - 3,14 \cdot 340 + \sqrt{[21600 - 3,14(140 + 200)]^2 - 8 \cdot 60^2}}{8} = 532,25 \text{ мм}$$

7. Определение угла обхвата на малом шкиве и сравнение с допускаемым

$$\alpha_1 = 180^\circ - \frac{57,3(D_2 - d_1)}{a} \geq [\alpha_1] = 120^\circ \quad [3, \text{стр } 357] \quad (2.13)$$

$$\alpha_1 = 180^\circ - \frac{57,3(200 - 140)}{540} = 173,6^\circ \succ [\alpha_1] = 120^\circ$$

8. Определение скорости ремня

$$v = \frac{\pi d_1 n_1}{60 \cdot 1000} \quad (2.14)$$

$$v = \frac{3,14 \cdot 140 \cdot 970}{60 \cdot 1000} = 7,1 \text{ м/с}$$

9.Определение числа пробегов ремня и сравнение с допускаемым числом пробегов

$$U = \frac{v}{L_p} \prec [U]=10 \quad 1/c \quad [3, \text{стр } 377] \quad (2.15)$$

$$U = \frac{7,1}{1,6} = 4,43 \frac{1}{c} \prec [U]=10 \quad 1/c$$

10.Расчет ремня по тяговой способности

а) выбор номинальной мощности P_0 , передаваемой одним ремнем в условиях типовой задачи. Принимаем $P_0=3,01$ кВт

б) принятие корректирующих коэффициентов

$$P_p = P_0 \frac{C_\alpha C_\ell}{C_p}, \quad \text{где} \quad [3, \text{стр } 358] \quad (2.16)$$

C_α - коэффициент угла обхвата; $C_\alpha=0,99$

C_ℓ - коэффициент длины ремня; $C_\ell=0,93$

C_p - коэффициент режима нагрузки; $C_p=1,0$

$$P_p = 3,01 \frac{0,99 \cdot 0,93}{1,0} = 2,7 \text{ кВт}$$

в) расчет числа ремней

$$z = \frac{P_1}{P_p \cdot C_z} \quad [3, \text{стр } 372] \quad (2.17)$$

C_z - коэффициент числа ремней;

$$z = \frac{7,5}{2,7 \cdot 0,9} = 4,73$$

Принимаем $z=6$

11. Определение нагрузки на ремень от предварительного натяжения

$$F_0 = \frac{850 \cdot P_1 \cdot C_p \cdot C_\ell}{z \cdot v \cdot C_\alpha} + q_m \cdot v^2 \quad [4, \text{стр } 806]$$

(2.18)

q_m - коэффициент

q_m принимаем равным 0,18 кг/м²

$$F_0 = \frac{850 \cdot 7,5 \cdot 1,0 \cdot 0,93}{6 \cdot 7,1 \cdot 0,99} + 0,18 \cdot 7,1^2 = 149,6 \text{ Н}$$

12. Определение полезной нагрузки (окружной силы) на ремень

$$F_t = \frac{10^3 \cdot P_1 \cdot K_F}{v}, \quad \text{где} \quad [4, \text{стр } 806] \quad (2.19)$$

K_F - коэффициент динамичности нагрузки и режима работы;

$$K_F = 1,0$$

$$F_t = \frac{10^3 \cdot 1,0 \cdot 7,5}{7,1} = 1056,3 \text{ Н}$$

13. Определение натяжения ведущей и ведомой ветвей. Составляем систему уравнений

$$\begin{cases} F_t = F_1 - F_2 \\ 2F_0 = F_1 + F_2 \end{cases} \quad \begin{cases} F_2 = F_1 - F_t \\ 2F_0 = F_1 + F_1 - F_t \end{cases} \quad 2F_1 = 2F_0 + F_t \quad [4, \text{стр } 806] \quad (2.20)$$

$$2F_1 = 2 \cdot 149,6 + 1056,3 = 1355,5 \text{ Н},$$

$$F_1 = 677,7 \text{ Н}$$

$$F_2 = 677,7 - 1056,3 = -378,5 \text{ Н} \quad F_1 \uparrow \downarrow F_2$$

14. Нахождение максимального напряжения в ремне с построением суммарных напряжений

$$\sigma_{\max} = \sigma_I + \sigma_H + \sigma_U \leq [\sigma]_p = 10 \quad [4, \text{стр } 807] \quad (2.21)$$

$$\sigma_1 = \frac{F_0}{A} + \frac{F_t}{2Az} = \frac{149,6}{138} + \frac{1056,3}{2 \cdot 138 \cdot 6} = 1,08 + 0,63 = 1,72 \text{ МПа}$$

$$\sigma_H = E_H \frac{h}{d_1} = 80 \cdot \frac{10,5}{140} = 6,01 \text{ МПа}$$

$$\sigma_U = 1200 v^2 \cdot 10^{-6} = 1200 \cdot 7,1^2 \cdot 10^{-6} = 0,06 \text{ МПа}$$

$$\sigma_{\max} = 1,72 + 6,01 + 0,06 = 7,79 \text{ МПа}$$

$$\sigma_{\max} = \frac{F_2}{A} + \sigma_U = \frac{378,5}{138} + 0,06 = 2,74 + 0,06 = 2,8 \text{ МПа}$$

$$\sigma_1 = \frac{F_1}{A} = \frac{677,7}{138} = 4,91 \text{ МПа}$$

$$\sigma_2 = \frac{F_2}{A} = \frac{378,5}{138} = 2,74 \text{ МПа}$$

15. Определение расчетной долговечности ремня

$$T_{\text{расч}} = \frac{10^7 \left(\frac{\sigma_y}{\sigma_{\max}} \right)^m}{3600 \cdot U}, \text{ где } [4, \text{стр } 807] \quad (2.22)$$

σ_y - предел выносливости ремня при базовом числе циклов нагружения; 10^7

σ_y для клиновых ремней принимаем $\sigma_y = 9,9 \text{ МПа}$

m - показатель степени наклона кривой усталости ремня; для клиновых ремней принимаем $m=8$

U - число перебегов ремня; $U=3,59$

$$T_{\text{расч}} = \frac{10^7 \left(\frac{9,9}{7,79} \right)^8}{3600 \cdot 3,59} = 5261,5 \text{ часов}$$

16. Определение силы, действующей на валы

$$Q = 2 \cdot F_0 \cdot z \cdot \sin \frac{\alpha_1}{2} \quad [4, \text{стр } 806] \quad (2.23)$$

$$Q = 2 \cdot 149,6 \cdot 6 \cdot \sin 88,9 = 1794,8 \text{ Н}$$

2.4. Расчет зубчатой передачи

Исходные данные для расчета:

Расчет ведется для зубчатой передачи $z_7 - z_8$

Частота вращения тихоходного вала $n_{mx} = 630 \frac{\text{об}}{\text{мин}}$

Частота вращения быстроходного вала $n_{\text{бх}} = 315 \frac{\text{об}}{\text{мин}}$

Число зубьев шестерни $z_8 = 45$

Число зубьев колеса $z_7 = 90$

Крутящий момент на тихоходном валу $T_{mx} = 108 \text{ Н} \cdot \text{м}$

Крутящий момент на быстроходном валу $T_{\text{бх}} = 212 \text{ Н} \cdot \text{м}$

Выбор материалов:

В типовых редукторах станков для изготовления колес, шестерен в основном применяют среднеуглеродистые, легированные, конструкционные стали.

Применительно к данному случаю для колеса и шестерни выбираем Ст 45 с поверхностной закалкой ТВЧ до твердости $\text{HRC } 350$.

Расчет допускаемых напряжений на контактную и изгибающую выносливость зубьев

$$\begin{aligned} \sigma_{HP} &= \sigma_{HP}^0 K_{HL} \\ \sigma_{FP} &= \sigma_{FP}^0 K_{FL} \quad [5, \text{стр } 30] \end{aligned} \quad (2.24)$$

Для Ст 45 (HRC 40...52) для нереверсивной передачи

$$\sigma_{HP}^0 = 800 \text{ МПа}$$

$$\sigma_{FP}^0 = 230 \text{ МПа}$$

$$N_{Ho} = 6 \cdot 10^7$$

$$N_{Fo} = 4 \cdot 10^7$$

Назначим ресурс передачи $t_q = 10^4$ часов

Находим число циклов напряжений

$$N_{HE} = N_{FE} = 60 \cdot t_4 \cdot n_{\sigma x} \quad [3, \text{стр } 509] \quad (2.25)$$

$$N_{HE} = N_{FE} = 60 \cdot 10^4 \cdot 315 = 18,9 \cdot 10^7$$

Т.к. $N_{HE} > N_{Ho}$ и $N_{FE} = N_{Ho}$, то значение коэффициента циклической долговечности

$$K_{HD} = 1,0$$

$$K_{FD} = 1,0$$

Определяем допускаемые напряжения на контактную и изгибающую выносливость зубьев

$$\sigma_{HP} = \sigma_{HP}^0 K_{HD} = 800 \cdot 1,0 = 800 \text{ МПа}$$

$$\sigma_{FP} = \sigma_{FP}^0 K_{FD} = 230 \cdot 1,0 = 230 \text{ МПа}$$

Производим выбор коэффициентов в формуле

$$a_W \geq K_a (U \pm 1) \cdot \sqrt[3]{K_{H\beta} \cdot \frac{T_2}{U \psi_{bd} \cdot \sigma_{Hp}^2}}, \text{ где} \quad (2.26)$$

где K_a - коэффициент материала колес; $K_a = 4950 \text{ Па}^{1/3}$

ψ_{bd} - коэффициент ширины зубчатого колеса; $\psi_{bd} = 0,4$

Определяем ψ_{ba} по формуле

$$\psi_{ba} = 0,5 \psi_{bd} (U + 1) \quad (2.27)$$

$$\psi_{ba} = 0,5 \cdot 0,4(2 + 1) = 0,6$$

При $\gamma_{HB} = 350$ определяем значения коэффициентов распределения нагрузки по ширине венца цилиндрического колеса $K_{H\beta}$ и $K_{F\beta}$ принимаем

$$K_{H\beta} = 1,03 \text{ и } K_{F\beta} = 1,05$$

Вычисляем межосевое расстояние закрытой передачи по формуле

$$a_W \geq 4950(2 + 1) \cdot \sqrt[3]{1,03 \cdot \frac{108}{2 \cdot 0,4 \cdot (800 \cdot 10^6)^2}} = 145,87 \cdot 10^{-3} \text{ м} \approx 136 \text{ мм}$$

Для закрытой передачи определяем модуль по формуле:

$$m = m_n = (0,01 \dots 0,02) \cdot a_W$$

$$m = (0,01 \dots 0,02) \cdot 136 = 1,36 \dots 2,72$$

Принимаем $m = 2$

Определяем число зубьев шестерни и колеса

$$z_1 = \frac{2a_W}{m(U + 1)} \quad \text{и} \quad z_2 = U \cdot z_1 \quad [10, \text{стр } 510] \quad (2.28)$$

$$z_1 = \frac{2 \cdot 136}{2(2 + 1)} = 45,3 \text{ принимаем } z_1 = 45$$

$$z_2 = 2 \cdot 45 = 90$$

Вычисляем делительные диаметры, диаметры вершин зубьев и диаметры впадин шестерни и колеса

$$\begin{aligned} \text{Ш: } d_1 &= m \cdot z_1; & d_{a1} &= d_1 + 2m; & d_{f1} &= d_1 - 2,5m \\ \text{К: } d_2 &= m \cdot z_2; & d_{a2} &= d_2 + 2m; & d_{f2} &= d_2 - 2,5m \end{aligned} \quad [3, \text{стр } 508] \quad (2.29)$$

$$d_1 = 2 \cdot 45 = 90 \text{ мм}$$

$$d_{a1} = 90 + 2 \cdot 2 = 94 \text{ мм}$$

$$d_{f1} = 90 - 2,5 \cdot 2 = 85 \text{ мм}$$

$$d_2 = 2 \cdot 90 = 180 \text{ мм}$$

$$d_{a2} = 180 + 2 \cdot 2 = 184 \text{ мм}$$

$$d_{f2} = 180 - 2,5 \cdot 2 = 175 \text{ мм}$$

Уточняем передаточное число, межосевое расстояние и находим ширину зубчатых колес:

Для закрытой передачи:

$$U = \frac{z_2}{z_1}$$

$$U = \frac{90}{45} = 2$$

$$a_W = 0,5(d_1 + d_2)$$

$$a_W = 0,5(90 + 180) = 135 \text{ мм}$$

$$b = \psi_{ba} \cdot a_W$$

$$b = 0,4 \cdot 135 = 54 \text{ мм}$$

$$\text{принимаем } b_2 = 53 \text{ мм}, \quad b_1 = 55 \text{ мм}$$

Определяем окружную скорость и назначаем степень точности передачи

$$v_{\text{закр}} = \frac{\pi \cdot d_1 \cdot n_1}{60}$$

$$v_{\text{закр}} = \frac{3,14 \cdot 90 \cdot 630 \cdot 10^{-3}}{60} = 2,96 \text{ м/с}$$

При $2 \text{ м/с} \leq v_{\text{закр}} \leq 6 \text{ м/с}$ назначаем восьмую степень точности для закрытой передачи.

Вычисляем силы, действующие в зацеплении для закрытой передачи

$$F_t = \frac{2T_2}{d_1} \quad \text{и} \quad F_r = F_t \cdot \operatorname{tg} \alpha, \quad \text{где}$$

F_t - окружная сила, изгибающая зуб;

F_r - радиальная сила, сжимающая зуб.

$$F_t = \frac{2 \cdot 108 \cdot 10^3}{90} = 2,4 \cdot 10^3 \text{ Н}$$

$$F_r = 2,4 \cdot 10^3 \cdot \operatorname{tg} 20^\circ = 2,4 \cdot 10^3 \cdot 0,364 = 0,87 \cdot 10^3 \text{ Н}$$

Произведем проверку на прочность

Для закрытой передачи рабочие контактные напряжения проверяем по формуле

$$\sigma_H = z_H \cdot z_M \cdot z_\varepsilon \sqrt{K_H \cdot F_t (U \pm 1) / (d_1 b \cdot U)} \leq \sigma_{HP}, \quad \text{где} \quad (2.30)$$

z_H - коэффициент, учитывающий форму сопряженных поверхностей зубьев;

z_M - коэффициент, учитывающий механические свойства материалов сопряженных зубчатых колес;

z_ε - коэффициент, учитывающий суммарную длину контактных линий.

$$z_H = \sqrt{\frac{2}{\sin 2\alpha}}$$

$$z_H = \sqrt{\frac{2}{\sin 2 \cdot 20}} = 1,76$$

$$z_M = 274 \cdot 10^3 \text{ Па}^{1/2}$$

$$z_\varepsilon = \sqrt{\frac{4 - \varepsilon_\alpha}{3}}, \quad \text{где}$$

ε_α - коэффициент торцевого перекрытия;

$$\varepsilon_\alpha \approx \left[1,88 - 3,2 \left(\frac{1}{z_1} + \frac{1}{z_2} \right) \right] \cos \beta$$

для прямозубых передач $\beta = 0$

$$\varepsilon_\alpha \approx \left[1,88 - 3,2 \left(\frac{1}{45} + \frac{1}{90} \right) \right] \cos 0^\circ = 1,773$$

$$z_\varepsilon = \sqrt{\frac{4 - 1,773}{3}} = 0,861$$

Определяем коэффициенты нагрузки по формулам:

$$K_H = K_{H\beta} \cdot K_{H\alpha}, \quad K_F = K_{F\beta} \cdot K_{F\alpha} \quad (2.31)$$

$$K_{H\alpha}$$

$$K_{Hv}=1,08 \quad K_{Fv} = 2K_{Hv} - 1 = 2 \cdot 1,08 - 1 = 1,16$$

$$K_{H\beta}=1,03 \quad K_{F\beta}=1,05$$

$$K_H = 1,03 \cdot 1,08 = 1,11 \quad K_F = 1,05 \cdot 1,16 = 1,218$$

$$\sigma_H = 1,76 \cdot 274 \cdot 10^3 \cdot 0,861 z_\varepsilon \sqrt{\frac{1,11 \cdot 2,4 \cdot 10^3 (2+1)}{90 \cdot 55 \cdot 10^{-6} \cdot 2}} = 372 \cdot 10^6 \text{ Па} < \sigma_{HP} = 800 \text{ МПа}$$

Расчетные контактные напряжения удовлетворяют условию $\sigma_H < \sigma_{HP}$

Выносливость зубьев по напряжениям изгиба проверим по уравнению при наименьшем значении σ_{Fp} / Y_F для шестерни.

$$\sigma_H = \frac{F_t \cdot K_F}{b \cdot m} \cdot Y_{FS} \cdot Y_\varepsilon \cdot Y_\beta \leq [\sigma]_F \quad [5, \text{стр} 23]$$

(2.32)

Y_β - коэффициент угла наклона зубьев;

Y_β для прямозубых передач $Y_\beta = 1$

Y_ε - коэффициент, учитывающий величину перекрытия зацепления;

$$Y_\varepsilon = \frac{1}{\varepsilon \alpha} = \frac{1}{1,773} = 0,56$$

Y_{FS} - коэффициент формы зуба;

$$Y_{FS} = 3,47 + \frac{13,2}{z_v}, \text{ где}$$

z_v - эквивалентное число зубьев;

Для прямозубых цилиндрических передач $z_v = z$

$$Y_{FS1} = 3,47 + \frac{13,2}{45} = 3,76$$

$$Y_{FS2} = 3,47 + \frac{13,2}{90} = 3,61$$

K_F - коэффициент нагрузки; $K_F = 1,218$

Определяем допускаемые напряжения на изгиб

$$[\sigma]_F = \frac{\sigma_{FLim} \cdot Y_R \cdot Y_x \cdot Y_\delta}{S_F} \cdot Y_N, \text{ где} \quad [5, \text{стр} 25] \quad (2.33)$$

σ_{FLim} - предел выносливости зубьев; $\sigma_{FLim}=550$ МПа

S_F - коэффициент запаса прочности; $S_F=1,7$

Y_R - коэффициент, учитывающий шероховатость переходной поверхности;

при фрезеровании $Y_R=1$

Y_x - масштабный фактор;

При модуле ≤ 5 мм Y_x принимается равным 1.

