



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

«\_\_» \_\_\_\_\_ 2016г.

## ЗАДАНИЕ

### на выполнение выпускной квалификационной работы (уровень бакалавра)

Направление 15.03.01 «Машиностроение»  
Профиль «Технология машиностроения»

Студент : Байков Андрей Андреевич гр. МСб-1203

1. Тема Технологический процесс изготовления корпуса суппорта

2. Срок сдачи студентом законченной выпускной квалификационной работы «\_\_» \_\_\_\_\_ 2016 г.

3. Исходные данные к выпускной квалификационной работе чертёж детали, материалы по преддипломной практики.

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

*Титульный лист.*

*Задание. Аннотация. Содержание.*

*Введение, цель работы*

*1) Описание исходных данных. Цели и задачи работы. Литературный обзор состояния вопроса обработки сложноконтурных деталей в условиях единичного производства.*

*2) Технологическая часть работы.*

*3) Проектирование приспособления и/или режущего инструмента.*

*4) Описание графической части работы.*

*5) Безопасность и экологичность технологического объекта.*

*6) Экономическая эффективность работы.*

*Заключение. Список используемой литературы.*

*Приложения: технологическая документация*

УДК 621.01

## АННОТАЦИЯ

Технологический процесс изготовления корпуса суппорта.

Выпускная квалификационная работа (бакалаврская работа).

Кафедра: Оборудование и технологии машиностроительного производства.

ТГУ: Тольятти, 2016г., с., л. формата А1.

Целью дипломного проекта является обеспечение выпуска корпуса для условий единичного производства.

На основе анализа математической модели, представленной для работы, и знаниях, полученных за время обучения, разработан полный технологический процесс изготовления детали в условиях единичного производства.

Эффективность предложенного варианта технологического процесса подтверждена экономическим расчетом, а так же обеспечена экологическая безопасность проекта.

## Содержание

ВВЕДЕНИЕ, ЦЕЛЬ РАБОТЫ.....	6
1. ОПИСАНИЕ ИСХОДНЫХ ДАННЫХ. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ РАБОТЫ. ЛИТЕРАТУРНЫЙ ОБЗОР СОСТОЯНИЯ ВОПРОСА ОБРАБОТКИ СЛОЖНОКОНТУРНЫХ ДЕТАЛЕЙ В УСЛОВИЯХ ЕДИНИЧНОГО ПРОИЗВОДСТВА.....	7
2. АНАЛИЗ ДЕТАЛИ ТИПА «КОРПУС».....	16
3. АНАЛИЗ ВОЗМОЖНОСТИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ КОРПУСНОЙ ДЕТАЛИ В УСЛОВИЯХ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ЕДИНИЧНОГО ПРОИЗВОДСТВА.....	18
4.РАЗРАБОТКА ТЕОРЕТИЧЕСКИХ СХЕМ БАЗИРОВАНИЯ, УСТАНОВКИ, ОПРЕДЕЛЕНИЕ МАРШРУТА ОБРАБОТКИ.....	21
4.1 Служебное назначение детали корпус.....	21
4.2 Систематизация поверхностей деталей.....	22
4.3 Выбор заготовки.....	23
4.4 Разработка схем базирования.....	23
4.5 Выбор пути получения изделия.....	24
5.РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ИЗГОТОВЛЕНИЯ ДЕТАЛИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ВЕРТИКАЛЬНО-ФРЕЗЕРНОГО ОБРАБАТЫВАЮЩЕГО ЦЕНТРА.....	26
5.1 Выбор оборудования.....	26
5.2 Последовательность переходов.....	28
5.3 Выбор режущего инструмента.....	30
5.4 Расчет режимов резания.....	32
5.5 Нормирование операций.....	34
5.6 Обзор управляющих программ для станка с ЧПУ MV660.....	40
6. РАСЧЕТ И ПРОЕКТИРОВАНИЕ СПЕЦИАЛЬНОГО ИНСТРУМЕНТА...43	
7. ПРОЕКТИРОВАНИЕ СТАНОЧНОГО ПРИСПОСОБЛЕНИЯ.....44	
8. РАСЧЕТ И ПРОЕКТИРОВАНИЕ РЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА.....48	

9. БЕЗОПАСНОСТЬ И ЭКОЛОГИЧНОСТЬ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБЪЕКТА.....	52
9.1. Конструктивно-технологическая характеристика объекта.....	52
9.2 Идентификация производственно-технологических и эксплуатационных профессиональных рисков.....	52
9.3 Методы и технические средства снижения профессиональных рисков....	53
9.4 Обеспечение пожарной и техногенной безопасности рассматриваемого технического объекта.....	54
9.5 Разработка технических средств и организационных мероприятий по обеспечению пожарной безопасности технического объекта.....	55
9.6 Организационные (организационно-технические) мероприятия по предотвращению пожара.....	55
9.7 Обеспечение экологической безопасности рассматриваемого технического объекта.....	56
10. ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ РАБОТЫ.....	60
10.1 Краткое описание технологического процесса.....	60
10.2 Расчет показателей экономической эффективности проектируемого варианта техники (технологии).....	62
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	64
СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ.....	65
ПРИЛОЖЕНИЯ.....	71

## Введение, цель работы

Целью работы является обеспечения выпуска корпуса суппорта в условиях единичного производства. Для достижения цели необходимо решить задачи:

1. Разработать математическую модель детали для обеспечения возможности реализации технологического процесса лезвийной обработки с использованием современных пакетов подготовки управляющих программ (САМ пакетов) для станков с числовым программным управлением;
2. Выполнить анализ технологичности конструкции детали для заданных условий;
3. Спроектировать технологию механической обработки с условием ее реализации на вертикально – фрезерном обрабатывающем центре (с количеством осей 3+1) Millstar MV-660. Для этой технологии необходимо выбрать, при необходимости расчетно обосновав режущий инструмент, зажимные и контрольные приспособления и дополнительную оснастку.
4. Предложить инженерные мероприятия по обеспечению экологичности и безопасности в привязке к рассматриваемым объектам производства.
5. Выполнить экономическое обоснование возможности внедрения предлагаемых технических решений.

В данной работе предлагается разработать технологию изготовления реализуемую на современных станках с числовым программным управлением.

# 1 Описание исходных данных. Цель и задачи работы. Литературный обзор состояния вопроса обработки сложноконтурных деталей в условиях единичного производства

В настоящее время максимально широкое применение для обработки сложноконтурных поверхностей получили фрезерные многокоординатные станки (с количеством осей 3 и более) оснащенные системами числового программного управления (ЧПУ)

На станках для фрезерования с числовым управлением при помощи концевых и торцевых фрез осуществляется обработка пространственных и плоских поверхностей сложных конфигураций, кулачков, пресс-форм, штампов. Также данные агрегаты по металлу дают возможность выполнять разверточные и сверлильные работы при помощи соответствующего инструмента, который монтируется в специальные рабочие головки. Общий вид фрезерного станка представлен на Рисунке 1.1



Рисунок 1.1 – Общий вид фрезерного станка

При этом установка на оборудование программного числового управления в разы увеличивает его производительность, надежность и

точность выполнения операций на больших скоростях резания, а также уникальную точность позиционирования фрез и иных режущих инструментов.

Классифицируются станки с ЧПУ по металлу по четырем признакам:

1) вариант подачи рабочих приспособлений для резки – автоматический либо ручной;

2) количество координатных передвижений бабки агрегата либо его рабочей поверхности;

3) расположение шпиндельного узла – по вертикали либо по горизонтали;

4) по числу инструментов – много- либо одноинструментальные станки.

Кроме того, агрегаты по металлу делят на разные категории в зависимости от их компоновки. С этой точки зрения фрезерный станок с ЧПУ может быть широкоуниверсальным, продольно- или консольно-фрезерным, вертикально-фрезерным. В последнем случае агрегат в обязательном порядке оборудуется столом крестовой формы.

Системы ЧПУ на станках для работы по металлу бывают:

Разомкнутыми – шаговый двигатель четко дозирует процесс передвижения рабочих узлов оборудования, при этом отпадает необходимость в применении датчиков обратной связи;

Замкнутыми – на них устанавливают датчики, которые во время работы станка контролируют ход обрабатываемых операций, а также привод, который перемещает рабочие узлы по непрерывной схеме.

Существенной особенностью современных фрезерных станков с ЧПУ является высокая квалификация обслуживающего персонала. В настоящий момент можно говорить о том, что работающий с фрезерным станком специалист как правило является и технологом, и программистом. Теоретический багаж знаний такого работника должен включать такие дисциплины, как математика, физика, технология конструкционных материалов, сопротивление материалов. Безусловно такой специалист

должен владеть современными программными пакетами моделирования (САД и САМ пакетами).

На Рисунке 1.2 представлен типовой вид обработки по программе ЧПУ с применением вертикально –фрезерного трехкоординатного станка.



Рисунок 1.2 – Типовой вид обработки по программе ЧПУ с применением вертикально – фрезерного станка

Основные узлы станков с ЧПУ по металлу представлены на Рисунке 1.3.



Рисунок 1.3 – Основные узлы станков с ЧПУ по металлу

Станина делается сварной или литой. Сварной она выполняется тогда, когда требуется получить сложную по форме конструкцию. В остальных случаях используют литую станину, характеризуемую высоким демпфирующим потенциалом и жесткостью.

Направляющие скольжения являются обязательным элементом любого широкоуниверсального фрезерного оборудования. Они работают на трении скольжения, что снижает точность их интерполяции и скорость передвижения рабочих органов. При этом они имеют повышенную жесткость. Линейные же направляющие гарантируют отличную точность перемещений, так как функционируют на трении качения, но описываются малой жесткостью. На Рисунке 1.4 представлен вид шпиндельного узла современного фрезерного станка с вертикальным расположением шпинделя.



Рисунок 1.4 – Вид шпиндельного узла станка

Шпиндель станков с ЧПУ, на которых производится обработка металлических заготовок, бывает двух типов:

1. Электрический двигатель с ротором, служащим для монтажа фрез и других режущих приспособлений.

2. Механизм, связанный с приводом муфтой либо ременной передачей.

Первый тип шпинделя позволяет развивать скорость вращения до 100 тысяч оборотов в минуту. Поэтому его устанавливают на агрегаты, которые работают с пресс-формами и сложными штампами. Второй тип имеет меньшую скорость (как правило, не более 15 тысяч оборотов). По цене он намного дешевле, что и обусловило его широкую распространенность. Добавим, что современный фрезерный станок с ЧПУ может располагать шпиндельным механизмом с гидростатическими, аэродинамическими и обычными подшипниками качения.

К другим важным узлам агрегатов с программным управлением относят:

- магазин для рабочих инструментов;
- систему ЧПУ;
- электродвигатель.

Грамотная настройка системы программного управления фрезерным оборудованием дает возможность передвигать фрезы и других режущие приспособления по любой траектории в рабочей области станка. За счет этого получается обрабатывать множество разных поверхностей изделия за одно его закрепление. Практически каждый современный фрезерный станок с ЧПУ позволяет производить следующие работы для получения деталей в условиях единичного производства:

- развертывание, зенкерование, сверление отверстий;
- фрезеровка криволинейных, цилиндрических поверхностей и плоскостей;
- точение цилиндрических наружных поверхностей.

Подобные работы выполняются на всех станках с тремя координатными осями. При наличии четвертой и пятой оси может осуществляться и более сложная обработка заготовок. Так, например, на пятикоординатных агрегатах производятся работы, связанные с качественной и быстрой резкой фасонных поверхностей.

Станок с пятью координатами представляет собой оборудование, которое дает возможность поворачивать деталь вокруг какой-либо обозначенной оси в дополнение к главному передвижению инструмента по отношению к заготовке. Часто функцию пятой координаты выполняет угол наклона шпиндельной оси. Если в процессе работы его изменяют (задав соответствующую программу в системе ЧПУ), за одно закрепление изделия на станке может выполняться обработка малых по радиусу галтелей – так на языке профессионалов называются переходные поверхности. Подобная операция осуществляется коническими концевыми фрезами, которые имеют характерное закругление в виде сферы.

Модернизировать трехкоординатный агрегат в четырех- или пятикоординатный несложно. Достаточно смонтировать поворотную добавочную рабочую поверхность на основной стол. Но здесь стоит понимать, что рабочая зона фрезерного агрегата уменьшится.

Настройка станков с ЧПУ, применяемых для обработки сложноконтурных деталей в условиях единичного производства, не вызывает у специалистов затруднений. При этом необходимо учитывать ряд общих особенностей, характеризующих фрезерную обработку заготовок, в частности таких:

- 1) характер режущих операций;
- 2) форма изделий;
- 3) число координат (3–5);
- 4) применение инструмента с набором разных лезвий;
- 5) показатель шероховатости детали после ее обработки.

Обзор возможных к применению для обработки заданной детали агрегатов с ЧПУ

Советские станкостроительные комбинаты (Ульяновский, Львовский, Горьковский, Дмитровский) выпускали достаточно широкий модельный ряд агрегатов для фрезерования с программным управлением, которые и по настоящее время эксплуатируются на промышленных предприятиях. К такому оборудованию относят:

Станок 6P13ФЗ Горьковского завода: мощный трехкоординатный агрегат с шестью высокомоментными двигателями. На него устанавливались комплексы адаптивного контроля, а также системы управления WL4M и H33-2M. 6P13ФЗ использует концевые фрезы (диаметром до 4 см) и торцевые (до 12,5 см), обеспечивает подачи до 4800 мм/мин. Настройка ЧПУ агрегата выполняется очень просто. Этот станок обрабатывает кулачки, штампы, копиры и иные изделия сложной формы.

Консольные станки 6P11ФЗ и 6M11ФЗ, созданные на базе фрезерного оборудования 6M11. Настройка данных агрегатов также не требует особых усилий, все рабочие операции программируются буквально за пару минут при наличии четкой технологической карты обработки заготовки.

Станки Львовского комбината ЛФ66ФЗ и Ульяновского 654ФЗ – вертикально-фрезерное оборудование с крестовым столом.

В последние годы в России широко используются агрегаты с ЧПУ зарубежных производителей. Широко представлены трехосевые вертикальные и горизонтальные станки, а также пятикоординатное оборудование от значительного числа производителей.

Учитывая возможность использования для фрезерных работ рассматриваемой детали вертикально – фрезерного станка Millstar MV-660, с работой которого мы ознакомились в процессе обучения на четвертом курсе и при прохождении преддипломной практики, принимаем это оборудование в качестве станка, на котором будут выполняться фрезерные работы технологического процесса изготовления детали.

На Рисунке 1.5 представлен общий вид предлагаемого к использованию станка Millstar.

Технические характеристики этого станка позволяют произвести обработку рассматриваемой детали. Размеры рабочего стола составляют 800X450 мм, что делает возможным в случае необходимости использование четвертой оси (дополнительного привода вращения), а также в случае наращивания выпуска деталей имеется возможность применить многоместную технологическую оснастку (размещаемую на рабочем столе плиту с прижимами для нескольких обрабатываемых заготовок). Грузоподъемность рабочего стола составляет 500 кг, что также делает возможным расположение на нем крупногабаритной тяжелой оснастки.