Y_δ - коэффициент чувствительности материала к концентрации напряжений

$$Y_\delta = 1,082 - 0,172 \cdot \lg m$$

$$Y_\delta = 1,082 - 0,172 \cdot \lg 2 = 1,03$$

Y_N - коэффициент долговечности

$$Y_N = \sqrt[m]{\frac{N_{FG}}{N_{FE}}} \geq 1 \quad , \text{где} \quad [4, \text{стр} 613] \quad (2.34)$$

N_{FG} - базовое число циклов; $N_{FG} = 4 \cdot 10^6$

m - показатель степени кривой усталости; $m = 3$

N_{FE} - эквивалентное число циклов

$$N_{FE} = 60(\bar{x})^9 \cdot n \cdot t$$

$$N_{FE_1} = 60(0,5)^9 \cdot 629,7 \cdot 10^4 = 7,38 \cdot 10^5$$

$$N_{FE_2} = \frac{7,38 \cdot 10^5}{2} = 3,69 \cdot 10^5$$

$$Y_{N_1} = \sqrt[3]{\frac{4 \cdot 10^6}{7,36 \cdot 10^5}} = 1,206$$

$$Y_{N_2} = \sqrt[3]{\frac{4 \cdot 10^6}{3,69 \cdot 10^5}} = 1,303$$

$$[\sigma]_{F_1} = \frac{550 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,03}{1,7} = 401,88 \text{ МПа}$$

$$[\sigma]_{F_2} = \frac{550 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,03}{1,7} \cdot 1,303 = 434,2 \text{ МПа}$$

За расчетное принимается напряжение того колеса (шестерни), у которого меньше отношение $[\sigma]_F / Y_{FS}$

$$\frac{[\sigma]_{F_1}}{Y_{FS_1}} = \frac{401,88}{3,763} = 106,8 \qquad \frac{[\sigma]_{F_2}}{Y_{FS_2}} = \frac{434,2}{3,61} = 120,07$$

Расчет проводим по напряжению шестерни

$$\sigma_F = \frac{2,4 \cdot 10^3 \cdot 1,218}{53 \cdot 2} \cdot 3,763 \cdot 0,56 \cdot 1,0 = 581 \text{ МПа} < [\sigma]_{F_1}$$

$$\sigma_F = 581 \text{ МПа} < [\sigma]_{F_1} = 401,8 \text{ МПа}$$

Определяем действительный запас усталостной изгибной прочности

$$S_{FD} = \frac{[\sigma]_F}{\sigma_F} \cdot S_F \qquad [4, \text{стр } 590] \qquad (2.35)$$

$$S_{FD} = \frac{401,8 \cdot 10^6}{58,1 \cdot 10^6} \cdot 1,7 = 11,75$$

2.5. Расчет валов на прочность

Расчет валов на прочность обычно производится в три этапа:

- ориентировочный расчет;
- приближенный или проектный;
- уточненный или расчет на запас прочности.

Ориентировочный расчет валов

Условие прочности на этом этапе записывается в виде:

$$\tau_{\max} = \frac{T}{W_{kp}} \leq [\tau] \text{ , где } [3, \text{стр } 104] \qquad (2.36)$$

$\tau_{\max}$ - максимальные касательные напряжения, МПа

T- крутящий момент на валу, Нм

W_{kp} - момент сопротивления кручению; $W_{kp} = 0,2d^3$

Определяем диаметр на первом приводном валу

$$d = \sqrt[3]{\frac{T \cdot 10^3}{0,2 \cdot [\tau]}} \qquad (2.37)$$

$$d_1 = \sqrt[3]{\frac{108 \cdot 10^3}{0,2 \cdot 20}} = 29,9 \text{ мм}$$

принимаем $d_1 = 30 \text{ мм}$

Определяем диаметр на втором приводном валу

$$d_2 = \sqrt[3]{\frac{212 \cdot 10^3}{0,2 \cdot 20}} = 37,5 \text{ мм}$$

принимаем $d_2 = 38 \text{ мм}$

Производим приближенный расчет валов

Приближенный расчет валов выполняется как проектный, на основе которого предварительно устанавливаются диаметры характерных сечений вала, т.е. определяются размеры. При этом методе расчета не учитывают различия в характере циклов изменения нормальных и касательных напряжений, действующих на вал, в связи с чем этот расчет производится по приведенным напряжениям тоже из условия статической прочности.

Установим размеры диаметров валов

Для быстроходного вала

$$d \geq 8\sqrt[3]{T_1} \quad (2.38)$$

$$d \geq 8\sqrt[3]{108} = 38,09 \text{ мм}$$

принимаем $d = 40 \text{ мм}$

Для тихоходного вала

$$d \geq 5\sqrt[3]{T_2}$$

$$d \geq 5\sqrt[3]{212} = 29,8$$

принимаем $d = 30 \text{ мм}$

Рассчитаем диаметры шеек под подшипниковые опоры

Для быстроходного вала:

$$d_{\text{БП}} \geq d + 2t = 40 + 2 \quad \text{мм}$$

Для тихоходного вала:

$$d_{\text{ТП}} \geq d + 2t = 30 + 2 \quad \text{мм}$$

Уточненный расчет валов

Уточненный расчет валов производится с целью нахождения истинного значения запаса прочности вала.

Установлено, что работоспособность вала из условия усталостной прочности будет обеспечена, если $S \geq [S]$, где

(2.39)

S - фактический коэффициент запаса прочности

$[S]$ - допускаемый коэффициент запаса прочности, обычно принимаемый для валов в пределах $1,5 \div 5,0$, причем меньшие значения принимаются для тихоходных валов, а большие для быстроходных валов с целью уменьшения вероятности появления недопустимых деформаций вала (прогиба)

При действии на вал только напряжений изгиба или только напряжений кручения, коэффициенты запаса усталостной прочности соответственно по изгибу и кручению определяются по зависимостям:

$$\text{По изгибу} \quad S_{\sigma} = \frac{\sigma_{-1}}{\frac{K_{\sigma}}{K_d \cdot K_F} \cdot \sigma_a + \psi_b \cdot \sigma_m}; \quad [6, \text{стр} 324] \quad (2.40)$$

$$\text{По кручению} \quad S_{\tau} = \frac{\tau_{-1}}{\frac{K_{\tau}}{K_d \cdot K_F} \cdot \tau_a + \psi_{\tau} \cdot \tau_m}; \quad [6, \text{стр} 325] \quad (2.41)$$

σ_{-1}, τ_{-1} - механические характеристики материалов;

σ_a, τ_a - амплитудные значения нормальных и касательных напряжений;

σ_m, τ_m - средние значения нормальных и касательных напряжений;

K_{σ}, K_{τ} - эффективные коэффициенты концентрации напряжений при изгибе и кручении;

$\varepsilon_{\sigma}, \varepsilon_{\tau}$ - масштабные факторы, учитывающие влияние поперечных размеров вала.

А при совместном действии на вал напряжения изгиба и кручения коэффициент запаса прочности определяется по формуле

$$S = \frac{S_\sigma \cdot S_\tau}{\sqrt{S_\sigma^2 + S_\tau^2}}; \quad (2.42)$$

А чтобы узнать значения σ_a, τ_m, τ_a , нужно знать изгибающие и крутящие моменты в рассматриваемых сечениях вала.

Определим напряжения на быстроходном валу

F_{t1} - осевое усилие на шестерне

F_{R1} - радиальное усилие

F - составляющая сил, действующих на шкив

Определяем реакции в подшипниковых опорах, для чего составляем уравнения моментов сил относительно опор.

Плоскость YOX :

$$R_{Ay} - F_{t1} + R_{By} + F_y = 0$$

$$\sum M_A = 0 \quad - F_{t1} \cdot l_1 + R_{By}(l_1 + l_2) + F_y(l_1 + l_2 + l_3) = 0$$

$$R_{By}(l_1 + l_2) = F_{t1} \cdot l_1 - F_y(l_1 + l_2 + l_3)$$

$$R_{By} = \frac{F_{t1} \cdot l_1 - F_y(l_1 + l_2 + l_3)}{l_1 + l_2};$$

$$R_{By} = \frac{872,7 \cdot 65 - 378,5 \cdot 205}{100} = -208,6 \text{ Н}$$

$$R_{Ay} = F_{t1} - R_{By} - F_y$$

$$R_{Ay} = 872,7 - (-208,6) - 378,5 = 702,8 \text{ Н}$$

Проверка:

$$\sum M_B = 0 \quad F_{t1} \cdot l_2 - R_{Ay}(l_1 + l_2) + F_y \cdot l_3 = 0$$

$$R_{Ay} = \frac{378,5 \cdot 105 + 872,7 \cdot 35}{100} = 702,8 \text{ Н}$$

Плоскость ZOX :

$$R_{Az} - F_{t1} + R_{Bz} - F_z = 0$$

$$\sum M_A = 0 \quad - F_{t1} \cdot l_1 + R_{Bz}(l_1 + l_2) - F_z(l_1 + l_2 + l_3) = 0$$

$$R_{Bz} = \frac{F_{t_1} \cdot l_1 - F_z(l_1 + l_2 + l_3)}{l_1 + l_2}$$

$$R_{Bz} = \frac{2397,7 \cdot 165 - 677,7 \cdot 205}{100} = 169,2 \text{ Н}$$

$$R_{Az} = F_{t_1} - R_{Bz} - F_z = 2397,7 - 169,2 - 677,7 = 1550,8 \text{ Н}$$

Проверка:

$$\sum M_B = 0 \quad F_{t_1} \cdot l_2 - R_{Az}(l_1 + l_2) - F_z \cdot l_3 = 0$$

$$R_{Az} = \frac{F_{t_1} \cdot l_2 - F_z \cdot l_3}{l_1 + l_2} = \frac{2397,7 \cdot 35 - 677,7 \cdot 105}{100} = 1550,8 \text{ Н}$$

Определяем реакции опор

$$R_A = \sqrt{R_{Az}^2 + R_{Ay}^2} = \sqrt{(1550,8)^2 + (702,8)^2} = 1702,6 \text{ Н}$$

$$R_B = \sqrt{(169,2)^2 + (208,6)^2} = 268,6 \text{ Н}$$

Определим изгибающие моменты в сечениях

Плоскость YOX .

Участок I: $0 \leq z_1 \leq 65$

$$\sum M_{C_1} = 0 \quad M_{X1} - R_{Ay} \cdot z_1 = 0$$

$$M_{X1} = R_{Ay} \cdot z_1$$

$$z_1 = 0 \quad M_{X1} = 0$$

$$z_1 = 65 \quad M_{X1} = 702,8 \cdot 0,065 = 45,68 \text{ Нм}$$

Участок II: $0 \leq z_2 \leq 35$

$$\sum M_{C_3} = 0 \quad -M_{X3} + F_y \cdot z_3 = 0$$

$$z_2 = 0 \quad M_{X2} = R_{Ay} \cdot 65 = 45,68 \text{ Нм}$$

$$z_1 = 35 \quad M_{X2} = R_{Ay} \cdot 100 - F_{r_1} \cdot 35 = 702,8 \cdot 100 - 872,7 \cdot 35 = 39,7 \text{ Нм}$$

Участок III: $0 \leq z_3 \leq 105$

$$\sum M_{C_2} = 0 \quad M_{X2} - R_{Ay} \cdot (65 + z_2) + F_{r_1} \cdot z_2 = 0$$

$$z_3 = 0 \quad M_{X3} = 0$$

$$z_3 = 105 \quad M_{X3} = F_y \cdot 105 = 378,5 \cdot 0,105 = 39,7 \text{ Нм}$$

Плоскость ZOX .

Участок I: $0 \leq z_1 \leq 65$

$$\sum M_{C_1} = 0 \quad M_{Z1} - R_{Az} \cdot z_1 = 0$$

$$z_1 = 0 \quad M_{Z1} = 0$$

$$z_1 = 65 \quad M_{Z1} = 1550,8 \cdot 0,065 = 100,8 \text{ Нм}$$

Участок II: $0 \leq z_2 \leq 35$

$$\sum M_{C_2} = 0 \quad M_{Z2} + F_{t_1} \cdot z_2 - R_{Az} \cdot (65 + z_2) = 0$$

$$z_2 = 0 \quad M_{Z2} = 100,8 \text{ Нм}$$

$$z_2 = 35 \quad M_{Z2} = 2397,7 \cdot 35 - 1550,8 \cdot 100 = 71,16 \text{ Нм}$$

Участок III: $0 \leq z_3 \leq 105$

$$\sum M_{C_3} = 0 \quad - M_{Z3} + F_Z \cdot z_3 = 0$$

$$z_3 = 0 \quad M_{Z3} = 0$$

$$z_3 = 105 \quad M_{Z3} = F_Z \cdot 105 = 677,7 \cdot 105 = 71,16 \text{ Нм}$$

Определяем суммарные изгибающие моменты

$$M_{\Sigma} = \sqrt{M_X^2 + M_Z^2}$$

$$M_{\Sigma} = \sqrt{45,68^2 + 100,8^2} = 110,6 \text{ Нм}$$

$$M_{\Sigma} = \sqrt{39,7^2 + 71,16^2} = 81,48 \text{ Нм}$$

Крутящий момент на быстроходном валу $T=108 \text{ Нм}$

Крутящий момент в опасном сечении

$$M_{кр} = T \cdot \eta_{3.П.} = 108 \cdot 0,98 = 105,8 \text{ Нм}$$

Определяем запас прочности вала

$$\text{По изгибу} \quad S_{\sigma} = \frac{\sigma_{-1}}{\frac{K_{\sigma}}{K_d \cdot K_F} \cdot \sigma_A + \psi_B \cdot \sigma_m} \quad (2.43)$$

$$\text{По кручению} \quad S_{\tau} = \frac{\tau_{-1}}{\frac{K_{\tau}}{K_d \cdot K_F} \cdot \tau_a + \psi_{\tau} \cdot \tau_m} \quad (2.44)$$

Материал вала- сталь 40Х

$$\sigma_{-1} = 400 \text{ МПа}$$

$$\tau_{-1} = 230 \text{ МПа}$$

$$K_{\sigma} = 3,2$$

$$K_{\tau} = 2,0$$

$$\sigma_m = 0$$

$$\sigma_a = \frac{M_n}{W} = 5,59 \text{ МПа}$$

$$\tau_a = \tau_m = \frac{M_{kp}}{2W_k} = \frac{T_2 \cdot \eta_{3.П.}}{2 \cdot 0,2d^3}$$

$$S_{\sigma} = \frac{400}{\frac{3,2}{1 \cdot 0,75} \cdot 5,59} = 16,7$$

$$S_{\tau} = \frac{230}{\frac{2,0}{1 \cdot 0,75} \cdot 11,6 + 0,05 \cdot 11,6} = 7,29$$

$$S = \frac{16,7 \cdot 7,29}{\sqrt{16,7^2 + 7,29^2}} = 6,68$$

условие выполняется

$$[S] = 1,5 \dots 5 < S = 6,68$$

2.6. Расчет подшипников качения

Производим выбор и расчет подшипников качения для промежуточного вала $d_n = 35 \text{ мм}$, $n = 630 \frac{\text{об}}{\text{мин}}$

Выбираем шарикоподшипник радиальный однорядный 207

$$d = 35 \text{ мм}, D = 72 \text{ мм}, B = 17 \text{ мм}$$

$$C = 19700 \text{ Н}, C_0 = 13600 \text{ Н}, F_{r1} = R_A = 1702,6 \text{ Н}$$

$$F_{r2} = R_B = 268,6 \text{ Н}$$

Определяем эквивалентную динамическую нагрузку

$$P = F_r \cdot V \cdot K_{\sigma} \cdot K_T = 268,6 \cdot 1,1 \cdot 1,2 \cdot 1,1 = 390 \text{ Н}$$

$$V = 1,1 \quad - \text{коэффициент вращения};$$

$$K_{\sigma} = 1,2 \quad - \text{коэффициент безопасности, зависящий от типа механизма};$$

$$K_T = 1,1 \quad - \text{температурный коэффициент}$$

Долговечность подшипников определяем по таблице

$$L_h = 15000 \text{ час}$$

Определяем требуемую динамическую грузоподъемность

$$C' = P \sqrt[3]{\frac{60 \cdot n \cdot L_h}{10^6}} = 390 \sqrt[3]{\frac{60 \cdot 630 \cdot 15000}{10^6}} = 1806,2 \text{ Н} \leq C = 19700 \text{ Н}$$

по условию $C' < C$, следовательно, подшипники выбраны правильно.

Производим выбор и расчет подшипников качения, устанавливаемых на вал шпинделя

$$\text{а) } d_{n_1} = 80 \text{ мм;} \quad \text{б) } d_{n_2} = 45 \text{ мм;} \quad n = 315 \frac{\text{об}}{\text{мин}}$$

Для случая а) выбираем роликовый радиальный двухрядный подшипник с короткими цилиндрическими роликами

Тип подшипника 3182116 К

$$d = 80 \text{ мм, } D = 125 \text{ мм, } B = 34 \text{ мм}$$

$$C = 93000, \quad C_0 = 1020 \text{ Н, } F_r = R_B = 5216,3 \text{ Н}$$

$V = 1$ - коэффициент вращения;

$K_\sigma = 1,25$ - коэффициент безопасности;

$K_T = 1,05$ - температурный коэффициент

Долговечность подшипника принимаем $L_h = 15000$ час

Определяем требуемую динамическую грузоподъемность

$$C' = P \sqrt[3]{\frac{60 \cdot n \cdot L_h}{10^6}}, \text{ где} \quad (2.45)$$

$$P = F_r \cdot V \cdot K_\sigma \cdot K_T = 5216,3 \cdot 1,0 \cdot 1,25 \cdot 1,05 = 6846,4 \text{ Н}$$

$$C' = 6846 \sqrt[3]{\frac{60 \cdot 315 \cdot 15000}{10^6}} = 44975,9 \text{ Н}$$

по условию $C' < C$, т.е. $C' = 44975 < C = 93000 \text{ Н}$, следовательно, подшипник выбран верно.

Для случая б) выбираем шарикоподшипник радиальный однорядный типа 309

$$d_n = 45 \text{ мм, } D = 100 \text{ мм, } B = 25 \text{ мм}$$

$$C=371100\text{Н}, \quad C_0=26200\text{Н}, \quad F_r = 1929,27 \text{ Н}$$

$V = 1,0$ - коэффициент вращения;

$K_\sigma = 1,25$ - коэффициент безопасности;

$K_T = 1,1$ - температурный коэффициент

Долговечность подшипника принимаем $L_h = 15000$ час

Определяем потребную динамическую нагрузку

$$P = F_r \cdot V \cdot K_\sigma \cdot K_T = 1929,27 \cdot 1,0 \cdot 1,25 \cdot 1,1 = 2652,7 \text{ Н}$$

Определяем потребную динамическую грузоподъемность

$$C' = P \sqrt[3]{\frac{60 \cdot n \cdot L_h}{10^6}} = 2652,7 \sqrt[3]{\frac{60 \cdot 315 \cdot 15000}{10^6}} = 17426,3 \text{ Н}$$

по условию $C' < C$, следовательно, подшипник выбран правильно.

3. ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

3.1. Расчет режимов резания

Произведем расчет режимов резания по базовому варианту для вертикально- фрезерной и горизонтально- фрезерной операций. Для всех остальных операций расчет будем производить в проектном варианте, т.к. эти операции аналогичны также для базового варианта.

[15, стр. 54]

Вертикально- фрезерная операция

Фрезеровать торец вилки

$$K_{Mv} = K_r \left(\frac{750}{\sigma_B} \right)^{1,0} = 1,0 \left(\frac{750}{750} \right)^{1,0} = 1,0 \quad [7, \text{табл. 6, стр. 263}] \quad (3.1)$$

$$K_{Iv} = 0,8$$

$$K_{Uv} = 1,0$$

Значения коэффициента C_v и показателей степени принимаем по таблице 39 [7, стр. 286]

$$C_v = 332; \quad q = 0,2; \quad x = 0,1; \quad y = 0,4; \quad u = 0,2; \quad m = 0,2; \quad p = 0$$

T - период стойкости инструмента

принимаем $T = 120$ мин

$$v = \frac{332 \cdot 30^{0,2}}{120^{0,2} \cdot 0,2^{0,1} \cdot 0,06^{0,4} \cdot 26^{0,4} \cdot 16^0} 0,8 = 137,9 \quad \text{м/мин}$$

Частоту вращения шпинделя принимаем $n = 1200$ об/мин

Определяем действительную скорость резания

$$v = \frac{\pi D n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 30 \cdot 1200}{1000} = 123,04 \text{ м/мин}$$

Рассчитываем силу резания

$$P_z = \frac{10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^n \cdot z}{D^q \cdot n^w} K_{Mp}, \quad \text{Глубина резания } t :$$

$$t = 0,2 \text{ мм}$$

Подача на зуб фрезы S_z :

$$S_z = 0,06 \text{ мм /зуб}$$

Подача на оборот фрезы S_0 :

$$S_0 = S_z \cdot z = 0,06 \cdot 4 = 0,24 \text{ мм/об}$$

Минутная подача S_M :

$$S_M = S_0 \cdot n = 0,24 \cdot 1200 = 308 \frac{\text{мм}}{\text{мин}} \approx 315 \frac{\text{мм}}{\text{мин}}$$

Определяем скорость резания v :

$$v = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^n \cdot z^p} K_v, \quad \text{где} \quad [7, \text{стр. 261}] \quad (3.2)$$

K_v -коэффициент, учитывающий фактические условия резания;

$$K_v = K_{Mv} \cdot K_{Iv} \cdot K_{Uv}$$

K_{Mv} - коэффициент, учитывающий качество обрабатываемого материала;

[7, табл. 1, стр. 261]

K_{Iv} - коэффициент, учитывающий состояние поверхности заготовки;

[7, табл. 5, стр. 263]

K_{Uv} - коэффициент, учитывающий материал инструмента; где

[7, стр. 282]

K_{Mp} - коэффициент, влияющий на качество обрабатываемого материала

$$K_{Mp} = \left(\frac{\sigma_B}{750} \right)^n = \left(\frac{750}{750} \right)^{1,0} = 1,0 \quad [7, \text{табл. 9, стр. 264}]$$

Значения коэффициента C_p и показателей степени приведены в таблице 41 [6, стр. 291] $C_p = 825; \quad x = 1,0; \quad y = 0,75; \quad n = 1,1; \quad q = 1,3; \quad w = 0,2$

$$P_z = \frac{10 \cdot 825 \cdot 0,2^{1,0} \cdot 0,06^{0,75} \cdot 26^{1,1} \cdot 16}{30^{1,3} \cdot 1200^{0,2}} = 335,4 \text{ Н}$$

Крутящий момент $M_{кр}$

$$M_{кр} = \frac{P_z \cdot D}{2 \cdot 100} \quad [7, \text{стр. 290}] \quad (3.3)$$

$$M_{кр} = \frac{335,4 \cdot 30}{2 \cdot 100} = 50,31 \text{ Нм}$$

Мощность резания N_e

$$N_e = \frac{P_z \cdot v}{1020 \cdot 60} \quad [7, \text{стр. 290}] \quad (3.4)$$

$$N_e = \frac{335,4 \cdot 123,04}{1020 \cdot 60} = 0,67 \text{ кВт}$$

Операция фрезеровальная

Фрезеровать ушки вилки карданной

Глубина резания t :

$$t = 24 \text{ мм}$$

Ширина резания B :

$$B = 1 \text{ мм}$$

Подача на зуб фрезы S_z :

$$S_z = 0,04 \text{ мм /зуб}$$

Подача на оборот фрезы S_0 :

$$S_0 = S_z \cdot z = 0,04 \cdot 16 = 0,64 \text{ мм/об}$$

Минутная подача S_M :

$$S_M = S_0 \cdot n = 0,64 \cdot 315 = 210 \frac{\text{мм}}{\text{мин}}$$

Определяем скорость резания v :

$$v = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^n \cdot z^p} K_v \quad (3.5)$$

$$K_v = K_{Mv} \cdot K_{Iv} \cdot K_{Uv} = 1,0 \cdot 0,8 \cdot 1,0 = 0,8, \text{ где}$$

$$K_{Iv} = 0,8 \quad [7, \text{табл. 5, стр. 263}]$$

$$K_{Uv} = 1,0 \quad [7, \text{табл. 6, стр. 263}]$$

T - период стойкости инструмента

принимаем $T = 150$ мин

Значения коэффициента C_v и показателей степени принимаем по таблице 39 $[7, \text{стр. 286}]$

$$C_v = 1340; \quad q = 0,2; \quad x = 0,4; \quad y = 0,12; \quad n = 0; \quad m = 0,35; \quad p = 0$$

$$v = \frac{1340 \cdot 125^{0,2}}{150^{0,35} \cdot 24^{0,4} \cdot 0,037^{0,12} \cdot 1,0 \cdot 1,0} 0,8 = 123,08 \text{ м/мин}$$

Рассчитаем частоту вращения шпинделя n :

$$n = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot D} \quad (3.6)$$

$$n = \frac{1000 \cdot 123,08}{3,14 \cdot 125} = 313,47 \text{ об/мин}$$

Принимаем $n = 315$ об/мин

Определяем действительную скорость резания

$$v = \frac{\pi D n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 125 \cdot 315}{1000} = 123,63 \text{ м/мин}$$

Рассчитываем силу резания

$$P_z = \frac{10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^n \cdot z}{D^q \cdot n^w} K_{Mp}, \quad [7, \text{стр. 282}]$$

$$K_{Mp} = 1,0 \quad [7, \text{табл. 9, стр. 264}]$$

Значения коэффициента C_p и показателей степени принимаем по таблице 39 $[7, \text{стр. 286}]$

$$C_p = 261; \quad q = 1,1; \quad x = 0,9; \quad y = 0,8; \quad u = 1,1; \quad w = 0,1$$

$$P_z = \frac{10 \cdot 261 \cdot 24^{0,9} \cdot 0,037^{0,8} \cdot 1,0^{1,1} \cdot 16}{125^{1,1} \cdot 315^{0,1}} 1,0 = 1449 \text{ Н}$$

Крутящий момент $M_{кр}$

$$M_{кр} = \frac{P_z \cdot D}{2 \cdot 100} \quad [7, \text{стр. 290}] \quad (3.7)$$

$$M_{кр} = \frac{1449 \cdot 125}{2 \cdot 100} = 905,6 \text{ Нм}$$

Мощность резания N_e

$$N_e = \frac{P_z \cdot v}{1020 \cdot 60} \quad (3.8)$$

$$N_e = \frac{1449 \cdot 125}{1020 \cdot 60} = 2,92 \text{ кВт}$$

Произведем расчет по проектному варианту, с совмещением двух предыдущих операций.

005 Агрегатно- фрезерная

поз. 1 Фрезеровать торец вилки

Глубина резания t :

$$t = 0,2 \text{ мм}$$

Подача на зуб фрезы S_z :

$$S_z = 0,12 \text{ мм /зуб} \quad [7, \text{табл. 34, стр. 283}]$$

Подача на оборот фрезы S_0 :

$$S_0 = S_z \cdot z = 0,12 \cdot 4 = 0,48 \text{ мм/об}$$

Определяем скорость резания v :

$$v = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^n \cdot z^p} K_v, \quad \text{где} \quad [7, \text{стр. 282}] \quad (3.9)$$

T - период стойкости инструмента

K_v - коэффициент, учитывающий фактические условия резания;

$$K_v = K_{Mv} \cdot K_{Iv} \cdot K_{Uv}, \quad \text{где} \quad [7, \text{стр. 282}]$$

(3.10)

K_{Mv} - коэффициент, учитывающий качество обрабатываемого материала;

K_{Iv} - коэффициент, учитывающий состояние поверхности заготовки;

$$[7, \text{табл. 5, стр. 263}] \quad (3.11)$$

K_{Uv} - коэффициент, учитывающий материал инструмента;

$$K_{Mv} = K_{\Gamma} \left(\frac{750}{\sigma_B} \right)^{Iv} \quad [7, \text{табл. 1, стр. 261}]$$

$$K_{Iv} = 0,8 \quad [7, \text{табл. 5, стр. 263}]$$

$$K_{Uv} = 1,0 \quad [7, \text{табл. 5, стр. 263}]$$

$$K_v = 1,0 \left(\frac{750}{750} \right)^{1,0} \cdot 0,8 \cdot 1,0 = 0,8$$

Значения коэффициента C_v и показателей степени принимаем по таблице 39 [7,стр.286]

$$C_v = 332; \quad q = 0,2; \quad x = 0,1; \quad y = 0,4; \quad u = 0,4; \quad t = 0,35; \quad p = 0$$

T принимаем по табл. 40 [7,стр.290]

принимаем $T = 150$ мин

$$v = \frac{332 \cdot 30^{0,2}}{150^{0,35} \cdot 0,2^{0,4} \cdot 0,12^{0,4} \cdot 26^{0,4} \cdot 1,0}^{0,8} = 75,98 \text{ м/мин}$$

Частота вращения шпинделя

$$n = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot D} \quad [7,стр.280] \quad (3.12)$$

$$n = \frac{1000 \cdot 75,98}{3,14 \cdot 30} = 805 \text{ об/мин}$$

Принимаем $n = 800$ об/мин

Определяем действительную скорость резания

$$v_z = \frac{\pi D n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 30 \cdot 800}{1000} = 75,36 \text{ м/мин}$$

Рассчитываем силу резания

$$P_z = \frac{10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^n \cdot z}{D^q \cdot n^w} K_{Mp}, \text{ где} \quad [7,стр.282] \quad (3.13)$$

K_{Mp} - коэффициент, учитывающий влияние качества обрабатываемого материала на силовые зависимости.

$$K_{Mp} = \left(\frac{\sigma_B}{750} \right)^n = \left(\frac{750}{750} \right)^{0,3} = 1,0 \quad [7,табл.9,стр.264] \quad (3.14)$$

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

$$P_z = \frac{10 \cdot 825 \cdot 0,2^{0,1} \cdot 0,12^{0,75} \cdot 26^{1,1} \cdot 4}{30^{1,3} \cdot 800^{0,2}}^{1,0} = 713,5 \text{ Н}$$

Крутящий момент на шпинделе:

$$M_{кр} = \frac{P_z \cdot D}{2 \cdot 100} \quad [7,стр.290] \quad (3.15)$$

$$M_{\kappa p} = \frac{713,5 \cdot 30}{2 \cdot 100} = 107 \text{ Нм}$$

Мощность резания N_e

$$N_e = \frac{P_z \cdot v}{1020 \cdot 60} \quad [7, \text{стр. 290}] \quad (3.16)$$

$$N_e = \frac{713,5 \cdot 75,36}{1020 \cdot 60} = 0,87 \text{ кВт}$$

Поз.2. Фрезеровать ушки карданной вилки в размер $41,8_{-0,25}^{+0,21}$; $25,2$

Глубина резания: $t = 24 \text{ мм}$

Ширина резания : $B = 1 \text{ мм}$

Подача на зуб фрезы: $S_z = 0,06 \text{ мм /зуб}$

[7, табл. 4, стр. 283]

Подача на оборот фрезы :

$$S_0 = S_z \cdot z = 0,06 \cdot 16 = 0,96 \text{ мм/об}$$

Минутная подача S_M :

$$S_M = S_0 \cdot n = 0,96 \cdot 315 = 302,4 \frac{\text{мм}}{\text{мин}}$$

принимаем $S_M = 300 \frac{\text{мм}}{\text{мин}}$

Определяем скорость резания v :

$$v = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^u \cdot zP} K_v \quad (3.17)$$

$$K_v = K_{Mv} \cdot K_{Iv} \cdot K_{Hv}$$

$$K_{Mv} = 1,0 \left(\frac{750}{750} \right)^{1,0} = 1,0$$

$$K_{Iv} = 0,8$$

$$K_{Hv} = 1,0$$

Значения коэффициента C_v и показателей степени принимаем по таблице 39 [7, стр. 286]

$$C_v = 740;$$

$$q = 0,2; \quad x = 0,14; \quad y = 0,4; \quad u = 0,12; \quad m = 0,35; \quad p = 0; \quad u = 0$$

$$v = \frac{740 \cdot 125^{0,2}}{150^{0,35} \cdot 24^{0,4} \cdot 0,06^{0,12} \cdot 1,0} 0,8 = 139,6 \quad \text{м/мин}$$

Частота вращения шпинделя

$$n = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot D} \quad (3.18)$$

$$n = \frac{1000 \cdot 139,6}{3,14 \cdot 125} = 316,6 \text{ об/мин}$$

Принимаем $n = 315 \text{ об/мин}$

Определяем действительную скорость резания

$$v = \frac{\pi D n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 125 \cdot 315}{1000} = 134,4 \text{ м/мин}$$

Рассчитываем силу резания

$$P_z = \frac{10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^u \cdot z}{D^q \cdot n^w} K_{Mp} \quad K_{Mp} = \left(\frac{\sigma_B}{750} \right)^n = \left(\frac{750}{750} \right)^{0,3} = 1,0$$

[7 табл. 9 стр. 264]

Значения коэффициента C_p и показателей степени принимаем по таблице 41 [7, стр. 291]

$$C_p = 261; \quad q = 1,1; \quad x = 0,9; \quad y = 0,8; \quad u = 1,1; \quad w = 0,1$$

$$P_z = \frac{10 \cdot 261 \cdot 24^{0,9} \cdot 0,06^{0,8} \cdot 1,0^{1,1} \cdot 16}{125^{1,1} \cdot 315^{0,1}} 1,0 = 3193 \text{ Н}$$

Крутящий момент на шпинделе

$$M_{кр} = \frac{P_z \cdot D}{2 \cdot 100} = \frac{3193 \cdot 125}{2 \cdot 100} = 1995,6 \quad \text{Нм}$$

Мощность резания

$$N_e = \frac{P_z \cdot v}{1020 \cdot 60} = \frac{3193 \cdot 134,4}{1020 \cdot 60} = 7,01 \text{ кВт}$$

Операция 030 Агрегатная (5-ти поз. п/атомат)

I. Поз. Установка и зажим

II. Поз. Сверлильная. Сверлить ушки ф15 с двух сторон и сверлить отв. ф16 напроход

Для /15 мм глубина резания t :

$$t = 0,5D = 0,5 \cdot 15 = 7,5 \text{ мм}$$

$$\text{Подача : } S_0 = 0,28 \text{ мм/об} \quad [7, \text{табл. 25, стр. 277}]$$

Скорость резания:

$$v = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot S^y} K_v \quad [7, \text{стр. 276}] \quad (3.19)$$

K_v - поправочный коэффициент на скорость резания, учитывающий фактические условия резания

$$K_v = K_{Mv} \cdot K_{Uv} \cdot K_{Lv} \quad , \text{ где } [7, \text{стр. 276}] \quad (3.20)$$

K_{Lv} - коэффициент, учитывающий глубину сверления;

$$K_{Lv} = 1,0 \quad [7, \text{табл. 31, стр. 280}]$$

$$K_{Mv} = 1,0 \left(\frac{750}{750} \right)^{0,9} = 1$$

$$K_{Uv} = 0,4$$

$$T = 30 \text{ мин} \quad [7, \text{табл. 30, стр. 280}]$$

Значения коэффициента C_v и показателей степени принимаем по таблице 28 стр. 278

$$C_v = 9,8; \quad q = 0,4; \quad x = 0,14; \quad y = 0,5; \quad m = 0,2;$$

$$v = \frac{9,8 \cdot 15^{0,4}}{30^{0,2} \cdot 0,28^{0,5}} 1,0 \left(\frac{750}{750} \right)^{0,9} \cdot 0,4 \cdot 1,0 = 11,08 \quad \text{м/мин}$$

Крутящий момент :

$$M_{кр} = 10 C_M D^q S^y K_p, \text{ где } [7, \text{стр. 277}] \quad (3.21)$$

K_p зависит от материала обрабатываемой заготовки и определяется выражением $K_p = K_{Mp} = 1,0$. Значения коэффициента C_M и показателей степени приведены в таблице 32 [7, стр. 281]

$$C_M = 0,0345; \quad q = 2,0; \quad y = 0,8;$$

$$M_{кр} = 10 \cdot 0,0345 \cdot 15^{2,0} \cdot 0,28^{0,8} \cdot 1,0 = 28,03 \text{ Нм}$$

Осевая сила:

$$P_0 = 10 C_p D^q S^y K_p \quad [7, \text{стр. 277}] \quad (3.22)$$

$$C_p = 68; \quad q = 1,0; \quad y = 0,7; \quad [7, \text{табл. 32, стр. 281}]$$

$$P_0 = 10 \cdot 68 \cdot 15^{1,0} \cdot 0,28^{0,7} \cdot 1,0 = 4184,2 \text{ Нм}$$