Рисунок 1.5 – Общий вид фрезерного станка для обработки сложноконтурных изделий в условиях единичного производства

Делаем вывод о целесообразности использования указанного оборудования в проектируемого технологическом процессе. В следующем разделе работы разрабатывается технологический процесс механической

обработки детали с использованием вертикально – фрезерного станка с ЧПУ  
Millstar MV-660.

## 2 Анализ детали типа «корпус»

Корпус является базовой деталью для размещения отдельных сборочных единиц и деталей, соединяемых между собой с требуемой точностью относительного местоположения. Он обеспечивает постоянство точности взаимного расположения деталей как в неподвижном состоянии, так и в моменты эксплуатации, а также плавность работы и отсутствие вибрации.

К корпусам относят детали, содержащие систему отверстий и плоскостей, координированных относительно друг друга. Для них характерно наличие опорных достаточно протяжённых и точных плоскостей, точных отверстий (основных), координированных между собой и относительно базовых поверхностей и крепёжных, смазочных и других отверстий.

По общности решаемых задач:

- а) призматические (коробчатого типа) с плоскими поверхностями больших размеров и основными отверстиями, оси которых расположены параллельно или под углом;
- б) фланцевого типа с плоскостями, являющимися торцовыми поверхностями основных отверстий.

Виды корпусных деталей:

- а) коробчатого типа (цельные и разъёмные) - корпуса различных редукторов, корпуса коробок скоростей, коробок передач, корпуса шпиндельных бабок;
- б) с гладкими внутренними цилиндрическими поверхностями - блоки цилиндров, двигателей и компрессоров, корпуса различных цилиндров и гидрораспределителей, пневмо- и гидроаппаратура;
- в) корпуса сложной пространственной формы - корпуса паровых и газовых турбин, корпуса центробежных насосов, коллекторов, тройников, вентиляей, кранов;

- г) корпусные детали с направляющими поверхностями - столы, спутники, каретки, салазки, суппорты, ползуны, планшайбы;
- д) детали типа кронштейнов, угольников, стоек и крышек.

Технологические требования:

- наличие удобных технологических баз, обеспечивающих требуемую ориентацию и надежное закрепление детали на станке;
- форма корпусной детали должна быть возможно ближе к правильной геометрической форме;
- обработка плоскости и торцов отверстий по возможности должна выполняться на проход, для чего плоскости и торцы не должны иметь выступов;
- корпусная деталь не должна иметь поверхностей, не перпендикулярных осям отверстий;
- точно растачиваемые отверстия необходимо растачивать на проход;
- в корпусных деталях следует избегать многообразия размеров отверстий и резьб.

Технические требования:

- допуск прямолинейности и параллельности основных поверхностей не более 0,05-0,1мм на всю их длину; шероховатость поверхности  $Ra=0,32-1,25\mu\text{м}$ ;
- основные отверстия обрабатываются по 6-8 качеству точности с шероховатостью  $Ra=0,32-2,5\mu\text{м}$ . Погрешность формы отверстий 0,5-0,7 от допуска на размер;
- допуски на несоосность отверстий - в пределах половины допуска на диаметр;
- неперпендикулярность опорных торцов к осям отверстий допускается в пределах 0,1- 1,0мм на 1мм радиуса отверстий.

Наша непосредственная задача - создать технологию получения данной детали и обеспечить её работоспособность.

3 Анализ возможности изготовления корпусной детали в условиях автоматизированного единичного производства

В единичном производстве будет использоваться вертикально-фрезерный станок с ЧПУ, в качестве заготовки - прокат.

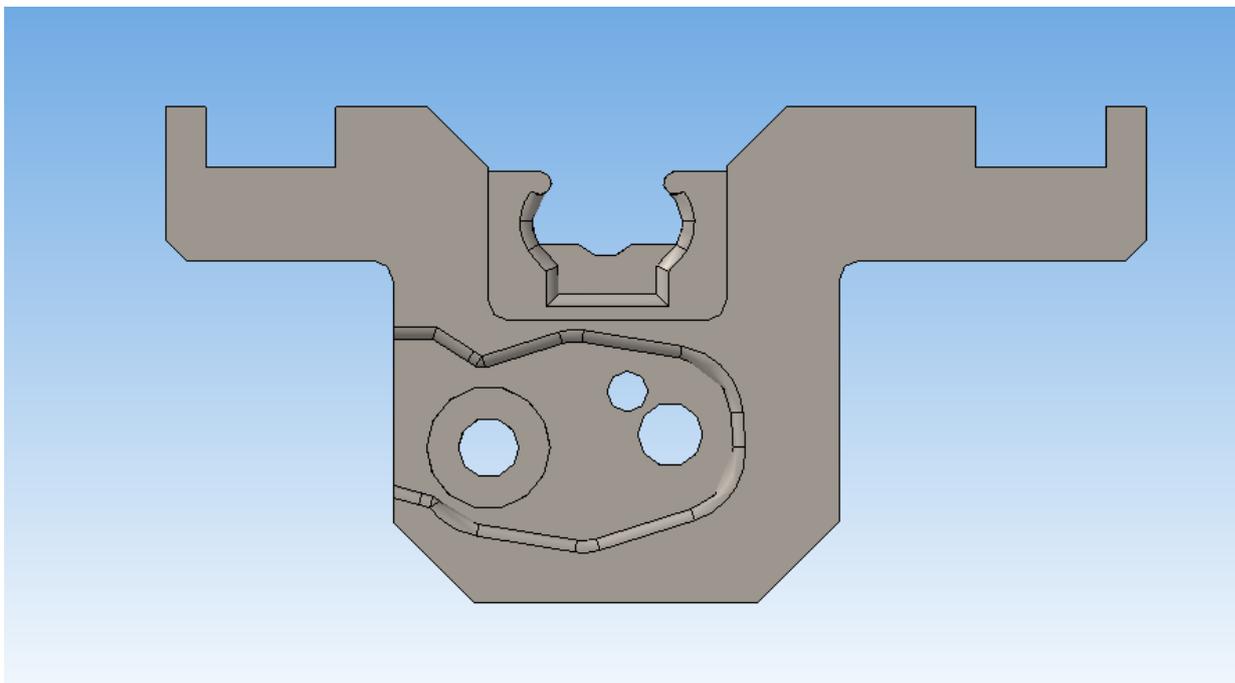


Рисунок 3.1 – Корпус, вид спереди

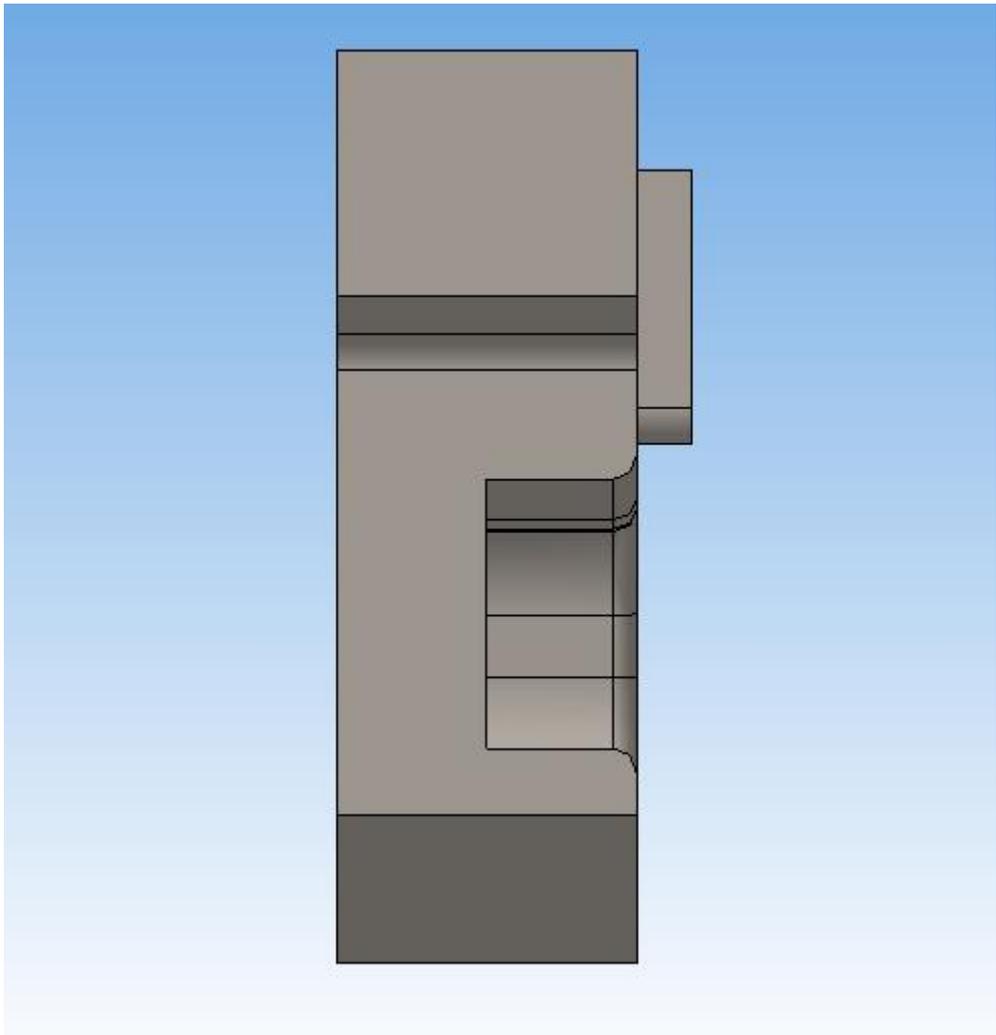


Рисунок 3.2 – Корпус, вид слева

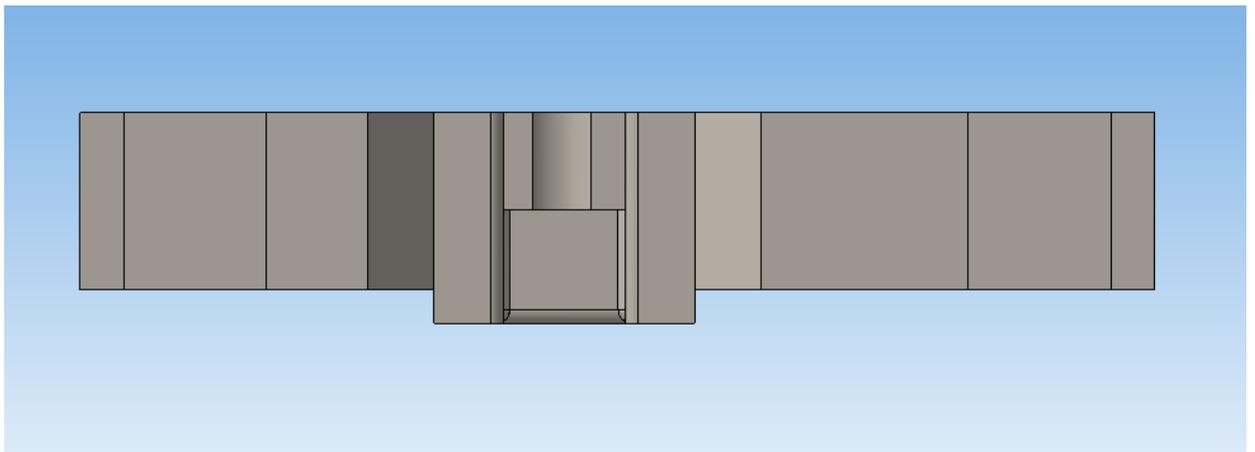


Рисунок 3.3 – Корпус, вид сверху

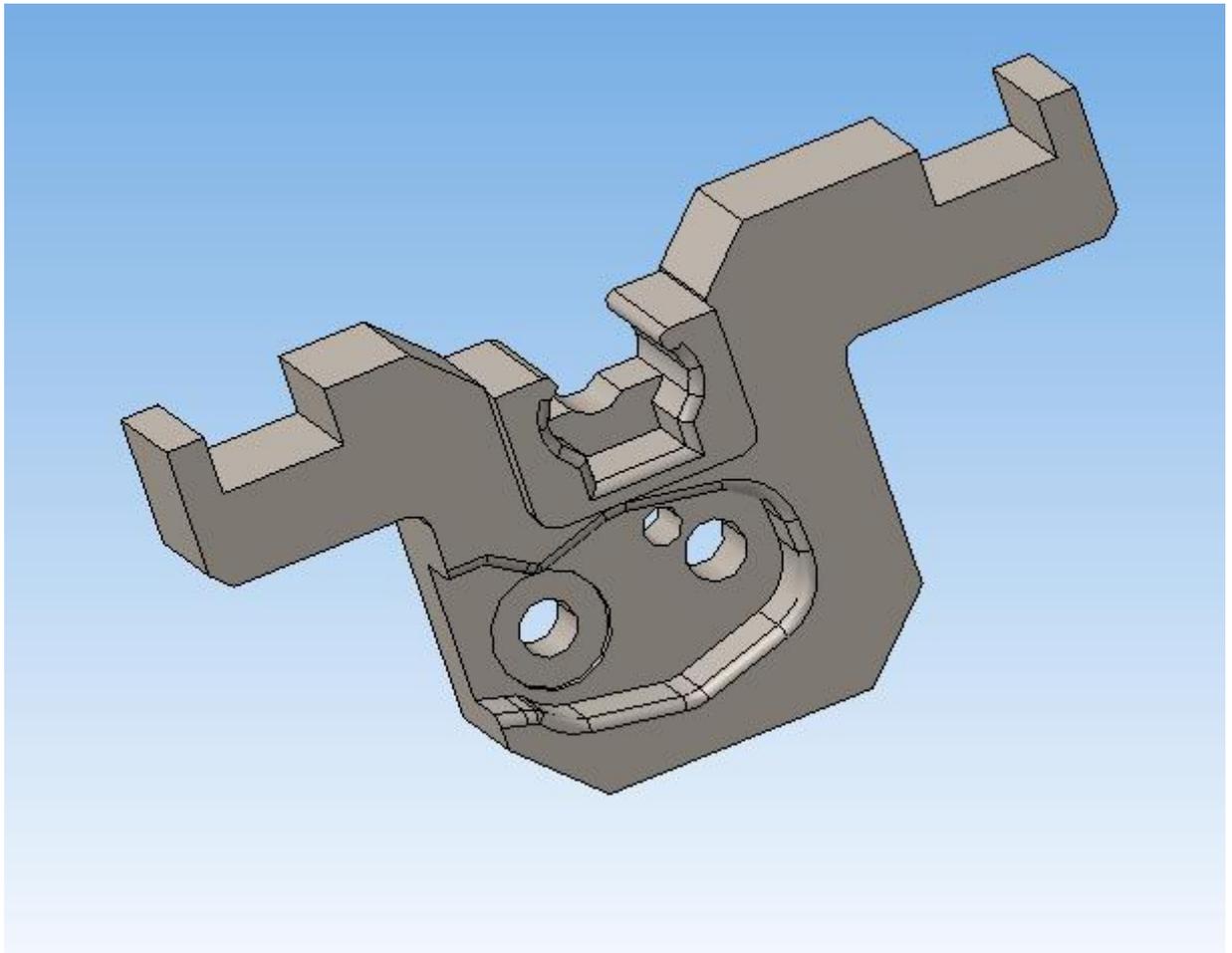


Рисунок 3.4 - Корпус в изометрии

Принятый вертикально – фрезерный станок с ЧПУ Millstar MV-660 имеет схему расположения осей 3+1, что позволяет вести обработку по такой сложноконтурной детали.