Мощность резания

$$N_e = \frac{M_{кр} \cdot n}{9750}, \text{ где } [7, \text{стр. 280}]$$

$$(3.23) \quad n = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 11,08}{3,14 \cdot 15} = 235,2 \text{ об/мин}$$

$$N_e = \frac{28,03 \cdot 235,2}{9750} = 0,67 \text{ кВт}$$

Сверлить отверстие ф16 напроход

Глубина резания t :

$$t = 0,5D = 0,5 \cdot 16 = 8 \text{ мм}$$

Подача S_0 :

$$S_0 = 0,33 \text{ мм/об} \quad [7, \text{табл. 25, стр. 277}]$$

Скорость резания:

$$v = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot S^y} K_v \quad (3.24)$$

$$K_v = K_{Mv} \cdot K_{lv} \cdot K_{lv} = 1,0 \cdot 0,4 \cdot 1,0 = 0,4$$

T- период стойкости инструмента;

$$T=45 \text{ мин} \quad [7, \text{табл. 30, стр. 279}]$$

Значения коэффициента C_v и показателей степени приведены в таблице 28 $[7, \text{стр. 278}]$

$$C_v = 9,8; \quad q = 0,4; \quad y = 0,5; \quad m = 0,2;$$

$$v = \frac{9,8 \cdot 15^{0,4}}{30^{0,2} \cdot 0,28^{0,5}} \cdot 1,0 \left(\frac{750}{750} \right)^{0,9} \cdot 0,4 \cdot 1,0 = 11,08 \quad \text{м/мин}$$

Крутящий момент на шпинделе

$$M_{kp} = 10 C_M D^q S^y K_p \quad (3.25)$$

$$K_p = 1,0$$

$$C_M = 0,0345; \quad q = 2,0; \quad y = 0,8;$$

$$M_{kp} = 10 \cdot 0,0345 \cdot 16^{2,0} \cdot 0,33^{0,8} \cdot 1,0 = 36,38 \text{ Нм}$$

Осевое усилие:

$$P_0 = 10 C_p D^q S^y K_p \quad (3.26)$$

$$K_p = 1,0$$

$$C_p = 68; \quad q = 1,0; \quad y = 0,7;$$

$$P_0 = 10 \cdot 68 \cdot 16^{1,0} \cdot 0,33^{0,7} \cdot 1,0 = 5007,1 \text{ Нм}$$

Рассчитываем мощность резания

$$N_e = \frac{M_{kp} \cdot n}{9750}, \text{ где} \quad (3.27)$$

$$n = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 9,66}{3,14 \cdot 16} = 192,2 \text{ об/мин}$$

$$N_e = \frac{36,38 \cdot 192,2}{9750} = 0,71 \text{ кВт}$$

III поз. Подрезать торец в размер $43 \pm 0,3$

Глубина резания t :

$$t = 0,3 \text{ мм}$$

Подача S :

$$S = 0,4 \text{ мм/об} \quad [7, \text{табл. 11, стр. 266}]$$

Скорость резания:

$$v = \frac{C_v}{T^m \cdot S^y} K_v, \text{ где} \quad [7, \text{стр. 280}] \quad (3.28)$$

$$K_v = K_{Mv} \cdot K_{Iv} \cdot K_{Uv}$$

$$K_{Mv} = K_{\Gamma} \left(\frac{750}{\sigma_B} \right)^{Iv} = 1,0 \left(\frac{750}{750} \right)^{1,0} = 1,0 \quad [7, \text{табл. 1, стр. 261}]$$

$$K_{Iv} = 1,0 \quad [7, \text{табл. 6, стр. 263}]$$

$$K_{Uv} = 1,0 \quad [7, \text{табл. 5, стр. 263}]$$

T - период стойкости инструмента;

$$T = 40 \text{ мин} \quad [7, \text{стр. 268}]$$

Значения коэффициента C_v и показателей степени m и y приведены в таблице 17 $[7, \text{стр. 269}]$

$$C_v = 47;$$

$$y = 0,8; \quad m = 0,2;$$

$$v = \frac{47}{40^{0,2} \cdot 0,4^{0,8}} 1,0 = 46,7 \text{ м/мин}$$

Сила резания. $P_{z,y,x}$

Силу резания принято раскладывать на составляющие силы, направленные по осям координат станка (тангенциальную P_z , радиальную P_y и осевую P_x)

$$P_{z,y,x} = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot v^n \cdot K_p, \text{ где} \quad [7, \text{стр. 271}] \quad (3.29)$$

K_p - поправочный коэффициент

$$K_p = K_{Mp} \cdot K_{\varphi p} \cdot K_{\gamma p} \cdot K_{\lambda p} \cdot K_{rp}$$

K_{Mp} - коэффициент, учитывающий влияние качества обрабатываемого материала на силовые зависимости;

$K_{\varphi p}, K_{\gamma p}, K_{\lambda p}, K_{rp}$ - коэффициенты, учитывающие влияние геометрических параметров режущей части инструмента на составляющие силы резания при обработке;

$$K_{\varphi p} = 1,0; 1,0; 1,0 \quad [7, \text{табл. 23, стр. 275}]$$

$$K_{\gamma p} = 1,15; 1,6; 1,7 \quad [7, \text{табл. 23, стр. 275}]$$

$$K_{\lambda p} = 1,0; 1,0; 1,0 \quad [7, \text{табл. 23, стр. 275}]$$

$$K_{rp} = 0,93; 0,82; 1,0 \text{ (при } r = 1,0 \text{ мм)} \quad [7, \text{табл. 23, стр. 275}]$$

Значения коэффициента C_v и показателей степени приведены в таблице 22 [7, стр. 273]

Для составляющей P_z :

$$C_p = 408; \quad x = 0,72; \quad y = 0,8; \quad n = 0;$$

Для составляющей P_y :

$$C_p = 173; \quad x = 0,73; \quad y = 0,67; \quad n = 0;$$

$$P_z = 10 \cdot 408 \cdot 0,3^{0,72} \cdot 0,4^{0,8} \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,15 \cdot 0,93 = 8811,08 \text{ Н}$$

$$P_y = 10 \cdot 173 \cdot 0,3^{0,73} \cdot 0,4^{0,67} \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,6 \cdot 0,82 = 510,12 \text{ Н}$$

$$P_{z,y} = 1391,2 \text{ Н}$$

Мощность резания

$$N_e = \frac{P_z \cdot v}{1020 \cdot 60} \quad [7, \text{стр. 271}] \quad (3.30)$$

$$N_e = \frac{1391,2 \cdot 46,7}{1020 \cdot 60} = 1,06 \text{ кВт}$$

IV поз. Зенкерование

Зенкеровать отверстия ушек до $\phi 15,4^{+0,11}$ и зенкеровать продольное отверстие до $\phi 17,2$ мм для отверстия $\phi 15,4^{+0,11}$

Глубина резания t :

$$t = 0,5(D - d) = 0,5 \cdot (15,4 - 15,0) = 0,2 \text{ мм} \quad [7, \text{стр. 276}]$$

(3.30)

Подача S_0 :

$$S_0 = 0,4 \text{ мм/об} \quad [7, \text{табл. 26, стр. 277}]$$

Скорость резания v :

$$v = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot t^x \cdot S^y} K_v, \text{ где} \quad [7, \text{стр. 276}] \quad (3.31)$$

K_v - коэффициент, учитывающий фактические условия резания;

$$K_v = K_{Mv} \cdot K_{lv} \cdot K_{Hv}$$

$$K_{Mv} = 1,0 \left(\frac{750}{\sigma_B} \right)^{Pv} = 1,0 \left(\frac{750}{750} \right)^{0,9} = 1,0$$

$$K_{lv} = 1,0$$

$$K_{Hv} = 1,0$$

T - период стойкости инструмента;

$$T = 30 \text{ мин} \quad [7, \text{табл. 30, стр. 279}]$$

Значения коэффициента C_v и показателей степени, применяемые для зенкерования, приведены в таблице 29 стр.279

$$C_v = 16,3; \quad q = 0,3; \quad x = 0,5; \quad y = 0,3; \quad m = 0,2;$$

$$v = \frac{16,3 \cdot 15,4^{0,3}}{30^{0,2} \cdot 0,2^{0,5} \cdot 0,4^{0,3}} 1,0 = 55,2 \text{ м/мин}$$

Крутящий момент

$$M_{kp} = 10 C_M D^q t^x S^y K_p \quad [7, \text{стр. 277}] \quad (3.31)$$

$$K_p = 1,0$$

$$C_M = 0,09; \quad q = 1,0; \quad y = 0,8; \quad x = 0,9$$

$$M_{kp} = 10 \cdot 0,09 \cdot 15,4^{1,0} \cdot 0,2^{1,2} \cdot 0,4^{0,65} \cdot 1,0 = 53,5 \text{ Нм}$$

Осевая сила:

$$P_0 = 10C_p D^q t^x S^y K_p \quad [7, \text{стр. 277}] \quad (3.32)$$

$$K_p = 1,0$$

Значения коэффициента C_p и показателей степени принимаем по таблице 32 [7, стр. 281]

$$C_p = 67; \quad x = 1,2; \quad y = 0,65;$$

$$P_0 = 10 \cdot 67 \cdot 0,2^{1,2} \cdot 0,4^{0,65} \cdot 1,0 = 53,5 \text{ Н}$$

Рассчитываем мощность резания

$$N_e = \frac{M_{kp} \cdot n}{9750} \quad (3.33)$$

$$N_e = \frac{15,6 \cdot 380}{9750} = 0,6 \text{ кВт}$$

для продольного отверстия $\phi 17,2$

Глубина резания t :

$$t = 0,6 \text{ мм}$$

Подача S_0 :

$$S_0 = 0,3 \text{ мм/об} \quad [7, \text{табл. 26, стр. 277}]$$

Скорость резания:

$$v = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot t^x \cdot S^y} K_v \quad (3.34)$$

$$K_v = K_{Mv} \cdot K_{lv} \cdot K_{lv} = 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0$$

$$T = 40 \text{ мин} \quad [7, \text{табл. 30, стр. 279}]$$

$$C_v = 16,3; \quad q = 0,3; \quad y = 0,3; \quad m = 0,2; \quad x = 0,5 \quad [6, \text{табл. 29}]$$

$$v = \frac{916,3 \cdot 17,2^{0,3}}{40^{0,2} \cdot 0,6^{0,5} \cdot 0,3^{0,3}} 1,0 = 33,9 \text{ м/мин}$$

Определяем крутящий момент

$$M_{kp} = 10C_M D^q t^x S^y K_p$$

(3.35)

$$K_p = 1,0$$

$$C_M = 0,09; \quad q = 1,0; \quad x = 0,9; \quad y = 0,8;$$

$$M_{kp} = 10 \cdot 0,09 \cdot 17,2^{1,0} \cdot 0,6^{0,9} \cdot 0,3^{0,8} \cdot 1,0 = 3,73 \text{ Нм}$$

Осевое усилие:

$$P_0 = 10C_P t^x S^y K_P \quad (3.36)$$

$$K_P = 1,0$$

$$C_P = 67; \quad x = 1,2; \quad y = 0,65;$$

$$P_0 = 10 \cdot 67 \cdot 0,6^{1,2} \cdot 0,3^{0,65} \cdot 1,0 = 165,95 \text{ Н}$$

Рассчитываем мощность резания

$$N_e = \frac{M_{kp} \cdot n}{9750} \quad (3.37)$$

$$N_e = \frac{3,73 \cdot 350}{9750} = 0,12 \text{ кВт}$$

V поз. Развертывание

Развернуть отверстие $\phi 17,4^{+0,07}$

Глубина резания t :

$$t = 0,5(D - d) = 0,5 \cdot (17,4 - 17,2) = 0,1 \text{ мм} \quad [7, \text{стр. 276}] \quad (3.38)$$

Подача S_0 :

$$S_0 = 1,0 \text{ мм/об} \quad [7, \text{табл. 27, стр. 278}]$$

Скорость резания v :

$$v = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot t^x \cdot S^y} K_v \quad (3.39)$$

$$K_v = K_{Mv} \cdot K_{lv} \cdot K_{Hv}$$

$$K_{Mv} = 1,0$$

$$K_{lv} = 1,0$$

$$K_{Hv} = 0,8$$

принимаем период стойкости инструмента

$$T = 60 \text{ мин} \quad [7, \text{табл. 30, стр. 279}]$$

Значения коэффициента C_v и показателей степени приведены в таблице 29 [7, стр. 279]

$$C_v = 10,5; \quad q = 0,3; \quad x = 0,2; \quad y = 0,65; \quad m = 0,4;$$

$$v = \frac{10,5 \cdot 17,4^{0,3}}{60^{0,4} \cdot 0,1^{0,2} \cdot 1,0^{0,65}} 0,8 = 6,89 \text{ м/мин}$$

Крутящий момент на шпинделе

$$M_{кр} = \frac{C_p t^x S_z^y D z}{2 \cdot 100} \quad [7, \text{стр. 280}]$$

(3.36) Значения коэффициента C_p и показателей степени принимаем по таблице 22 [7, стр. 275]

Для определения крутящего момента при разворачивании каждый зуб инструмента можно рассматривать как расточный резец

$$C_p = 200; \quad x = 1,0; \quad y = 0,75;$$

$$M_{кр} = \frac{200 \cdot 0,1^{1,0} \cdot 0,25^{0,75} \cdot 17,4 \cdot 4}{2 \cdot 100} = 6,95 \text{ Нм}$$

Рассчитываем мощность резания

$$N_e = \frac{M_{кр} \cdot n}{9750} \quad (3.37)$$

$$n = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 6,89}{3,14 \cdot 17,4} = 124,6 \text{ об/мин}$$

$$N_e = \frac{6,95 \cdot 124,6}{9750} = 0,09 \text{ кВт}$$

Операция 050 Горизонтально-фрезерная

Фрезеровать внутренние поверхности ушек в размер $32_{+0,62}^{+0,3}$ $4 \pm 0,3$
 $4,9_{-0,2}$

Глубина резания:

$$t = 4 \text{ мм}$$

Ширина резания :

$$B = 3,4 \text{ мм}$$

Подача на зуб фрезы:

$$S_z = 0,15 \text{ мм /зуб}$$

Подача на оборот:

$$S_0 = S_z \cdot z = 0,15 \cdot 8 = 1,2 \text{ мм/об}$$

Определяем скорость резания v :

$$v = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^n \cdot z^p} K_v \quad (3.38)$$

$$K_v = K_{Mv} \cdot K_{Iv} \cdot K_{Uv}$$

$$K_{Mv} = K_{\Gamma} \left(\frac{750}{\sigma_B} \right)^{Iv} = 1,0 \left(\frac{750}{750} \right)^{1,0} = 1,0$$

$$K_{Iv} = 0,8$$

$$K_{Uv} = 0,65$$

Значения коэффициента C_v и показателей степени приведены в
таблице 39 [7,стр.286]

$$C_v = 740; \quad q = 0,2; \quad x = 0,4; \quad y = 0,4; \quad m = 0,35; \quad n = 0; p = 0$$

Принимаем период стойкости инструмента

$$T = 120 \text{ мин} \quad [7,табл. 40,стр. 290]$$

$$v = \frac{740 \cdot 80^{0,2}}{120^{0,35} \cdot 4^{0,4} \cdot 0,15^{0,4} \cdot 1,0 \cdot 1,0} 0,52 = 210,2 \text{ м/мин}$$

Частота вращения шпинделя

$$n = \frac{1000 \cdot 210,2}{3,14 \cdot 180} = 630,9 \text{ об/мин}$$

Принимаем $n = 600$ об/мин

Определяем действительную скорость резания

$$v = \frac{\pi D n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 80 \cdot 600}{1000} = 150,72 \text{ м/мин}$$

Рассчитываем силу резания

$$P_z = \frac{10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^n \cdot z}{D^q \cdot n^w} K_{Mp} \quad (3.39)$$

$$K_{Mp} = 1,0$$

Значения коэффициента C_p и показателей степени принимаем по таблице 41 [7, стр. 291]

$$C_p = 261; \quad q = 1,1; \quad x = 0,9; \quad y = 0,8; \quad n = 1,1; \quad w = 0,1$$

$$P_z = \frac{10 \cdot 261 \cdot 4^{0,9} \cdot 0,15^{0,8} \cdot 3,4^{1,1} \cdot 8}{80^{1,1} \cdot 600^{0,1}} 1,0 = 304,2 \text{ Н}$$

Крутящий момент

$$M_{кр} = \frac{P_z \cdot D}{2 \cdot 100} = \frac{304,26 \cdot 80}{2 \cdot 100} = 152,13 \text{ Нм}$$

Мощность резания

$$N_e = \frac{P_z \cdot v}{1020 \cdot 60} = \frac{304,26 \cdot 197,8}{1020 \cdot 60} = 0,98 \text{ кВт}$$

3.2. Расчет технических норм времени.

Рассчитаем технические нормы времени на операции, выполняемые в базовом и проектном вариантах. В базовом варианте рассматривается обработка фрезами на двух фрезерных станках. В проектном варианте эти две операции объединяются в одну – агрегатную, т.е. две фрезерные операции выполняются на одном агрегатном станке.

Рассчитаем нормы времени по базовому варианту. По базовому варианту у нас есть две операции: вертикально – фрезерная и горизонтально – фрезерная.