4 Разработка теоретических схем базирования, установки, определение маршрута обработки

#### 4.1 Служебное назначение детали корпус

Корпус является базовой деталью для размещения отдельных сборочных единиц и деталей, соединяемых между собой с требуемой точностью относительного местоположения. Он обеспечивает постоянство точности взаимного расположения деталей как в неподвижном состоянии, так и в моменты эксплуатации, а также плавность работы и отсутствие вибрации.

Деталь, представленная для создания будет изготавливаться из стали 45. Ниже представлен химический состав в % для данного материала.

<b>C</b>	0,42 - 0,5
<b>Si</b>	0,17 - 0,37
<b>Mn</b>	0,5 - 0,8
<b>Ni</b>	до 0,25
<b>S</b>	до 0,04
<b>P</b>	до 0,035
<b>Cr</b>	до 0,25
<b>Cu</b>	до 0,25
<b>As</b>	до 0,08
<b>Fe</b>	~97

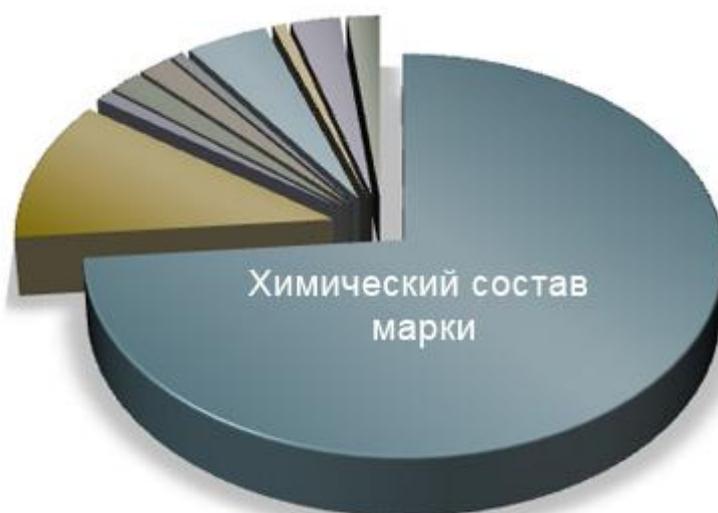


Рис 4.1-Химический состав

Физические свойства.

Таблица 4.1- Механические свойства

Марка стали	Механические свойства, не менее			
	Предел текучести $\sigma_T$ Н/мм <sup>2</sup> (кгс/мм <sup>2</sup> )	Временное сопротивление разрыву $\sigma_B$ Н/мм <sup>2</sup> (кгс/мм <sup>2</sup> )	Относительное удлинение $\delta$	Относительное сужение $\psi$
			%	
45	355(36)	600(61)	16	40

4.2 Систематизация поверхностей деталей.

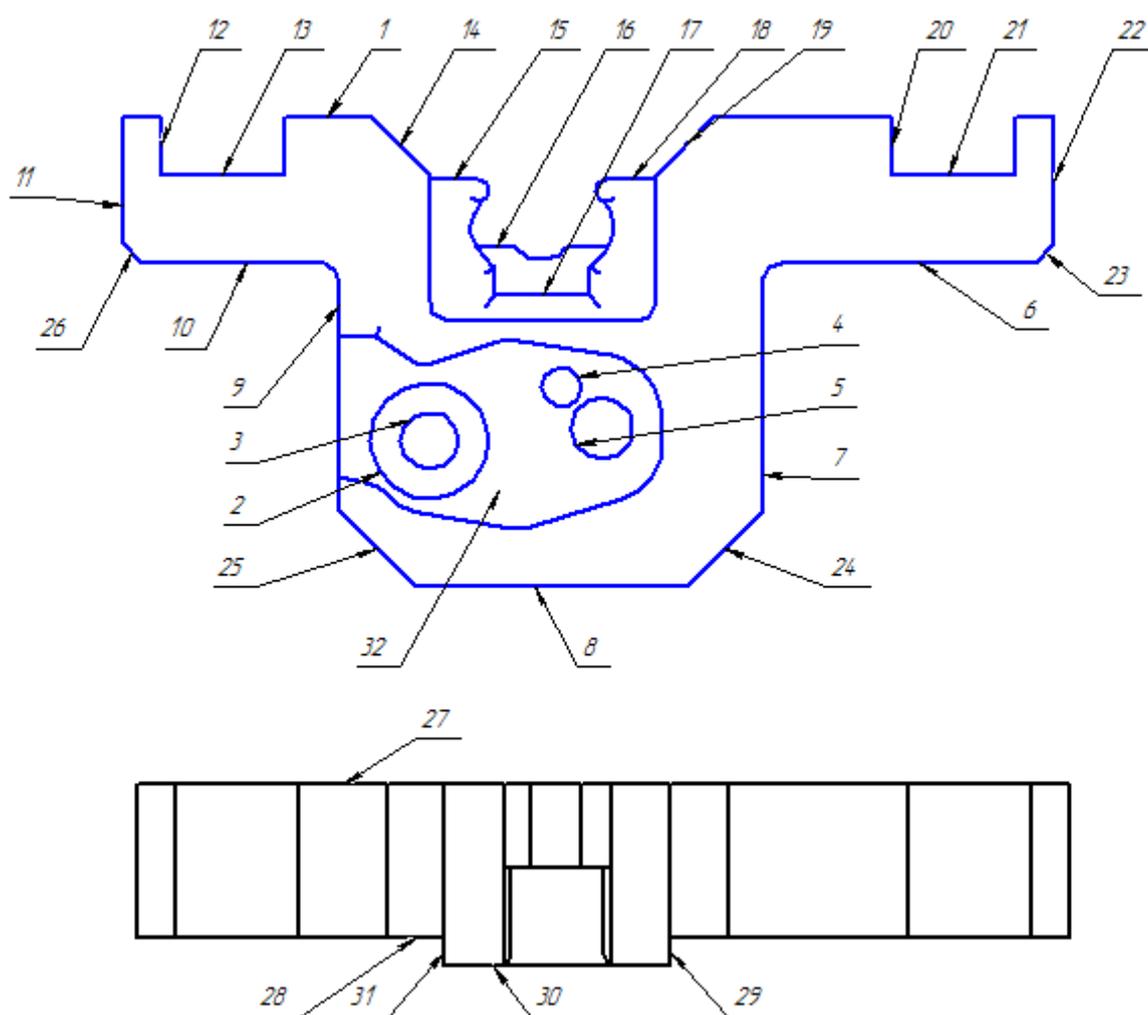


Рисунок 4.2 - Эскиз с простановкой номеров поверхностей

Таблица 4.2.1 - Классификация поверхностей

Вид поверхности	Номер поверхности
Основные конструкторские базы	1, 27, 28
Вспомогательные конструкторские базы	3,4,5,32
Исполнительные поверхности	2
Свободные поверхности	6,7,8,9,10,11,12,13,14,15,16, 17,18,19,20,21,22,23,24,25,2 6,29,30,31

#### 4.3 Выбор заготовки.

При выборе заготовке необходимо учитывать: используемый материал, требования к изготовлению, количество деталей. В нашем случае в качестве заготовки используется прокат. В единичном производстве отсутствует возможность изготовления заготовок отливкой или объёмной штамповкой.

#### 4.4 Разработка схем базирования.

Разрабатывая схемы базирования нужно учитывать основные принципы: принцип единства технологических баз и принцип их постоянства.

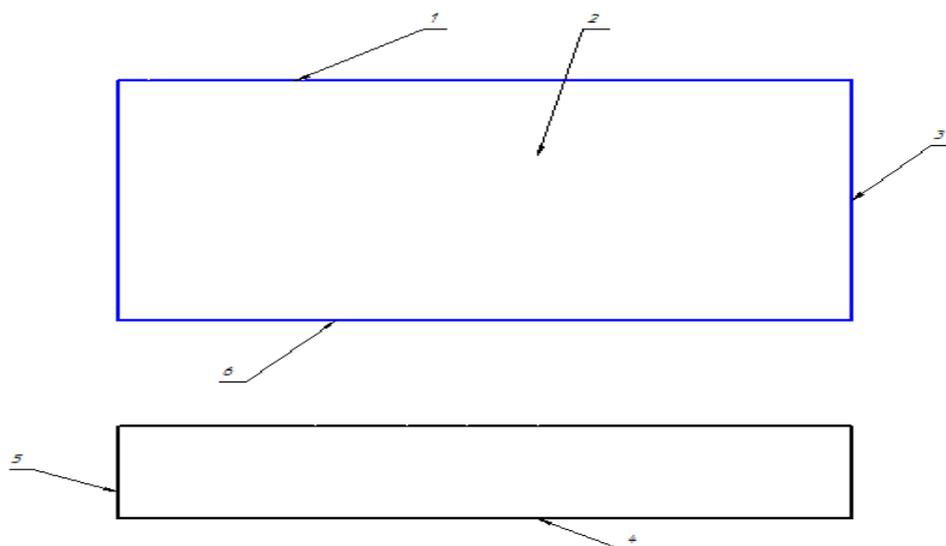


Рисунок 4.3 –Эскиз заготовки

#### 4.5 Выбор пути получения изделия.

Таблица 4.5.1 - Путь получения детали

№ операции	Наименование и содержание операции	Обрабатываемые поверхности	Квалитет	Шероховатость, Rz
000	Заготовительная			
010	Фрезерование черновое	6,7,8,9,10,11,22, 23,24,25,26	10	25
020	Фрезерование чистовое	6,7,8,9,10,11,22, 23,24,25,26	8	6,25
030	Фрезерование черновое	1,12,13,14,15,18, 19,20,21	10	25
040	Фрезерование чистовое	14,19	8	6,25

050	Фрезерование получистовое	12,20	9	12,5
060	Фрезерование чистовое	13,15,21	8	6,25
070	Фрезерование чистовое	12,20	8	6,25
080	Фрезерование черновое	28,29,30,31	10	25
090	Фрезерование чистовое	28,29,30,31	8	6,25
100	Фрезерование черновое	32	10	25
110	Фрезерование чистовое	32	8	6,25
120	Фрезерование черновое	15,16,17,18	10	25
130	Фрезерование получистовое	15,16,17,18	9	12,5
140	Фрезерование чистовой	15,16,17,18	8	6,25
150	Сверлильная	3,4,5	7	1,25
160	Моечная		-	-
170	Контрольная		-	-

## 5 Разработка технологического процесса изготовления детали с использованием вертикально-фрезерного обрабатывающего центра

Определение стратегии механической обработки деталей, выбор режимов резания, выбор режущего инструмента, нормирование операций механической обработки с использованием САМ пакета Powermill 2012, анализ необходимости проектирования и изготовления специальных режущих инструментов и приспособлений.

### 5.1 Выбор оборудования.

На операциях предлагается использовать вертикально-фрезерный обрабатывающий центр фирмы Millstar марки MV-660. При помощи данного станка мы имеем возможность выполнять операции фрезерования, сверления, растачивания, нарезания резьбы. Точность позиционирования в данном станке составляет порядка  $\pm 0,003$ мм. Подробная характеристика приведена в таблице ниже.

Таблица 5.1- характеристики обрабатывающего центра MV660

<b>Стол</b>	
Размеры стола, мм	800 x 420
T-образные пазы, мм x шт.	100 x 18 x 4
Макс. нагрузка на стол, кг	500
<b>Перемещение</b>	
Перемещение по осям X, Y, Z, мм	660/480/450
Расстояние от торца шпинделя до стола, мм	200~650
Расстояние от центра шпинделя до колонны, мм	520
<b>Шпиндель</b>	

Конус шпинделя	BT40
Диаметр шпинделя, мм	Ø 60
Скорость вращения шпинделя, об/мин	8000 (10000, 12000)
<b>Подачи</b>	
Скорость рабочих подач по осям X, Y, Z, м/мин	10
Скорости быстрых перемещений по осям X, Y, Z, м/мин	20
<b>Устройство автоматической смены инструмента (УАСИ)</b>	
Механизм смены инструмента	Двунаправленный по кратчайшему пути
Рука-манипулятор	да
Макс. размер инструмента (диаметр x длина), мм	100 x 250
Макс. вес инструмента, кг	7
Конус инструмента	BT/CAT40
Количество инструментальных мест в магазине, шт	20 (24)
<b>Привода</b>	
Мощность эл. двигателя шпинделя (пост./кратковр.-30 мин), кВт	11 / 15
ШВП по осям X, Y, Z (диаметр x шаг), мм	40 x 10
Мощность помпы СОЖ, Вт	660
<b>Разное</b>	
Габаритные размеры (Д x Ш x В), мм	2100 x 2300 x 2580
Ёмкость бака для СОЖ, л	150
Вес (прим.), кг	3500

## 5.2 Последовательность переходов.

Изучив свойства и назначения детали, выбрав подходящее оборудование и наметив путь изготовления деталей перейдем к детальной проработке процесса изготовления, уточняя путь и составляющие операций.

Таблица 5.2 - Последовательность операций при обработке

№ операции и наименование	№ установка	Характеристика
000 Заготовительная		Заготовка 245x125x50
005 Установочная	1	Установить и закрепить заготовку в тисках
010 Фрезерная		Черновое фрезерование плоскостей 6,7,8,9,10,11,22, 23,24,25,26 с припуском 0,5мм
015 Фрезерная		Чистовое фрезерование плоскостей 6,7,8,9,10,11,22, 23,24,25,26
020 Установочная	2	Установить заготовку в тисках
025 Фрезерная		Черновое фрезерование плоскостей 1,12,13,14,15,18, 19,20,21 с припуском 0,5
030 Фрезерная		Чистовое фрезерование плоскостей 14,19
035 Фрезерная		Получистовое фрезерование плоскостей 12,20 припуск 0,3 мм.
040 Фрезерная		Чистовое фрезерование плоскостей 13,15,21
045 Фрезерная		Чистовое фрезерование плоскостей 12,20

050 Контрольная		Контролировать 12,20
055 Установочная	3	Установить заготовку в тисках
060 Фрезерная		Черновое фрезерование плоскостей 28,29,30,31 припуск 0,5мм.
065 Фрезерная		Чистовое фрезерование плоскостей 28,29,30,31
070 Фрезерная		Черновое фрезерование плоскости 32
075 Фрезерная		Чистовое фрезерование плоскости 32
080 Фрезерная		Черновое фрезерование плоскостей 15,16,17,18
085 Фрезерная		Получистовое фрезерование 15,16,17,18
090 Фрезерная		Чистовое фрезерование 15,16,17,18
095 Сверлильная		Центровать отверстия 3,4,5
100 Сверлильная		Сверлить отверстия 3
105 Сверлильная		Сверлить отверстие 4
110 Сверлильная	Сверлить отверстие 5	
115 Моечная		
120 Контрольная		Контролировать отверстия 3,4,5

### 5.3 Выбор режущего инструмента.

Для осуществления процесса обработки заготовки/детали нужно подобрать рабочий инструмент, который будет соответствовать требованиям, и обеспечивать необходимое качество обработанной

поверхности детали. Обычно выбор зависит от свойств обрабатываемого материала и специфики технологической операции.