Вертикально – фрезерная

Определяем основное время T_0

$$T_0 = \frac{L}{S_M} \quad (3.40)$$

$$l = l_p + l_1$$

$$l_1 = 0,5 \left(D - \sqrt{D^2 - B^2} \right) + 5 \quad [8, \text{стр. 157}] \quad (3.41)$$

$$l_1 = 0,5 \left(30 - \sqrt{30^2 - 26^2} \right) + 5 = 12,5 \text{ мм}$$

$$L = 26 + 12,5 = 38,5 \text{ мм}$$

$$T_0 = \frac{38,8}{315} = 0,122 \text{ мин}$$

$$T_B = T_{yc} + T_{zo} + T_{yII} + T_{ИЗ}, \text{ где} \quad [8, \text{стр. 158}] \quad (3.42)$$

T_{yc} - время на установку и снятие детали, мин

T_{zo} - время на закрепление и открепление детали, мин

T_{yII} - время на приемы управления, мин

$T_{ИЗ}$ - время на измерение детали, мин

$$T_{yc} = 0,06 \text{ мин} \quad [8, \text{табл. 5.5, стр. 199}]$$

$$T_{zo} = 0,024 \text{ мин} \quad [8, \text{табл. 5.7, стр. 201}]$$

$$T_{yII} = 0,01 + 0,04 + 0,04 + 0,04 + 0,05 + 0,05 = 0,2 \text{ мин} \quad [8, \text{табл. 5.9, стр. 205}]$$

$$T_{ИЗ} = 0,13 \text{ мин} \quad [8, \text{табл. 5.12, стр. 207}]$$

$$T_B = 0,06 + 0,02 + 0,23 + 0,13 = 0,4 \text{ мин}$$

T_{tex} - время на техническое обслуживание рабочего места; мин

$$T_{tex} = \frac{T_0 t_{CM}}{T}, \text{ где} \quad [8, \text{стр. 102}] \quad (3.43)$$

t_{CM} - время на смену инструмента и подналадку станка, мин

$$t_{CM} = 1,5 \quad [8, \text{табл. 5.18, стр. 210}]$$

T – период стойкости инструмента, мин

$$T_{tex} = \frac{0,122 \cdot 1,5}{120} = 0,001 \text{ мин}$$

$T_{орг}$ - время на организационное обслуживание рабочего места, мин

$T_{орг}$ для всех операций определяется в процентах от оперативного времени

$$\text{Принимаем для } T_{орг} - 7\% \quad [8, \text{стр. 212}]$$

$T_{омд}$ - время на отдых и личные надобности, мин

$T_{омд}$ также определяется в процентах от оперативного времени.

Принимаем для $T_{омд}$ - 4%

Определяем норму штучного времени

$$T_{шт} = T_0 + T_B + T_{ОБ} + T_{ОТ} \quad [8, \text{стр } 101] \quad (3.44)$$

$$T_{шт} = (T_0 + T_B) \left(1 + \frac{T_{опз} + T_{ОТ}}{100} \right) + T_{мех}$$

(3.45)

$$T_{шт} = (0,122 + 0,4) \left(1 + \frac{4 + 7}{100} \right) + 0,001 = 0,58 \text{ мин}$$

Горизонтально – фрезерная

$$T_0 = \frac{L}{S_M} \quad (3.46)$$

$$L = l + l_1$$

$$l_1 = \sqrt{t(D - t)} + 5 \quad [8, \text{стр } 157] \quad (3.47)$$

$$l_1 = \sqrt{24(125 - 24)} + 5 = 54,2 \text{ мм}$$

$$L = 24 + 54,2 = 78,2 \text{ мм}$$

$$T_0 = \frac{78,2}{210} = 0,371 \text{ мин}$$

$$T_B = T_{yc} + T_{зо} + T_{yП} + T_{ИЗ}$$

(3.48)

$$T_{yc} = 0,06 \text{ мин} \quad [8, \text{табл } 5.5, \text{стр } 199]$$

$$T_{зо} = 0,024 \text{ мин} \quad [8, \text{табл } 5.7, \text{стр } 201]$$

$$T_{yП} = 0,01 + 0,04 + 0,04 + 0,05 + 0,05 = 0,19 \text{ мин} \quad [8, \text{табл } 5.9, \text{стр } 205]$$

$$T_{ИЗ} = 0,11 + 0,09 + 0,08 = 0,28 \text{ мин} \quad [8, \text{табл } 5.12, \text{стр } 207]$$

$$T_B = 0,06 + 0,024 + 0,19 + 0,28 = 0,55 \text{ мин}$$

$$T_{мех} = \frac{T_0 t_{CM}}{T}, \text{ где} \quad (3.49)$$

$$T_{мех} = \frac{0,122 \cdot 4,5}{150} = 0,0034 \text{ мин}$$

Принимаем $T_{opz} - 7\% (T_0 + T_B)$

Принимаем $T_{omd} - 4\% (T_0 + T_B)$

Определяем норму штучного времени

$$T_{um} = T_0 + T_B + T_{OPF} + T_{TEX} + T_{OTD}$$

(3.50)

$$T_{um} = (T_0 + T_B) \left(1 + \frac{T_{opz} + T_{OTD}}{100} \right) + T_{tex} \quad (3.51)$$

$$T_{um} = (0,371 + 0,55) \left(1 + \frac{4 + 7}{100} \right) + 0,0034 = 1,02 \text{ мин}$$

Рассчитаем нормы времени по проектному варианту, в котором вертикально – фрезерная и горизонтально – фрезерная операции совмещены в одну агрегатно – фрезерную.

Определяем основное время T_0

Фрезерование торца:

$$T_0 = 4 \cdot l \cdot 10^{-3} \quad [8, \text{стр. 146}] \quad (3.52)$$

$$T_0 = 4 \cdot 26 \cdot 10^{-3} = 0,104 \text{ мин}$$

Фрезерование ушек вилки:

$$T_0 = \frac{L}{S_M} \quad (3.53)$$

$$L = 38,5 \text{ мм}$$

$$T_0 = \frac{38,5}{300} = 0,128 \text{ мин}$$

Т.к. за цикл работы на данном станке обрабатываются две детали, установленные в приспособлении, то основное время увеличиваем в два раза.

$$T_0 = (0,104 + 0,128) \cdot 2 = 0,232 \cdot 2 = 0,464 \text{ мин}$$

Определяем вспомогательное время:

$$T_B = T_{yc} + T_{zo} + T_{yП} + T_{ИЗ} \quad (3.54)$$

$$T_{yc} = 0,034 + 0,024 = 0,058 \text{ мин} \quad [8, \text{табл. 5.5, стр. 199}]$$

$$T_{zo}=0,024 \text{ мин} \quad [8, \text{табл. 5.7, стр. 201}]$$

$$T_{yII}=0,01+0,05+0,14=0,2 \text{ мин} \quad [8, \text{табл. 5.9, стр. 205}]$$

$$T_{ИЗ}= 0,09 \text{ мин} \quad [8, \text{табл. 5.12, стр. 207}]$$

$$T_B = 0,372 \text{ мин}$$

$$T_{tex} = \frac{T_0 t_{CM}}{T} \quad (3.55)$$

$$t_{CM} = 1,5 \quad t_{CM} = 5,2$$

$$T=120 \text{ мин} \quad T=150 \text{ мин}$$

$$T_{tex} = \frac{2 \cdot 0,104 \cdot 1,5}{120} + \frac{2 \cdot 0,008 \cdot 5,2}{150} = 0,008 \text{ мин}$$

$$\text{Принимаем} \quad T_{opz} - 7\% (T_0 + T_B)$$

$$\text{Принимаем} \quad T_{omd} - 4\% (T_0 + T_B)$$

Определяем норму штучного времени

$$T_{шт} = T_0 + T_B + T_{OPG} + T_{TEX} + T_{OTD}$$

(3.56)

$$T_{шт} = (0,368 + 0,372) \left(1 + \frac{4+7}{100} \right) + 0,008 = 0,829 \text{ мин}$$

4. РАСЧЁТ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ

Цель раздела – рассчитать технико-экономические показатели проектируемого технологического проекта, произвести сравнительный анализ с показателями базового варианта и определить экономический эффект от предложенных в проекте технических решений. Расчёты произведены с использованием специальной литературы [16, 17]

1. Базовый вариант.

В базовом варианте выполняются две операции — вертикально-фрезерная и горизонтально фрезерная. На операциях производится фрезерная обработка детали.

Оборудования используемое в базовом варианте:

Вертикальный фрезерный станок 6P12

Горизонтальный фрезерный станок 6P82

Оснастка — тиски гидравлические, пневмогидравлические.

Используемый инструмент — набор фрез дисковых, фреза торцевая.

Тип производства — массовое.

Форма оплаты труда — сдельно-премиальная.

Условия труда — нормальные.

2. Проектный вариант.

В проектном варианте две операции из базового варианта заменяются на одну агрегатную фрезерную операцию, на которой осуществляется фрезерная обработка детали.

Используемое оборудование — специальный фрезерный станок.

Оснастка — тиски пневмогидравлические.

Инструмент — набор фрез дисковых, фреза торцевая.

Тип производства — массовое.

Форма оплаты труда — сдельно-премиальная.

Условия труда — нормальные.

Таблица 4.1. Исходные данные для обоснования экономического эффекта

№	Показатели	Условное обозначение, единица измерения	Значение показателей	
			Базовый	Проект
1	2	3	4	5
1	Программа выпуска годовая	$P_{Г}, шт.$	200000	200000
2	Штучное и машинное время, норма	$T_{шт}, мин.$ $T_{маш}, мин.$	0,58	0,829
			0,122	0,232
			1,02	
			0,371	

№	Трудозатраты на проектирование техники	Условное обозначение, единица	Значение показателей	
			—	504
4	Тарифная часовая ставка - Рабочего-оператора 3 разряда: - Наладчика 5 разряда: - Наладчика 6 разряда: - Инженера-технолога	$C_q, руб.$ $C_{чн}, руб.$ $C_{чтех}, руб.$	66,71 79,89 — —	66,71 — 93,81 81,50
5	Эффективный фонд времени рабочего. Годовой	$\Phi_{ЭР}, час.$	1731	1731
6	Доплата до часового, дневного, месячного фонда. Коэффициент	K_d	1,08	1,08
7	Доплата за профмастерство. Коэффициент	$K_{пф}$	1,14	1,14

Продолжение таблицы 4.1

1	2	3	4	5
8	Коэффициент доплат за условия труда - для рабочего-оператора: - для наладчика:	K_v	1,08 1,12	1,08 1,12
9	Коэффициент доплат за вечерние и ночные часы	K_H	1,076	1,076
10	Коэффициент премирования	$K_{пр}$	1,12	1,12

11	Коэффициент выполнения норм	K_{BH}	1,2	1,2
12	Коэффициент отчисления на социальные нужды	K_C	0,3	0,3
13	Цена единицы оборудования	$\Pi_{OB}, руб.$	1300000	2500000
			1000000	
14	Коэффициент расходов на доставку и монтаж	K_{MONT}	0,15	0,175
			0,125	
15	Выручка от реализации изношенного оборудования	$B_{P.OB}, руб.$	115000	125000
16	Эффективный годовой фонд времени работы оборудования	$\Phi_{\varepsilon}, час.$	4000	4000
17	Амортизационные отчисления, годовые	$H_A, \%$	5	6,7
18	Коэффициент на текущий ремонт оборудования	K_P	0,3	0,3
19	Суммарная мощность установленных электродвигателей станка	$M_{\Sigma}, кВт.$	8,2	11,05
			7,3	

Продолжение таблицы 4.1

1	2	3	4	5
20	Коэффициент одновременности работы электродвигателей	K_{OD}	0,8	0,85
			1,0	
21	Коэффициент загрузки электродвигателей по мощности	K_M	0,7	0,8

22	Коэффициент загрузки электродвигателей по времени	K_B	0,6	0,6
23	Коэффициент потерь электроэнергии в сети завода	K_{II}	1,08	1,08
24	Стоимость тарифа оплаты за электроэнергию	$\Pi_{\Sigma}, \text{руб./кВт}$	2,582	2,582
25	КПД станка	$K_{ПД}$	0,9	0,9
26	Цена единицы изготовления инструмента	$\Pi_{II}, \text{руб.}$	280	920
			640	
27	Коэффициент расходов на транспортно-заготовительные операции по доставке инструмента	K_{TP}	1,02	1,02
28	Коэффициент расходов цеховых	$K_{ЦЕХ}$	1,72	1,72
29	Коэффициент расходов заводских	$K_{ЗАВ}$	1,97	1,97
30	Коэффициент расходов внепроизводственных	$K_{ВНП}$	0,003	0,003
31	Коэффициент нормативной эффективности	E_H	0,33	0,33

Продолжение таблицы 4.1

1	2	3	4	5
32	Выручка от реализации изношенного инструмента	$B_{P.II}, \text{руб.}$	56	184
			128	

33	Количество переточек инструмента до полного износа - дисковая фреза : - торцевая фреза :	$H_{ПЕР}$	11 22	11 22
34	Стоимость одной переточки	$C_{ПЕР}, руб.$	184,89 105,26	184,89 105,26
35	Коэффициент учитывающий случайную убыль инструмента	$K_{УБ}$	1,15	1,15
36	Стойкость инструмента между переточками	$T_{И}, час.$	4 2	4 2
37	Цена приспособления	$Ц_{ПР}, руб.$	900 950	1200
38	Коэффициент затрат на ремонт приспособления	$K_{Р.ПР}$	1,5	1,6
39	Выручка от реализации изношенного приспособления	$B_{Р.ПР}, руб.$	180 190	240
40	Количество приспособлений, для производства годовой программы деталей	$H_{ПР}, шт.$	1	1
41	Физический срок службы приспособления	$T_{ПР}, лет.$	3	3
42	Коэффициент загрузки приспособления	$K_З$	0,402	0,7
43	Расход СОЖ	$H_{СМ}, руб.$	1300	1300

Продолжение таблицы 4.1

1	2	3	4	5
---	---	---	---	---

44	Удельный расход воды для охлаждения станка в течении одного часа работы	$Y_B, м^3/час$	0,6	0,6
45	Тариф оплаты за 1м ³ воды	$Ц_B, руб.$	4,479	4,479
46	Удельный расход воздуха за 1 час работы приспособления	$Y_{СЖ}, м^3/час$	0,1	0,1
47	Тариф оплаты за м ³ сжатого воздуха	$Ц_{СЖ}, руб/м^3$	0,279	0,279
48	Площадь, занимаемая одним станком	$P_{УД}, м^2$	2,9 3,25	5,72
49	Коэффициент за дополнительную площадь	$K_{Д.пл.}$	4,5	4,0
50	Стоимость эксплуатации 1м ² площади здания в год	$Ц_{пл}, руб/м^2$	4500	4500
51	Норма обслуживания станков одним наладчиком	$H_{обсл}, ед.$	14	12
52	Материал заготовки		Сталь 40Х	
53	Масса заготовки	$M_з, кг.$	0,26	0,26
54	Вес отходов в стружку	$M_{отхд}, кг.$	0,02	0,02
55	Цена 1кг материала заготовки	$Ц_{мат}, руб/кг$	51,83	51,83
56	Цена 1кг отходов	$Ц_{отх}, руб/кг$	3,94	3,94
57	Коэффициент транспортно-заготовительных расходов	$K_{т.з}$	1,05	1,05

Произведем расчет количества основного технологического оборудования:

$$H_{ОБ.РАСЧ} = \frac{T_{шт} \cdot П_{г}}{\Phi_{э} \cdot 60 \cdot K_{ВН}} \quad (4.1)$$

Базовый вариант:

$$H_{ОБ.РАСЧ} = \frac{0,58 \cdot 200000}{4000 \cdot 60 \cdot 1,2} = 0,402$$

$$H_{ОБ.РАСЧ} = \frac{1,02 \cdot 200000}{4000 \cdot 60 \cdot 1,2} = 0,708$$

Проектный вариант:

$$H_{ОБ.РАСЧ} = \frac{0,829 \cdot 200000}{4000 \cdot 60 \cdot 1,2} = 0,57$$

Примем количество оборудования равное $H_{ОБ}$, т. е. = 1.

Так как количество оборудования равно 1, то коэффициент загрузки равен количеству основного технологического оборудования

$$K_3 = \frac{H_{ОБ.РАСЧ}}{H_{ОБ.ПРИН}} \quad (4.2)$$

т.к. $H_{ОБ.ПРИН} = 1$, то $K_3 = H_{ОБ.РАСЧ}$

Вычислим средний коэффициент загрузки для базового варианта:

$$K_{3.СР} = \frac{\sum_{i=1}^m K_3}{m} \quad (4.3)$$

$$K_{3.СР\ БАЗ} = 0,555$$

4.1. Расчет капитальных вложений

Посчитаем прямые капитальные вложения в основное технологическое оборудование.

$$K_{ОБ} = \sum_1^m H_{ОБ} \cdot Ц_{ОБ} \cdot K_3 \quad (4.4)$$

$$K_{ОБ(БАЗ1)} = (1 \cdot 0,402) \cdot 1300000 = 522600$$

$$K_{ОБ(ПР)} = (1 \cdot 0,57) \cdot 2500000 = 1425000$$

$$K_{ОБ(БАЗ2)} = (1 \cdot 0,708) \cdot 1000000 = 708000$$

Затраты на проектирование

$$З_{ПП} = T_{TP, ПП} \cdot C_{ч. ТЕХ}$$

$$З_{ПП} = 504 \cdot 81,5 = 41076$$

Вычислим затраты на доставку

$$K_M = K_{ОБ} \cdot K_{МОНТ} \quad (4.5)$$

$$K_{M(Б431)} = 522600 \cdot 0,15 = 7839$$

$$K_{M(ПП)} = 1425000 \cdot 0,175 = 24937,5$$

$$K_{M(Б432)} = 708000 \cdot 0,125 = 8850$$

Вычислим затраты на транспортные средства

$$K_{TP} = K_{ОБ} \cdot 0,05 \quad (4.6)$$

$$K_{TP(Б431)} = 522600 \cdot 0,05 = 26130$$

$$K_{TP(ПП)} = 1425000 \cdot 0,05 = 71250$$

$$K_{TP(Б432)} = 708000 \cdot 0,05 = 35400$$

Посчитаем затраты на дорогостоящие приспособления

$$K_{ПП} = \sum_1^m H_{ПП} \cdot Ц_{ПП} \cdot K_3 \quad (4.7)$$

$$K_{ПП(Б431)} = (1 \cdot 0,402) \cdot 900 = 361,89$$

$$K_{ПП(ПП)} = (1 \cdot 0,57) \cdot 1200 = 684$$

$$K_{ПП(Б432)} = (1 \cdot 0,708) \cdot 950 = 672,6$$

Вычислим затраты на режущий инструмент

$$K_{И} = \sum_1^m \frac{Ц_{И} \cdot T_{МАШ} \cdot П_{Г} \cdot K_{УБ}}{T_{И} \cdot (H_{ПЕР} + 1) \cdot 60} \quad (4.8)$$

$$K_{И(Б431)} = \frac{200 \cdot 0,58 \cdot 200000 \cdot 1,15}{4 \cdot (22+1) \cdot 60} = 6766,6$$

$$K_{И(ПП)} = \frac{200 \cdot 0,829 \cdot 200000 \cdot 1,15}{4 \cdot (22+1) \cdot 60} = 6908,33$$

$$K_{И(Б432)} = \frac{640 \cdot 1,02 \cdot 200000 \cdot 1,15}{2 \cdot (11+1) \cdot 60} = 104266$$

$$K_{И(ПП)} = \frac{640 \cdot 0,829 \cdot 200000 \cdot 1,15}{2 \cdot (11+1) \cdot 60} = 84742$$

$$K_{И(Б43)} = K_{И(Б431)} + K_{И(Б432)} = 6766,6 + 104266 = 111032,6$$

$$K_{И(ПП)} = K_{И(ПП1)} + K_{И(ПП2)} = 6908,33 + 84742 = 91650,33$$

Посчитаем затраты на эксплуатацию производственных площадей, используемых под оборудование

$$K_{Э.ПЛ} = \sum_1^m H_{ОБ} \cdot P_{УД} \cdot K_3 \cdot K_{Д.ПЛ} \cdot Ц_{Э.ПЛ} \quad (4.9)$$

$$K_{\text{Э.ПЛ1}} = 0,58 \cdot 2,9 \cdot 1 \cdot 4,5 \cdot 4500 \\ = 34060,5$$

$$K_{\text{Э.ПЛ2}} = 0,829 \cdot 5,72 \cdot 1 \cdot 4 \cdot 4500 \\ = 85353,84$$

$$K_{\text{Э.ПЛ2}} = 1,02 \cdot 3,25 \cdot 1 \cdot 4,5 \cdot 4500 \\ = 67128,75$$

$$K_{\text{Э(ПЛ1)}} = K_{\text{Э(ПЛ.БАЗ1)}} + K_{\text{Э(ПЛ.БАЗ2)}} = \\ = 34060,5 + 67128,75 = 101189,25$$