Таблица 5.3 - Режущий инструмент

№ операции и наименование	Инструмент
000 Заготовительная	
005 Установочная	Тиски 60x160 НРАС-160S
010 Фрезерная	Фреза твердосплавная монолитная сферическая фирмы ø25 inova tools обозначение 521.250.00
015 Фрезерная	
020 Установочная	Тиски 60x160 НРАС-160S
025 Фрезерная	Фреза твердосплавная монолитная сферическая фирмы ø25 inova tools обозначение 521.250.00
030 Фрезерная	Фреза твердосплавная монолитная сферическая фирмы ø20 inova tools обозначение 521.200.00
035 Фрезерная	Фреза твердосплавная монолитная сферическая фирмы ø10 inova tools обозначение 521.100.00
040 Фрезерная	
045 Фрезерная	
050 Контрольная	Штангенциркуль 300мм
055 Установочная	Тиски 60x160 НРАС-160S
060 Фрезерная	Фреза твердосплавная монолитная

	сферическая фирмы $\varnothing 25$ inova tools обозначение 521.250.00
065 Фрезерная	Фреза твердосплавная монолитная сферическая фирмы $\varnothing 20$ inova tools обозначение 521.200.00
070 Фрезерная	Фреза твердосплавная монолитная сферическая фирмы $\varnothing 25$ inova tools обозначение 521.250.00
075 Фрезерная	Фреза твердосплавная монолитная сферическая фирмы $\varnothing 10$ inova tools обозначение 521.100.00
080 Фрезерная	Фреза твердосплавная монолитная сферическая фирмы $\varnothing 10$ inova tools обозначение 521.100.00
085 Фрезерная	Фреза твердосплавная монолитная сферическая фирмы $\varnothing 8$ inova tools обозначение 521.080.00
090 Фрезерная	Фреза твердосплавная монолитная сферическая фирмы $\varnothing 8$ inova tools обозначение 521.080.00
095 Сверлильная	сверло центровочное фирмы inova tools номер по каталогу 890.100 $\varnothing 10$ угол 90 градусов
100 Сверлильная	Сверло $\varnothing 15$ мм фирмы Mitsubishi обозначение VAPDMD1500
105 Сверлильная	Сверло $\varnothing 10,2$ мм фирмы Mitsubishi

	обозначение VAPDMD01020
110 Сверлильная	Сверло $\varnothing$ 16мм фирмы Mitsubishi обозначение VAPDMD1600
115 Моечная	
120 Контрольная	Штангенциркуль 170мм

#### 5.4 Расчет режимов резания

В нашем случае используется обрабатывающий центр с числовым программным управлением. Такая техника требовательна к назначениям режимов резания. Они используются в управляющей программе, учитывающей требования, предъявляемые к поверхностям детали, свойствам режущего инструмента. Неправильно написанная программа может привести к возникновению ситуаций, ведущих к появлению брака, поломки инструмента или же выходу из строя самого станка. Чтобы избежать неприятные ситуации и поломки дорогостоящего оборудования, производится качественный расчет режимов работы станка на каждой технологической операции.

Информация для расчетов берется из каталогов инструмента и как правило имеет рекомендательный характер. Значения скорости резания, даются в определенном производителем инструмента диапазоне.

РР подлежат корректировке в следующих ситуациях:

- 1) вылет инструмента превышает заложенные производителем допустимые величины
- 2) жесткость закрепления заготовки недостаточна
- 3) при фрезеровании тонкостенных заготовок
- 4) при некорректно написанной УП (недочет программиста ЧПУ, например: траектория инструмента заложена без скруглений)

5)заниженные режимы резания приводят к увеличению машинного времени и нарушают нормирование.

Полученные режимы резания являются теоретическими. На практике, оператор может изменять их увеличивая или уменьшая потенциометром подачу и обороты шпинделя.

Приведем все необходимые формулы для каждого из режимов.

Фрезерование:

$$V_c = \frac{\pi \cdot D_1 \cdot n}{1000} \left( \frac{\text{м}}{\text{мин}} \right)$$

$$f_z = \frac{V_f}{z \cdot n} \left( \frac{\text{мм}}{\text{зуб}} \right)$$

$$V_f = f_z \cdot z \cdot n \left( \frac{\text{мм}}{\text{мин}} \right)$$

$$n = \frac{V_c \cdot 1000}{\pi \cdot D_c} \left( \frac{\text{об}}{\text{мин}} \right)$$

$$P_c = \frac{a_p \cdot a_e \cdot V_f \cdot K_c}{60 \cdot 10^6 \cdot \mu} \text{ кВт}$$

Сверление:

$$V_c = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} \left( \frac{\text{м}}{\text{мин}} \right)$$

$$V_f = f \cdot n \left( \frac{\text{мм}}{\text{мин}} \right)$$

Расчеты можно свести к минимуму, используя функции программного продукта.

Таблица 5.4 – Режимы резания

№ операции	V <sub>c</sub> , м/мин	F <sub>z</sub> , мм/зуб; мм/об	V <sub>f</sub> м, мм/мин	n, об/мин

010	235	0,5	1250	3000
015	235	0,5	1250	3000
020	235	0,5	1500	3000
025	235	0,5	1500	3000
030	188	0,5	800	3000
035	157	0,3	2000	5000
040	157	0,3	300	5000
045	157	0,3	1200	5000
060	236	0,5	1200	3000
065	188	0,5	1200	3000
070	236	0,5	1200	3000
075	157	0,3	1200	5000
080	157	0,3	1200	5000
085	125	0,2	1200	5000
90	125	0,2	1200	5000
95	14	0,1	25	300
100	12	0,1	15	250
105	8	0,1	30	400
110	12	0,1	15	250

### 5.5 Нормирование операций

Нормирование операций является неотъемлемой частью технологического процесса. Вне зависимости от вида производства,

используемого оборудования, характеристик инструмента и прочих параметров должно проводиться нормирование труда.

Оно носит ряд функций:

1)определение необходимого количества работников (если работу может выполнить один рабочий, то нет нужды в найме десяти);

2)помогает судить о производительности и добросовестности отдельного сотрудника, вовлеченность в процесс, правильная организация рабочего времени, предотвращение халатного отношения к рабочим обязанностям;

3)возможность увидеть потенциал персонала и предприятия в целом;

4)играет важную роль в сопоставимой оценке трудовой деятельности рабочих, назначение и выдача заработной платы на основании выполненного объема работы и качества её выполнения.

Нормирование труда должно быть:

1)всеобщим (рассчитываемое для всего привлечённого персонала, а не на одну группу рабочих)

2)оптимальным (нагрузки, объём работы и прочие показатели должны быть одинаковы для единого вида работ)

3)обоснованными (включают в себя технологические, физические и психологические показатели)

4)динамичными (недопустимость излишних простоев, времени отдыха, нагрузка на рабочих и людей должна быть оптимизирована)

По нормированию операций существуют общепринятые показатели и коэффициенты.

В данном дипломном проекте у нас принято единичное производство, а оно характеризуется более укрупненными нормативами вспомогательного времени. Найдем все необходимые материалы для расчета.

Основное время обработки считается по формулам из каталогов инструмента.