Вычислим затраты на демонтаж оборудования

$$З_{\text{ДЕМ}} = \sum_{i=1}^m H_{\text{ОБ.ЗАМ}} \cdot Ц_{\text{ОБ}} \cdot 0,1 \quad (4.10)$$

$$З_{\text{ДЕМ(БАЗ)}} = (1300000 + 1000000) \cdot 0,1 = \\ = 230000$$

Посчитаем выручку от реализации демонтированного оборудования

$$В_{\text{РЕАЛ}} = \sum_{i=1}^m H_{\text{ОБ.ЗАМ}} \cdot Ц_{\text{ОБ}} \cdot 0,05 \quad (4.11)$$

$$В_{\text{РЕАЛ(БАЗ)}} = (1300000 + 1000000) \cdot 0,05 = \\ = 115000$$

Вычислим капитальные вложения

$$K_{\text{СОП}} = З_{\text{ПР}} + K_{\text{М}} + K_{\text{ТР}} + K_{\text{ПР}} + K_{\text{И}} + \\ + K_{\text{Э.ПЛ}} + З_{\text{ДЕМ}} - В_{\text{РЕАЛ}} \quad (4.12)$$

$$K_{\text{СОП БАЗ}} = (7839 + 8850) + (2613 + \\ 3540) + 1034,49 + 111032,6 + \\ + 101189,25 = 236098,34$$

$$K_{\text{СОП ПР}} = 41076 + 24937,5 + 7125 + \\ + 684 + 91650,33 + 85353,84 + 230000 - \\ - 115000 = 365826,67$$

Общие капитальные вложения

$$K_{\text{ОБЩ}} = K_{\text{ОБ}} + K_{\text{СОП}} \quad (4.13)$$

$$K_{\text{ОБЩ БАЗ}} = (522600 + 708000) + 236098,34 \quad K_{\text{ОБЩ ПР}} = 1425000 + 365826,67 \\ = 1466698,34 \quad = 1790826,67$$

Удельные капитальные вложения

$$K_{\text{УД}} = \frac{K_{\text{ОБЩ}}}{П_{\Gamma}} \quad (4.14)$$

$$K_{\text{УД БАЗ}} = \frac{1466698,34}{200000} = 7,333$$

$$K_{\text{УД ПР}} = \frac{1790826,67}{200000} = 8,954$$

4.2. Расчет технологической себестоимости

Произведем расчет материалов на заготовку

$$M = M_3 \cdot C_{MAT} \cdot K_{T3} - M_{OTX} \cdot C_{OTX}$$

$$M = 0,26 \cdot 51,83 \cdot 1,05 - 0,02 \cdot 3,94 = 14,07$$

Посчитаем основную заработную плату рабочих операторов для массового и крупносерийного производства

$$З_{ПЛ.ОП} = \frac{\sum_1^m P_{ОБЩ} \cdot C_ч \cdot \Phi_{ЭР} \cdot K_{3.СР}}{П_Г} \cdot K_У \cdot K_{ПФ} \cdot K_{ПР} \cdot K_Д \cdot K_{ВН} \cdot K_Н$$

(4.15)

$$З_{ПЛ.ОП.БАЗ} = \frac{4 \cdot 66,71 \cdot 1731 \cdot 0,71}{200000} \cdot 1,08 \cdot 1,14 \cdot 1,12 \cdot 1,2 \cdot 1,08 \cdot 1,076 = 3,15$$

$$З_{ПЛ.ОП.ПР} = \frac{3 \cdot 66,71 \cdot 1731 \cdot 0,575}{200000} \cdot 1,12 \cdot 1,14 \cdot 1,12 \cdot 1,2 \cdot 1,08 \cdot 1,076 = 1,99$$

Посчитаем основную заработную плату наладчиков

$$З_{ПЛ.Н} = \frac{C_{ЧН} \cdot \Phi_{ЭР} \cdot H_{ОБ.ОБЩ} \cdot K_{3.СР}}{П_Г \cdot H_{ОБСЛ}} \cdot K_У \cdot K_{ПФ} \cdot K_{ПР} \cdot K_Д \cdot K_Н \quad (4.16)$$

$$З_{ПЛ.Н.БАЗ} = \frac{79,89 \cdot 1731 \cdot 2 \cdot 0,555}{200000 \cdot 14} \cdot 1,08 \cdot 1,14 \cdot 1,12 \cdot 1,08 \cdot 1,076 = 0,09$$

$$З_{ПЛ.Н.ПР} = \frac{93,81 \cdot 1731 \cdot 1 \cdot 0,57}{200000 \cdot 12} \cdot 1,12 \cdot 1,14 \cdot 1,12 \cdot 1,08 \cdot 1,076 = 0,06$$

Произведем расчет суммы начислений на заработную плату

$$H_{ЗПЛ} = (З_{ПЛ.ОП} + З_{ПЛ.Н}) \cdot K_С \quad (4.17)$$

$$H_{ЗПЛ.БАЗ} = (3,15 + 0,09) \cdot 0,3 = 0,972$$

$$H_{ЗПЛ.ПР} = (1,99 + 0,06) \cdot 0,3 = 0,615$$

Вычислим расходы на текущий ремонт оборудования

$$P_{Р.ОБ} = \frac{\sum_1^m (C_{ОБ} \cdot K_{МОИТ} - B_{Р.ОБ}) \cdot H_{ОБ} \cdot K_3}{\Phi_Э \cdot 60 \cdot K_{ВН}} \cdot K_Р \quad (4.18)$$

$$P_{Р.ОБ.БАЗ1} = \frac{(1300000 \cdot 1,15 - 65000) \cdot 0,402 \cdot 1 \cdot 0,3}{4000 \cdot 60 \cdot 1,2} = 0,6$$

$$P_{P.OБ.БАЗ 2} = \frac{(1000000 \cdot 1,125 - 50000) \cdot 0,708 \cdot 1 \cdot 0,3}{4000 \cdot 60 \cdot 1,2} = 0,8$$

$$P_{P.OБ.БАЗ} = 0,6 + 0,8 = 1,4$$

$$P_{P.OБ.ПР} = \frac{(2500000 \cdot 1,175 - 125000) \cdot 0,57 \cdot 1 \cdot 0,3}{4000 \cdot 60 \cdot 1,2} = 1,65$$

Расходы на амортизацию

$$P_A = \frac{\sum_1^m (\Pi_{ОБ} \cdot K_{МОНТ} - B_{P.OБ}) \cdot H_{ОБ} \cdot K_3}{\Phi_{Э} \cdot 60 \cdot K_{ВН} \cdot 100} \cdot H_A \quad (4.19)$$

$$P_{A.БАЗ 1} = \frac{(1300000 \cdot 1,15 - 65000) \cdot 0,402 \cdot 5}{4000 \cdot 60 \cdot 1,2 \cdot 100} = 0,099$$

$$P_{A.БАЗ 2} = \frac{(1000000 \cdot 1,125 - 125000) \cdot 0,708 \cdot 5}{4000 \cdot 60 \cdot 1,2 \cdot 100} = 0,132$$

$$P_{A.БАЗ} = 0,099 + 0,132 = 0,231$$

$$P_{АПР} = \frac{(2500000 \cdot 1,175 - 125000) \cdot 0,57 \cdot 6,7}{4000 \cdot 60 \cdot 1,2 \cdot 100} = 0,369$$

Вычислим расходы на технологическую энергию

$$P_{Э} = \frac{\sum_1^m M_y \cdot T_{МАШ}}{КПД \cdot 60} \cdot K_{ОД} \cdot K_M \cdot K_B \cdot K_{П} \cdot \Pi_{Э}$$

(4.20)

$$P_{Э.БАЗ 1} = \frac{8,2 \cdot 0,122}{0,9 \cdot 60} \cdot 0,8 \cdot 0,7 \cdot 0,6 \cdot 1,08 \cdot 2,582 = 0,017$$

$$P_{Э.БАЗ 2} = \frac{7,3 \cdot 0,371}{0,9 \cdot 60} \cdot 1 \cdot 0,7 \cdot 0,6 \cdot 1,08 \cdot 2,582 = 0,059$$

$$P_{Э.БАЗ} = 0,099 + 0,132 = 0,231$$

$$P_{Э.ПР} = \frac{11,05 \cdot 0,232}{0,9 \cdot 60} \cdot 0,85 \cdot 0,8 \cdot 0,6 \cdot 1,08 \cdot 2,582 = 0,054$$

Посчитаем расходы на содержание и эксплуатацию приспособлений

$$P_{ПР} = \sum_1^m \frac{(\Pi_{ПР} \cdot K_{P.ПР} - B_{P.ПР}) \cdot H_{ПР} \cdot K_3}{T_{ПР} \cdot \Pi_{Г}} \quad (4.21)$$

$$P_{\text{ПР.БАЗ1}} = \frac{(900 \cdot 1,5 - 180) \cdot 180 \cdot 0,402}{200000 \cdot 3} = 0,14$$

$$P_{\text{ПР.БАЗ2}} = \frac{(950 \cdot 1,5 - 190) \cdot 190 \cdot 0,708}{200000 \cdot 3} = 0,277$$

$$P_{\text{ПР.БАЗ}} = 0,14 + 0,277 = 0,417$$

$$P_{\text{ПР.ПР}} = \frac{(1200 \cdot 1,6 - 240) \cdot 240 \cdot 0,57}{200000 \cdot 3} = 0,383$$

Вычислим расход на инструмент

$$P_{\text{И}} = \sum_1^m \frac{((C_{\text{И}} \cdot K_{\text{ТР}} - B_{\text{Р.И}}) \cdot K_{\text{УБ}} + C_{\text{ПЕР}}) \cdot T_{\text{МАШ}}}{T_{\text{И}} \cdot (H_{\text{ПЕР}} + 1) \cdot 60} \quad (4.22)$$

$$P_{\text{И.БАЗ}} = \frac{((280 \cdot 1,02 - 56) \cdot 1,15 - 184,89) \cdot 0,122}{4 \cdot 12 \cdot 60} +$$

$$+ \frac{((640 \cdot 1,02 - 128) \cdot 1,15 - 105,26) \cdot 0,371}{2 \cdot 23 \cdot 60} = 0,019 + 0,095 = 0,114$$

$$P_{\text{И.ПР}} = \frac{((280 \cdot 1,02 - 56) \cdot 1,15 - 184,89) \cdot 0,232}{4 \cdot 12 \cdot 60} +$$

$$+ \frac{((640 \cdot 1,02 - 128) \cdot 1,15 - 105,26) \cdot 0,232}{2 \cdot 23 \cdot 60} = 0,036 + 0,059 = 0,095$$

Вычислим затраты на СОЖ и смазочные материалы

$$P_{\text{СМ}} = \frac{\sum_1^m H_{\text{ОБ}} \cdot K_3}{\Pi_{\Gamma}} \cdot H_{\text{СМ}} \quad (4.23)$$

$$P_{\text{СМ.БАЗ1}} = \frac{0,402 \cdot 1 \cdot 1300}{200000} = 0,003$$

$$P_{\text{СМ.БАЗ2}} = \frac{0,708 \cdot 1 \cdot 1300}{200000} = 0,005$$

$$P_{\text{СМ.БАЗ}} = 0,003 + 0,005 = 0,008$$

$$P_{\text{СМ.ПР}} = \frac{0,57 \cdot 1 \cdot 1300}{200000} = 0,004$$

Вычислим затраты на воду технологическую

$$P_{\text{В}} = \frac{\sum_1^m H_{\text{ОБ}} \cdot K_3 \cdot \Phi_{\text{Э}}}{\Pi_{\Gamma}} \cdot V_{\text{В}} \cdot C_{\text{В}} \quad (4.24)$$

$$P_{B.БАЗ1} = \frac{0,402 \cdot 1 \cdot 4000 \cdot 0,6 \cdot 4,479}{200000} = 0,022$$

$$P_{B.БАЗ2} = \frac{0,708 \cdot 1 \cdot 4000 \cdot 0,6 \cdot 4,479}{200000} = 0,038$$

$$P_{B.БАЗ} = 0,022 + 0,038 = 0,06$$

$$P_{B.ПР} = \frac{0,57 \cdot 1 \cdot 4000 \cdot 0,6 \cdot 4,479}{200000} = 0,031$$

Вычислим затраты на сжатый воздух

$$P_{CЖ} = \frac{\sum_1^m H_{OB} \cdot K_3 \cdot \Phi_3}{\Pi_{\Gamma}} \cdot Y_{CЖ} \cdot Ц_{CЖ}$$

(4.25)

$$P_{CЖ.БАЗ1} = \frac{0,402 \cdot 4000 \cdot 0,1 \cdot 0,279}{200000} = 0,0002$$

$$P_{CЖ.БАЗ2} = \frac{0,708 \cdot 4000 \cdot 0,1 \cdot 0,279}{200000} = 0,0004$$

$$P_{CЖ.БАЗ} = 0,0002 + 0,0004 = 0,0006$$

$$P_{CЖ.ПР} = \frac{0,57 \cdot 4000 \cdot 0,1 \cdot 0,279}{200000} = 0,0003$$

Посчитаем затраты на содержание производственных площадей и их эксплуатацию

$$P_{ПЛ} = \frac{\sum_1^m H_{OB} \cdot P_{уд} \cdot K_3 \cdot K_{д.ПЛ}}{\Pi_{\Gamma}} \cdot Ц_{э.ПЛ} \quad (4.26)$$

$$P_{ПЛ.БАЗ1} = \frac{0,402 \cdot 2,9 \cdot 4,5 \cdot 4500}{200000} = 0,118$$

$$P_{ПЛ.БАЗ2} = \frac{0,708 \cdot 3,25 \cdot 4,5 \cdot 4500}{200000} = 0,233$$

$$P_{ПЛ.БАЗ} = 0,118 + 0,233 = 0,351$$

$$P_{ПЛ.БАЗ2} = \frac{0,57 \cdot 5,72 \cdot 4 \cdot 4500}{200000} = 0,293$$

Вычислим сумму итогов по эксплуатации и содержанию

$$P_{Э.ОБ} = P_{P.ОБ} + P_A + P_{Э} + P_{ПР} + P_{И} + P_{СМ} + P_B + P_{CЖ} + P_{ПЛ} + P_{У.ПР} \quad (4.27)$$

$$P_{\text{Э.ОББАЗ}} = 1,4 + 0,231 + 0,076 + 0,417 + 0,008 + 0,06 + 0,0006 + 0,351 = 2,6576$$

$$P_{\text{Э.ОБПР}} = 1,65 + 0,369 + 0,054 + 0,383 + 0,095 + 0,004 + 0,031 + 0,0003 + 0,293 = 2,8793$$

Таблица 4.2. Подсчет стоимости обработки детали по базовому и проектному варианту

№	Статьи затрат	Затраты, руб.		Изменения +/-
		Базовый	Проект	
1	Материалы за вычетом отходов: M	14,07	14,07	
2	Основная заработная плата рабочих операторов: $З_{\text{ПЛ.ОСН}} = З_{\text{ПЛ.ОП}} + З_{\text{ПЛ.НАЛ}}$	3,24	2,05	-1,19
3	Начисления на заработную плату: $H_{\text{З.ПЛ}}$	0,972	0,615	-0,357
4	Расходы на содержание и эксплуатацию оборудования: $P_{\text{Э.ОБ}}$	2,6576	2,8793	+0,222
	Итого технологическая себестоимость: $C_{\text{ТЕХ}} = M + З_{\text{ПЛ.ОСН}} + H_{\text{З.ПЛ}} + P_{\text{Э.ОБ}}$	20,9396	19,6143	-1,325
5	Общехововые накладные расходы: $P_{\text{ЦЕХ}} = З_{\text{ПЛ.ОСН}} \cdot K_{\text{ЦЕХ}}$	5,5728	3,526	-2,047
	Итого цеховая себестоимость: $C_{\text{ЦЕХ}} = C_{\text{ТЕХ}} + P_{\text{ЦЕХ}}$	26,5124	23,1403	-3,372
6	Заводские накладные расходы: $P_{\text{ЗАВ}} = З_{\text{ПЛ.ОСН}} \cdot K_{\text{ЗАВ}}$	6,3828	4,0385	-2,344
	Итого заводская себестоимость $C_{\text{ЗАВ}} = C_{\text{ЦЕХ}} + P_{\text{ЗАВ}}$	32,8952	27,1788	-5,716
7	Внепроизводственные расходы $P_{\text{ВН}} = C_{\text{ЗАВ}} \cdot K_{\text{ВНП}}$	0,0987	0,0815	-0,017
	Всего полная себестоимость $C_{\text{ПОЛ}} = C_{\text{ЗАВ}} + P_{\text{ВН}}$	32,99	27,26	-5,73

4.3. Расчет приведенных затрат

Посчитаем приведенные затраты на единицу детали:

$$З_{\text{ПР.ЕД}} = C_{\text{ПОЛ}} + E_H \cdot K_{\text{УД}} \quad (4.28)$$

$$З_{\text{ПР.ЕД.БАЗ}} = 32,99 + 0,33 \cdot 7,333 = 35,41 \text{ руб}$$

$$З_{ПР.ЕД.ПР} = 27,26 + 0,33 \cdot 8,954 = 30,21 \text{ руб}$$

Произведем расчет годовых приведенных затрат:

$$З_{ПР.ГОД} = З_{ПР.ЕД} \cdot П_{Г} \quad (4.29)$$

$$З_{ПР.ГОД.БАЗ} = 35,41 \cdot 200000 = 7081978 \text{ руб}$$

$$З_{ПР.ГОД.ПР} = 30,21 \cdot 200000 = 6042964 \text{ руб}$$

Из рассчитанных вариантов, проектируемым считается тот, в котором приведенные затраты на единицу изделия составляют наименьшую величину. В нашем случае в проектном варианте приведенные затраты на единицу изделия, наименьшие.

4.4. Расчет показателей экономической эффективности

$$П_{ОЖ} = Э_{УГ} = (C_{ПОЛ(БАЗ)} - C_{ПОЛ(ПР)}) \cdot П_{Г} = 1146000 \text{ руб} \quad (4.30)$$

$$Н_{ПРИБ} = П_{ОЖ} \cdot K_{НАЛ} = 1146000 \cdot 0,2 = 229200 \text{ руб} \quad (4.31)$$

$$П_{ЧИСТ} = П_{ОЖ} - Н_{ПРИБ} = 1146000 - 229200 = 916800 \text{ руб} \quad (4.32)$$

$$T_{ОК.РАСЧ} = \frac{K_{ОБЩ}}{П_{ЧИСТ}} + 1, \text{ год} = (1790826,7 / 916800) + 1 = 2,95 \text{ года} \quad (4.33)$$

$$Д_{ДИСК.ОБЩ} = П_{ЧИСТ.ДИСК}(T) = \sum_1^T П_{ЧИСТ} \cdot \frac{1}{(1+E)^t} \quad (4.34)$$

$$Д_{ОБЩ.ДИСК} = П_{ЧИСТ.ДИСК}(T) = 916800 \cdot (0,869 + 0,756 + 0,657) = 2093260,8 \text{ руб}$$

$$Э_{ИНТ} = ЧДД = Д_{ОБЩ.ДИСК} - K_{ВВ.ПР} = 2093260,8 - 1790826,67 = 302434,13 \text{ руб} \quad (4.35)$$

$$ИД = \frac{D_{ОБЩ.ДИСК}}{K_{ВВ.ПР}}, руб. \cdot руб. \quad (4.36)$$

$$ИД = \frac{2093260,8}{1790826,67} = 1,169$$

Таблица 4.3. Техничко-экономические показатели эффективности проекта

№	Наименование показателей	Условное обозначение, единица измерения	Значение показателей	
			Баз.	Пр.
1	2	3	4	5
Технические параметры проекта				
1.	Количество оборудования	$C_{ПР.ОБЩ.шт}$	2	1
2.	Средний коэффициент загрузки оборудования	$K_{З.СР}$	0,555	0,57
Экономические показатели проекта				
1.	Годовая программа выпуска	$П_{Г.шт}$	200000	
2.	Себестоимость единицы изделия	$C_{ПОЛ.руб}$	32,99	27,26
3.	Капитальные вложения в проект	$K_{ВВ.ПР.руб}$	1466698,34	1790826,67
4.	Приведенные затраты на единицу изделия	$З_{ПР.ЕД.руб}$	35,41	30,21
5.	Чистая ожидаемая прибыль	$П_{ЧИСТ.руб}$	916800	
6.	Налог на прибыль	$Н_{ПРИБ.руб}$	229200	
7.	Срок окупаемости инвестиций	$T_{ОК.лет}$	2,95	
8.	Интегральный экономический эффект	$\mathcal{E}_{ИНТ} = ЧДД, руб$	302434,13	
9.	Индекс доходности	$ИД, руб / руб$	1,169	

Вывод: расчеты проведенные по экономической части проекта доказывают целесообразность предлагаемых совершенствований связанных с проектированием специального фрезерного станка для объединения выполнения технологических операций фрезерования вилки карданной.

5. БЕЗОПАСНОСТЬ И ЭКОЛОГИЧНОСТЬ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБЪЕКТА.

Основным требованием охраны труда, предъявляемыми при проектировании машин и механизмов, является: безопасность для человека, надежность и удобство эксплуатации.

Безопасность оборудования обеспечивается правильным выбором принципов его действия, кинематических схем, конструкционных решений (в том числе форм корпусов, сборочных единиц и деталей), рабочих тел, параметров рабочих процессов, использованием различных средств защиты. Последние по возможности должны вписываться в конструкцию машин и агрегатов.

Все применяющиеся в машиностроении средства защиты работающие по принципу действия можно разделить на оградительные, предохранительные, блокирующие, сигнализирующие.

Оградительные средства защиты препятствуют появлению человека в опасной зоне. Применяются для изоляции систем привода машин и агрегатов, зон обработки заготовок, для ограждения токоведущих частей и т.д. Оградительные устройства делятся на три основные группы: стационарные, подвижные и переносные. Ограждения должны быть достаточно прочными и хорошо крепиться к фундаменту или частям машины.

В проектируемом мною станке применены стационарные и подвижные оградительные устройства. Стационарные ограждения не пропускают руки работающего в зону обработки, а пропускают только лишь обрабатываемую

деталь. Подвижное ограждение представляет собой устройство, заблокированное с рабочими органами механизма или машины. Оно закрывает доступ в рабочую зону при наступлении опасного момента.

Предохранительные защитные средства предназначены для автоматического отключения агрегатов и машин при выходе какого-либо параметра оборудования за пределы допустимых значений, что исключает аварийные режимы работы. Важную роль в обеспечении безопасной эксплуатации, ремонта и обслуживания играет тормозная техника, позволяющая быстро останавливать валы шпиндели и прочие элементы. Одним из видов предохранительных средств являются слабые звенья в конструкциях технологического оборудования, рассчитанные на разрушения при перегрузках. Срабатывание слабого звена приводит к останову машины при аварии. В данном проектируемом станке применены следующие средства: стопорный тормоз для быстрого останова вала и фрикционная муфта, а также срезные шпонки.

5.1. Конструктивно-технологическая характеристика объекта

Агрегатными называются специальные станки, которые состоят из нормализованных деталей и узлов (агрегатов).

Такие станки используют для многоинструментальной обработки заготовок деталей (чаще корпусных) в условиях крупносерийного и массового производства. Они нашли широкое применение на заводах, изготавливающих автомобили и сельскохозяйственные машины.

На агрегатных станках производится сверление, растачивание, нарезание резьбы и реже фрезерование плоскостей. В последнее время появились агрегатные станки, выполняющие элементарные сборочные работы.

Агрегатные станки могут работать как самостоятельная станочного парка или входить в состав поточных и автоматических линий с единым транспортом.

Таблица 5.1. Технологический паспорт объекта

№ п/п	Технологический процесс	Технологическая операция, вид выполняемых работ	Наименование должности работника, выполняющего технологический процесс, операцию	Оборудование устройство, приспособление	Материалы, вещества
1	Фрезерование	Универсально-фрезерная операция	16045 9 Оператор станков с ПУ	Специальный фрезерный станок	Сталь 40Х, СОЖ

5.2. Идентификация производственно-технологических и эксплуатационных профессиональных рисков

Таблица 5.2. Идентификация профессиональных рисков

№ п/п	Производственно-технологическая и/или эксплуатационно-технологическая операция, вид	Опасный и /или вредный производственный фактор	Источник опасного и /или вредного производственного фактора
------------------	--	---	--

	выполняемых работ		
1	2	3	4
1	Фрезерная операция	Физический опасный фактор: Движущиеся машины и механизмы; подвижные части	Специальный фрезерный станок

Продолжение таблицы 5.2

1	2	3	4
		производственного оборудования; повышенная загазованность воздуха рабочей зоны; повышенная температура поверхностей оборудования, материалов; повышенный уровень шума на рабочем месте Химический опасный фактор: Смазочно-охлаждающие жидкости; Психофизиологические опасные факторы: Усталость оператора на рабочем месте; монотонный труд; динамические нагрузки	

5.3. Методы и технические средства снижения профессиональных рисков

В целях частичного снижения или полного устранения опасного и/или вредного производственного фактора необходимо подобрать оптимальные организационно-технические методы и технические средства (способы, устройства) защиты.

Таблица 5.3. Методы и средства снижения воздействия опасных и вредных производственных факторов

№ п/п	Опасный и / или вредный производственный фактор	Организационные методы и технические средства защиты, снижения, устранения опасного и / или вредного производственного фактора	Средства индивидуальной защиты работника
1	2	3	4
1	Движущиеся машины и механизмы	Соблюдение правил техники безопасности выполнения работ, блокираторы, отсекатели, ограждения	Каска защитная ГОСТ 12.4.207-99, очки защитные ГОСТ 12.4.253-2013, маска защитная
2	Подвижные части производственного оборудования; передвигающиеся изделия, заготовки	Ограждение оборудования, выделение с помощью окрашивания в яркий цвет подвижных частей оборудования	Закрытый комбинезон ГОСТ Р 50962-96, очки защитные
3	Повышенная запыленность и	Применение приточно-	Респиратор ГОСТ Р

	загазованность воздуха рабочей зоны	вытяжной вентиляции	22.9.14-2014
4	Повышенная температура поверхностей оборудования, материалов	Ограждение оборудования, личные средства защиты персонала	Перчатки, защитная маска, очки

Продолжение таблицы 5.3

1	2	3	4
5	Повышенный уровень шума на рабочем месте	Наладка и модернизация оборудования и техоснастки, улучшение техпроцесса	Беруши, наушники ГОСТ Р 12.4.209-99
6	Смазочно-охлаждающие жидкости	Ограждение оборудования, личные средства защиты персонала	Уборные комнаты для мытья рук со специальными средствами дезинфекции и нейтрализации опасных химических веществ
7	Усталость оператора на рабочем месте	Наличие установленных перерывов в рабочем процессе для отдыха персонала	Наличие комнат/зон отдыха персонала, учет времени работы
8	Монотонный труд		Составление графиков работ подразумевающих

			работу на различном оборудовании. Наличие ярких предупреждающих знаков на оборудовании.
9	Динамические нагрузки	Наличие стула на рабочем месте	

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

Пожарная безопасность

Пожары на промышленных предприятиях возникают в большинстве случаев от неисправностей технологического оборудования, электроустановок, защитных приборов, неосторожного обращения с огнем обслуживающего персонала и нарушений правил пожарной безопасности при проведении работ.

Самыми распространенными источниками зажигания на промышленных предприятиях являются:

- искры при коротком замыкании (возникает при неправильном подборе и монтаже электросетей, износе, старения и повреждения изоляции электропроводов и оборудования);
- искровые разряды статического электричества и т.п.;
- теплота выделяющаяся при перегрузках электрических сетей, машин и аппаратов, больших переходных сопротивлений.

Возникновение пожара можно предотвратить путем проведения инженерно технических мероприятий при проектировании и эксплуатации

технологического оборудования, энергетических установок, а также соблюдением правил пожарной безопасности.

Устранить возможные причины возникновения пожара можно исключением, где это осуществимо, образования горючей среды, а также предупреждением появления тепловых источников (трущиеся поверхности без смазки, нагревание масла в редукторах), способных воспламенить эту среду.

В цехах и на участках необходимо применять приборы и аппараты автоматического контроля, управления, регулирования и защиты (датчики температуры, регуляторы, огнетушители и т.д.), которые влияют на снижение пожарной безопасности в производстве.

Большое значение для устранения причин возникновения пожаров имеет четко организованное проведение противопожарного инструктажа и занятий по пожарно-техническому минимуму с рабочими и служащими предприятия.

Таблица 5.4 - Идентификация классов и опасных факторов пожара.

№ п/п	Участок, подразде ление	Оборудова ние	Класс пожара	Опасные факторы пожара	Сопутствующие проявления факторов пожара
1	Участок механичес кой обработки	Специальн ый фрезерный станок	Пожары связанные с горением установок и оборудования, находящихся под электрическим напряжением	Пламя и искры	Замыкание высокого электрического напряжения на электропровода щих частях технологических установок, оборудований,

			(Е)		агрегатов, изделий и иного имущества
--	--	--	-----	--	--

Таблица 5.5 - Технические средства обеспечения пожарной безопасности.

Тип технического средства	Наименования технических средств
Первичные средства пожаротушения	Огнетушители, внутренние пожарные краны, ящики с песком
Мобильные средства пожаротушения	Пожарные автомобили, пожарные лестницы
Стационарные установки системы пожаротушения	Оборудование для пенного пожаротушения
Средства пожарной автоматики	Приборы приемно-контрольные пожарные, технические средства оповещения и управления эвакуацией пожарные
Пожарное оборудование	Напорные пожарные рукава, рукавные разветвления
Средства индивидуальной защиты и спасения людей при пожаре	Веревки пожарные, карабины пожарные, респираторы, противогазы
Пожарный инструмент	Ломы, багры, топоры, лопаты, комплект диэлектрический
Пожарные сигнализация, связь и оповещение	Автоматические извещатели

--	--

5.4.1. Организационные (организационно-технические) мероприятия по предотвращению пожара

В данном разделе разрабатываются организационные (организационно-технические) мероприятия по предотвращению возникновения пожара или опасных факторов способствующих возникновению пожара.

Таблица 5.6 – Организационные (организационно-технические) мероприятия по обеспечению пожарной безопасности

Наименование технологического процесса, оборудования технического объекта	Фрезерная операция Специальный фрезерный станок
Наименование видов реализуемых организационных (организационно-технических) мероприятий	Контроль за правильной эксплуатацией оборудования, содержание в исправном состоянии оборудования, проведение инструктажа по пожарной опасности, применение автоматических устройств обнаружения, оповещения и тушения пожаров
Предъявляемые требования по обеспечению пожарной безопасности, реализуемые эффекты	Проведение противопожарных инструктажей, запрет на курение и применение открытого огня в недозволенных местах, соблюдение мер пожарной безопасности при проведении огневых работ, применение средств пожаротушения, применение средств

	пожарной сигнализации и средств извещения о пожаре
--	---

5.5 Обеспечение экологической безопасности рассматриваемого технического объекта

В данном разделе проводится идентификация негативных (вредных, опасных) экологических факторов, возникающих при реализации технологического процесса. Разрабатываются конкретные технические и организационно-технические мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия на окружающую среду производим данным техническим объектом в процессе его производства, технической эксплуатации и конечной утилизации по завершению его жизненного цикла.

5.5.1 По виду реализуемого производственно-технологического процесса, и осуществляемой функциональной эксплуатацией техническим объектом - необходимо провести идентификацию негативных экологических факторов, результаты которой отражены в таблице 5.8.

Таблица 5.7 – Идентификация экологических факторов технического объекта

Наименование технического объекта, технологического процесса	Фрезерование
Структурные составляющие технического объекта, технологического процесса (производственного здания или сооружения по функциональному назначению, технологические операции, оборудование), энергетическая установка транспортное средство и т.п.	Специальный фрезерный станок
Воздействие технического объекта на атмосферу (вредные и опасные выбросы в окружающую среду)	Пыль металлическая

Воздействие технического объекта на гидросферу (образующие сточные воды, забор воды из источников водоснабжения)	Взвешенные вещества, СОЖ
Воздействие технического объекта на литосферу (почву, растительный покров, недра)	Основная часть отходов хранится в металлических контейнерах емкостью 1,0 м ³

5.5.2 Разработка мероприятий по снижению негативного антропогенного воздействия на окружающую среду рассматриваемого технического объекта (дипломного проекта) согласно нормативных документов.

Таблица 5.8 – Разработанные организационно-технические мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия технического объекта на окружающую среду.

Наименование технического объекта, технологического процесса	Фрезерование
Мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия на атмосферу	Применение «сухих» механических пылеуловителей.
Мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия на гидросферу	Переход предприятия на замкнутый цикл водоснабжения.

Мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия на литосферу	Соблюдении правил хранения, периодичности вывоза отходов на захоронение.
---	--

5.6 Заключение по разделу «Безопасность и экологичность технического объекта»

В разделе «Безопасность и экологичность технического объекта» приведена характеристика технологического процесса обработки отверстий детали типа «вилка карданная», перечислены технологические операции, должности работников, производственно-техническое и инженерно-техническое оборудование, применяемые сырьевые технологические и расходные материалы, комплектующие изделия и производимые изделия.

Проведена идентификация профессиональных рисков по осуществляемому технологическому процессу обработки отверстий детали типа «вилка карданная», выполняемым технологическим операциям, видам производимых работ.

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

Разработаны мероприятия по обеспечению пожарной безопасности технического объекта. Проведена идентификация класса пожара и опасных факторов пожара и разработка средств, методов и мер обеспечения пожарной

безопасности. Разработаны средства, методы и меры обеспечения пожарной безопасности. Разработаны мероприятия по обеспечению пожарной безопасности на техническом объекте.

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

Раздел был разработан с использованием литературы - Горина, Л. Н. Раздел выпускной квалификационной работы «Безопасность и экологичность технического объекта». Уч.-методическое пособие. / Л. Н. Горина - Тольятти: изд-во ТГУ, 2016. – 33 с. [18]

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате выполнения дипломной работы была решена актуальная инженерная задача – спроектирован специальный фрезерный станок для механической обработки изделий.

Применение такого станка позволяет использовать оптимизированную структурную схему построения металлообрабатывающего оборудования. Набор модулей, из которых komponуется специальный фрезерный станок, позволяет обеспечивать заданную производительность в условиях поточного серийного выпуска продукции, а также обеспечивает достаточную гибкость (возможность переналадки при смене производственной номенклатуры).

Выполнены все необходимые инженерные расчеты, на основании которых разработаны компоновочные схемы, а также рабочие и сборочные чертежи станка. Расчетная часть выполнялась с использованием актуальных и адекватных инженерных методик. В технологической части проекта представлены аналитические расчеты на основные операции технологического процесса изготовления деталей с использованием спроектированного станка.

Представлено экономическое обоснование предлагаемых в проекте технических решений. Данные расчетов говорят о целесообразности внедрения в действующее производство предлагаемых технических решений.

Также предложены и обеспечены мероприятия по инженерной защите охраны труда и окружающей среды при работе проектируемого станка.

Считаю что цель, поставленная в момент проектирования достигнута, и решены инженерные задачи для достижения этой цели.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Кочергин, А.И. Конструирование и расчет металлорежущих станков и станочных комплексов [Текст] Курсовое проектирование: Учеб. Пособие для вузов. - Мн. : Выш. шк., 1991, - 382с.: ил.
2. Проников, А.С. Проектирование металлорежущих станков и станочных комплексов : справ.-учеб. : в 3 т. [Текст] / А. С. Проников; под общей ред. А. С. Проникова . — М. :Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана.
3. Чернавский, С.А. Проектирование механических передач. М. : Машиностроение,1976. - 597с.
4. Анурьев, В.И., Справочник конструктора-машиностроителя: в 3-х т. Т.2 — 9-е изд., перераб. и доп. [Текст] / под ред. И.Н. Жестковой. - М. : Машиностроение, 2006. - 960 с.
5. Дунаев, П.Ф., Леликов, О.П., Конструирование узлов и деталей машин [Текст] : Учеб. пособие для техн. спец. вузов. - 5-е изд., перераб. и доп. - М. : Высш.шк., 1998.-447 с., ил.
6. Решетов, Д.Н. Детали машин: Учебник для студентов машиностроительных и механических специальностей вузов. [Текст] – 4-е изд., пере-

раб. и доп. – М. : Машиностроение, 1989. – 496 с.: ил.

7. Справочник технолога машиностроителя. В 2-х т. – Т. 2 [Текст] (Под ред. Косиловой А.Г., 4-е изд., перераб. и доп. – М. : Машиностроение, 1985, 496 с., ил.).

8. Горбачев, А.Ф. К 79 Курсовое проектирование по технологии машиностроения. [Текст] Минск, «Вышэйш. Школа», 1975, 288 с., ил.

9. Меламед, Г. И. Агрегатные станки [Текст] / Г.И. Меламед, В.Д. Цветков, Д.С. Айзман. - М. : Машиностроение, 1964. - 423 с.

10. Колев, Н.С. Металлорежущие станки. Учебное пособие для вузов. [Текст] / Н.С. Колев - М. Машиностроение, 1980-500с.

11. Блюменштейн В. Ю. Проектирование технологической оснастки : учеб. пособие для вузов [Текст] / В. Ю. Блюменштейн, А. А. Клепцов. - Изд. 3-е, стер. ; гриф УМО. - Санкт-Петербург : Лань, 2014. - 219 с.

12. Горохов В. А. Проектирование технологической оснастки : учеб. для вузов [Текст] / В. А. Горохов, А. Г. Схиртладзе, И. А. Коротков. - Гриф УМО. - Старый Оскол : ТНТ, 2010. - 431 с.

13. Справочник технолога-машиностроителя. В 2 т. Т. 1 [Текст] / А. М. Дальский [и др.] ; под ред. А. М. Дальского [и др.]. - 5-е изд., испр. - Москва : Машиностроение-1, 2003. - 910 с.

14. Справочник технолога-машиностроителя. В 2 т. Т. 2 [Текст] / А. М. Дальский [и др.] ; под ред. А. М. Дальского [и др.]. - 5-е изд., испр. - Москва : Машиностроение-1, 2003. - 941 с.

15. Режимы резания металлов : справочник [Текст] / Ю. В. Барановский [и др.] ; под ред. А. Д. Корчемкина. - 4-е изд., перераб. и доп. - Москва : НИИТавтопром, 1995. - 456 с.

16. Зубкова, Н. В. Методические указания по экономическому обоснованию курсовых и дипломных работ по совершенствованию технологических процессов механической обработки деталей [Текст] / Н. В. Зубкова –

к.э.н., доцент. Тольятти : ТГУ, 2005.

17. Зубкова, Н. В. Учебно-методическое пособие по выполнению экономического раздела дипломного проекта для студентов, обучающихся по специальности 151001 «Технология машиностроения». [Текст] / Н. В. Зубкова – к.э.н., доцент. Тольятти : ТГУ, 2012. – 123 с.

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

1. Приложение 1.1

Перв. измен.	Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание	
Станд. №					<u>Документация</u>			
	А0			16.ДП.ОТМП.500.61.00.000 СБ	Сборочный чертеж			
					<u>Детали</u>			
		1	16.ДП.ОТМП.500.61.00.001	Станина	1			
		2	16.ДП.ОТМП.500.61.00.002	Оправка	1			
		3	16.ДП.ОТМП.500.61.00.003	Корпус редуктора	1			
		4	16.ДП.ОТМП.500.61.00.004	Крышка	1			
		5	16.ДП.ОТМП.500.61.00.005	Кожух	1			
		6	16.ДП.ОТМП.500.61.00.006	Электродвигатель	1			
		7	16.ДП.ОТМП.500.61.00.007	Крышка	1			
		8	16.ДП.ОТМП.500.61.00.008	Гнездо	1			
		9	16.ДП.ОТМП.500.61.00.009	Планка	2			
		10	16.ДП.ОТМП.500.61.00.010	Клин	1			
		11	16.ДП.ОТМП.500.61.00.011	Серьга	1			
		12	16.ДП.ОТМП.500.61.00.012	Шпиндель	1			
		13	16.ДП.ОТМП.500.61.00.013	Кольцо	1			
	14	16.ДП.ОТМП.500.61.00.014	Кольцо	1				
	15	16.ДП.ОТМП.500.61.00.015	Корпус шпинделя	1				
	16	16.ДП.ОТМП.500.61.00.016	Гильза	1				
	17	16.ДП.ОТМП.500.61.00.017	Крышка	1				
	18	16.ДП.ОТМП.500.61.00.018	Втулка	1				
	19	16.ДП.ОТМП.500.61.00.019	Червяк	1				
	20	16.ДП.ОТМП.500.61.00.020	Корпус	1				
Подп. и дата								
Взам. инв. №								
Инв. № подл.								
				16.ДП.ОТМП.500.61.00.000СБ				
Изм./Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Головка фрезерная Сборочный чертеж		Лит.	Лист	Листов
Разраб. Проб.	Ильгитмиров Резников						1	4
Н.контр. Утв.	Виткалов Бабровский					ТГУ, ИМ гр. ТМЗ-1001		

Копировал Формат А4

Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	кол.	Примечание
		21	16.ДП.ОТМП.500.61.00.021	Крышка	1	
		22	16.ДП.ОТМП.500.61.00.022	Кожух	1	
		23	16.ДП.ОТМП.500.61.00.023	Вал	1	
		24	16.ДП.ОТМП.500.61.00.024	Крышка	1	
		25	16.ДП.ОТМП.500.61.00.025	Крышка	1	
		26	16.ДП.ОТМП.500.61.00.026	Оправка	1	
		27	16.ДП.ОТМП.500.61.00.027	Зубчатое колесо	1	
		28	16.ДП.ОТМП.500.61.00.028	Крышка	1	
		29	16.ДП.ОТМП.500.61.00.029	Оправка	1	
		30	16.ДП.ОТМП.500.61.00.030	Оправка	1	
		31	16.ДП.ОТМП.500.61.00.031	Втулка	1	
		32	16.ДП.ОТМП.500.61.00.032	Шестерня	1	
		33	16.ДП.ОТМП.500.61.00.033	Оправка	1	
		34	16.ДП.ОТМП.500.61.00.034	Кольцо	1	
		35	16.ДП.ОТМП.500.61.00.035	Шкив	1	
		36	16.ДП.ОТМП.500.61.00.036	Шкив	1	
		37	16.ДП.ОТМП.500.61.00.037	Шомпол	1	
		38	16.ДП.ОТМП.500.61.00.038	Палец	1	
		39	16.ДП.ОТМП.500.61.00.039	Центр	1	
		40	16.ДП.ОТМП.500.61.00.040	Ось	1	
		41	16.ДП.ОТМП.500.61.00.041	Шестерня	1	
		42	16.ДП.ОТМП.500.61.00.042	Ограничитель	1	
		43	16.ДП.ОТМП.500.61.00.043	Крышка	1	
		44	16.ДП.ОТМП.500.61.00.044	Крышка	1	
		45	16.ДП.ОТМП.500.61.00.045	Втулка	1	
		46	16.ДП.ОТМП.500.61.00.046	Втулка	1	
		47	16.ДП.ОТМП.500.61.00.047	Маслоуказатель	1	
		48	16.ДП.ОТМП.500.61.00.048	Планка	1	
		49	16.ДП.ОТМП.500.61.00.049	Ремень	6	
		50	16.ДП.ОТМП.500.61.00.050	Шпонка	1	
		51	16.ДП.ОТМП.500.61.00.051	Шпонка	1	
		52	16.ДП.ОТМП.500.61.00.052	Шпонка	1	
			16.ДП.ОТМП.500.61.00.000СБ			Лист
						2

Инд. № подл.

Взам. инв. №

Инд. № докл.

Подп. и дата

Изм.

Лист

№ док-м.

Подп.

Дата

Копировал

Формат А4

Формат		Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
			53	16.ДП.ОТМП.500.61.00.053	Шпонка	1	
			54	16.ДП.ОТМП.500.61.00.055	Втулка	1	
			55	16.ДП.ОТМП.500.61.00.056	Втулка	1	
			56	16.ДП.ОТМП.500.61.00.057	Втулка	1	
					Стандартные изделия		
			59		Подшипник 46202 ГОСТ 831-75	2	
			59		Подшипник 211 ГОСТ 8338-75	3	
			62		Подшипник 8116 ГОСТ 7872-89	2	
			64		Подшипник 207 ГОСТ 8338-75	1	
			65		Подшипник 3182116 ГОСТ 7634-75	1	
			66		Болт М12х1,5-6дх32.58 ГОСТ 7805-70	6	
			72		Болт М30х2-6дх60.58 ГОСТ 7798-70	6	
			78		Винт М5-6дх10 ГОСТ 17475-80	4	
			82		Болт М10х1.25-6дх40 ГОСТ 7805-70	6	
			88		Болт М8-6дх12.58 ГОСТ 7798-70	1	
			89		Болт М10-6дх10.58 ГОСТ 7798-70	1	
			90		Винт М12-6дх50 ГОСТ 1483-84	1	
			91		Болт М6-6дх12.58 ГОСТ 7798-70	1	
			92		Болт М2,5-6дх3.58 ГОСТ 7805-70	1	
			93		Болт М6-6дх12.58 ГОСТ 7805-70	4	
			97		Болт М10-6дх30.58 ГОСТ 7798-70	2	
			99		Болт М8-6дх25.58 ГОСТ 7798-70	6	
			105		Болт М30х2-6дх80.58 ГОСТ 7798-70	4	
			109		Болт М8-6дх16.58 ГОСТ 7798-70	18	
			127		Болт М8-6дх20.58 ГОСТ 7798-70	6	
			135		Винт М8-6дх14 ГОСТ 1491-80	1	
			136		Болт М10-6дх40.58 ГОСТ 7798-70	2	
			138		Болт М6-6дх16.58 ГОСТ 7798-70	1	
Инв. № подл.				16.ДП.ОТМП.500.61.00.000СБ			Лист
							3
Изм.		Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Копировал	
						Формат А4	

Приложение 1.1

[illegible]

Перв. измен.	Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание	
Сплав. №	A1			16.ДП.ОТМП.500.63.00.000 СБ	Сборочный чертеж			
					Детали			
		1		16.ДП.ОТМП.500.63.00.001	Автомат электромеханич	1		
		2		16.ДП.ОТМП.500.63.00.002	Крышка	1		
		4		16.ДП.ОТМП.500.63.00.004	Втулка	1		
		8		16.ДП.ОТМП.500.63.00.008	Фланец	1		
		12		16.ДП.ОТМП.500.63.00.012	Кольцо	2		
		18		16.ДП.ОТМП.500.63.00.018	Корпус	1		
Подп. и дата				19	16.ДП.ОТМП.500.63.00.019	Кольцо	2	
				22	16.ДП.ОТМП.500.63.00.022	Вал	1	
				23	16.ДП.ОТМП.500.63.00.023	Зубчатое колесо	1	
				24	16.ДП.ОТМП.500.63.00.024	Кольцо	1	
				26	16.ДП.ОТМП.500.63.00.026	Втулка	1	
				27	16.ДП.ОТМП.500.63.00.027	Цилиндр	1	
				28	16.ДП.ОТМП.500.63.00.028	Шайба	1	
				31	16.ДП.ОТМП.500.63.00.031	Втулка	1	
				33	16.ДП.ОТМП.500.62.00.033	Зубчатое колесо	1	
				41	16.ДП.ОТМП.500.62.00.041	Шестерня	1	
Взам. инв. №				42	16.ДП.ОТМП.500.62.00.042	Вал	1	
				43	16.ДП.ОТМП.500.62.00.043	Зубчатое колесо	1	
				45	16.ДП.ОТМП.500.62.00.045	Вал	1	
				46	16.ДП.ОТМП.500.62.00.046	Винт регулировочный	1	
				48	16.ДП.ОТМП.500.62.00.048	Зубчатое колесо	1	
Инв. № подл.	16.ДП.ОТМП.500.63.00.000СБ							
	Изм.	Лист	№ док-м.	Подп.	Дата			
	Разраб.	Ильтимиров				Лит.	Лист	
	Проб.	Резников				1	2	
	Н.контр.	Виткалов				ТГУ, ИМ		
	Утв.	Бабровский				гр. ТМз-1001		

Копировал
Формат А4

Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание		
		50	16.ДП.ОТМП.500.62.00.050	Втулка	1			
		52	16.ДП.ОТМП.500.62.00.052	Муфта дисковая	1			
		54	16.ДП.ОТМП.500.62.00.054	Кольцо прижимное	1			
		55	16.ДП.ОТМП.500.62.00.055	Кольцо упорное	1			
		56	16.ДП.ОТМП.500.62.00.056	Кольцо упорное	1			
		57	16.ДП.ОТМП.500.62.00.057	Пружина	1			
		59	16.ДП.ОТМП.500.62.00.059	Вал	1			
		65	16.ДП.ОТМП.500.62.00.065	Вал	1			
		66	16.ДП.ОТМП.500.62.00.066	Втулка	1			
		68	16.ДП.ОТМП.500.62.00.068	Стакан	1			
		73	16.ДП.ОТМП.500.62.00.073	Втулка	1			
		75	16.ДП.ОТМП.500.62.00.075	Втулка	1			
		77	16.ДП.ОТМП.500.62.00.077	Вал	1			
		82	16.ДП.ОТМП.500.62.00.082	Стакан	1			
		83	16.ДП.ОТМП.500.62.00.083	Втулка	1			
		84	16.ДП.ОТМП.500.62.00.084	Вал	1			
		85	16.ДП.ОТМП.500.62.00.085	Втулка	1			
		86	16.ДП.ОТМП.500.62.00.086	Втулка	1			
		245	16.ДП.ОТМП.500.62.00.245	Шестерня	1			
		246	16.ДП.ОТМП.500.62.00.246	Зубчатое колесо	1			
		247	16.ДП.ОТМП.500.62.00.247	Шестерня	1			
				Стандартные изделия				
		122		Болт М12х1,5-6х32.58 ГОСТ 7805-70	18			
		142		Болт М30х2-6х80.58 ГОСТ 7798-70	8			
		219		Подшипник 8116 ГОСТ 7872-89	2			
		220		Подшипник 3182116К ГОСТ 7634-75	2			
		222		Подшипник 207 ГОСТ 8338-75	4			
		223		Подшипник 307 ГОСТ 8338-75	6			
Инв. № подл.	Подп. и дата			Взам. инв. № инв. № подл.			Лист	
				16.ДП.ОТМП.500.63.00.000СБ			2	
Изм.	Лист	№ док-м.	Подп.	Дата	Копировал			Формат А4

Приложение 1.3

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № докл.	Подп. и дата	Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание			
							21	16.ДП.ОТМП.500.64.00.021	Палец	2				
							22	16.ДП.ОТМП.500.64.00.022	Крышка	2				
							23	16.ДП.ОТМП.500.64.00.023	Кожух	1				
							24	16.ДП.ОТМП.500.64.00.024	Палец	2				
							25	16.ДП.ОТМП.500.64.00.025	Калибр	1				
							26	16.ДП.ОТМП.500.64.00.026	Штуцер	1				
							27	16.ДП.ОТМП.500.64.00.027	Штуцер	1				
							28	16.ДП.ОТМП.500.64.00.028	Штуцер	2				
							29	16.ДП.ОТМП.500.64.00.029	Штуцер	2				
						</								

Копировал

Формат А4

Приложение 1.4

Перв. измен.	Формат	Зона	Лист	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание	
Сплав. №	A1			16.ДП.ОТМП.500.62.00.000	Сборочный чертеж			
					Документация			
					Детали			
		1		16.ДП.ОТМП.500.62.00.001	Стойка	1		
		2		16.ДП.ОТМП.500.62.00.002	Стойка	1		
		3		16.ДП.ОТМП.500.62.00.003	Щиток	1		
		5		16.ДП.ОТМП.500.62.00.005	Рама	1		
		7		16.ДП.ОТМП.500.62.00.007	Ролик	3		
		8		16.ДП.ОТМП.500.62.00.008	Втулка	3		
		11		16.ДП.ОТМП.500.62.00.011	Рельса	1		
		12		16.ДП.ОТМП.500.62.00.012	Кожух	1		
		13		16.ДП.ОТМП.500.62.00.013	Прижимная планка	1		
		14		16.ДП.ОТМП.500.62.00.014	Ручка	1		
	Подп. и дата		15		16.ДП.ОТМП.500.62.00.015	Упор	1	
		20		16.ДП.ОТМП.500.62.00.020	Полотно	1		
		27		16.ДП.ОТМП.500.62.00.027	Ось	3		
		35		16.ДП.ОТМП.500.62.00.035	Втулка	3		
		37		16.ДП.ОТМП.500.62.00.037	Уплотнитель	6		
					Стандартные изделия			
Взам. инв. №								
Подп. и дата		25			Болт М6-6dх20.58 ГОСТ 7798-70	3		
		27			Болт М6-6dх35.58 ГОСТ 7798-70	3		
Инв. № подл.					16.ДП.ОТМП.500.62.00.000			
	Изм.	Лист	№ док-м.	Подп.	Дата			
	Разраб.	Ильтимиров						
	Проб.	Резников						
Инв. № подл.	Н.контр.	Виткалов						
	Утв.	Бабровский						
					Ограждение	Лит.	Лист	Листов
					Сборочный чертеж		1	2
						ТГУ, ИМ, гр. ТМз-1001		

Копировал Формат А4