Для сверлильных операций

$$T_c = \frac{l_d \cdot i}{n \cdot f}$$

Для фрезерных операций

$$T_c = \frac{L}{V_f}$$

Расчетную часть можно сократить, используя возможности оборудования. Так как работа ведется в САМ пакете: пишется УП на стойку станка, это позволяет не проводить расчетов. При написании управляющей программы, на каждую операцию задаётся определенный режимы работы, возможности САМ пакета позволяют получать длительность каждой операции в автоматическом режиме. Вследствие этого пропадает необходимость расчетов. Все основные параметры берутся из характеристики каждой операции.

Таблица 5.5 – Расчет основного времени для операций детали

№ операции	$v_f$ мм/мин	$T_c$
005	1200	2.3
010	1250	2.4
015	1250	2.4
020	1500	1.8
025	1500	1.8
030	800	3.4
035	2000	1.4

040	300	6.6
045	1200	2.2
060	1200	2.2
065	1200	2.2
070	1200	2.2
075	1200	2.2
080	1200	2.2
85	1200	2.1
90	1200	2.1
95	25	8
100	15	1.3
105	30	0.7
110	15	1.3

Общее время 64,3 мин.

Машинное время является составляющей от всего необходимого времени. Все операции необходимые для нормальной работы и функционирования станка требуют определенного временного промежутка.

Для детали :

1) Перед установкой заготовки (приспособления) на стол необходимо его подготовить. Поверхность нужно промыть pistolетом СОЖ и pistolетом с воздухом, после чего протереть тряпкой.

Проверить заготовку на наличие заусенцев. При необходимости удалить напильником или шабером.

Суммарная продолжительность операций: 4 минуты.

## 2) Установка тисков (выставить в горизонт)

Подобрать по высоте параллельки и установить их в местах свободных от отверстий детали.

Установить упор.

Время: 20 минут

## 3) Нахождение 0 заготовки при помощи индикатора рычажного типа (чертик).

Необходимо выставить заготовку в горизонт, обкатать кромки и найти центр.

Продолжительность: 10 минут.

## 4) Собрать инструмент:

- подобрать цанги по диаметру инструмента

- продуть и прочистить цанговые патроны и цанги пистолетом с воздухом

- предварительно зажать инструмент в цанговом патроне для выставления его вылета

- окончательно зажать инструмент

Общее время: 15 минут

## 5) Замер длины инструмента.

Нулим инструмент при помощи системы измерения вылета инструмента Renishaw TS-27R. Преимущество измерения инструмента при помощи этой системы заключено в скорости замера и точности (исключается человеческий фактор). А точность замера напрямую влияет на точность детали.

Продолжительность: 10 минут.

7) Во вспомогательное время входит загрузка управляющей программы на стойку станка.

Время: 5 минут.

8) Замер диаметра отверстия при помощи нутрометра = 2-3 минуты

9) Замер толщины детали при помощи штангенциркуля = 1 минута

Для окончательного расчёта используются формулы

Таблица 5.6-Нормирование времени

№ операции	T <sub>с</sub>	T <sub>вс</sub>	T <sub>оп</sub>	T <sub>то</sub>	T <sub>от</sub>	T <sub>пз</sub>	T <sub>шт</sub>	T <sub>шк</sub>
005	2.3	0,5	81	1,62	-	10	82,62	83,62
010	2.4	0,5	2,8	0,056	-	-	2,856	2,856
015	2.4	0,5	2,416	0,048	-	-	2,464	2,464
020	1.8	0,5	0,95	0,019	-	-	0,969	0,969
025	1.8	0,5	0,733	0,014	-	-	0,747	0,747
030	3.4	0,5	1,016	0,020	-	-	1,036	1,036
035	1.4	0,5	1,433	0,028	-	-	1,461	1,461
040	6.6	0,5	2,05	0,041	-	-	2,091	2,091
045	2.2	0,5	2,166	0,043	-	-	2,209	2,209
060	2.2	0,5	81	1,62	-	10	82,62	83,62
065	2.2	0,5	2,8	0,056	-	-	2,856	2,856
070	2.2	0,5	2,416	0,048	-	-	2,464	2,464
075	2.2	0,5	0,95	0,019	-	-	0,969	0,969
080	2.2	0,5	0,733	0,014	-	-	0,747	0,747
85	2.1	0,5	1,016	0,020	-	-	1,036	1,036
90	2.1	0,5	1,433	0,028	-	-	1,461	1,461
95	8	0,5	2,05	0,041	-	-	2,091	2,091
100	1.3	0,5	2,166	0,043	-	-	2,209	2,209

105	0.7	0,5	81	1,62	-	10	82,62	83,62
110	1.3	0,5	2,8	0,056	-	-	2,856	2,856

## 5.6 Обзор управляющих программ для станка с ЧПУ MV660

ЧПУ станок MV660 оснащен системой ЧПУ Fanuc 0iMD

рассмотрим программный код некоторых операций. Программа сверления сверлом  $\varnothing 10.2$  операция 105.

1. Цикл сверления отверстий с периодическим выводом сверла

**%O090\_D5-8** - Начало программы. (Альтернатива Begin pgm heidenhain)

( **START OPERATION 090\_D5-8** ) – комментарий указывающий на номер ЧПУ программы

( **D5.8: D=5.8 R=0 L=50** ) – комментарий информирующий о параметрах инструмента

**N1T05M06** - T05 указывает на номер инструмента который вызывает команда M06

**N3G00G90G17G54G40** – G00 ускоренный ход; G90 перемещений относительно абсолютных координат; G17 рабочая плоскость XY; G54 Активирование выбранной нулевой точки; G40 отмена коррекции на радиус инструмента при сверлении коррекция не нужна

**N5S713M3** – S определение числа оборотов шпинделя; M3 включение шпинделя по часовой стрелке

**N7G43H5Z162.** – G43 включение коррекции на длину инструмента; H5 указание номера ячейки инструмента на который включается корректор

**N9X8.Y-41.5M8** – позиционирование инструмента к точке сверления относительно активированной нулевой точки G54; M8 включение СОЖ

**N11G0Z61.5** - G0 ускоренное перемещение; Z 61,5 позиционирование инструмента по оси Z

**N13G83X8.Y-41.5Z20.758R39.5F57.Q6.** – G83 определение цикла сверления; X8.Y-41.5 позиционирование к точке начала сверления; расстояние от

плоскости безопасности до дна отверстия Z20.758; R39.5 расстояние от второй плоскости безопасности до дна отверстия; Q6 глубина каждого прохода

**N15G80** – отмена цикла

**N17G0Z61.5** – G0 ускоренное перемещение; Z61.5 позиционирование инструмента по оси Z

**N19X317.Z61.5** – переход ко второй точке сверления

**N21G83X317.Y-41.5Z20.758R39.5Q6.** – Повтор цикла

**N23G80**

**N25G0Z61.5**

**N27G28G91Z0** G28 возврат в референтную позицию по оси Z G91 инкрементное программирование

**N29G28G91Y0**

**N31M30** конец программы %

2.Послойное фрезерование:

**%O055\_D16R8** –Начало программы

( **START OPERATION 055\_D16R8** ) – комментарий указывающий на номер ЧПУ программы

( **D16R8: D=16 R=8 L=50** ) – комментарий информирующий о параметрах инструмента

**N1T02M06** – T02 указывает на номер инструмента который вызывает команда M06

**N3G00G90G17G54G40** – G00 ускоренный ход; G90 перемещений относительно абсолютных координат; G17 рабочая плоскость XY; G54 Активирование выбранной нулевой точки; G40 отмена коррекции на радиус инструмента при сверлении коррекция не нужна

**N5S2387M3** – S задание числа оборотов шпинделя; M3 включение шпинделя по часовой стрелке

**N7G43H2Z162.** – G43 включение коррекции на длину инструмента; H2 указание номера ячейки инструмента на который включается корректор

**N9X83.492Y-66.69M8** – позиционирование инструмента к точке обработки относительно активированной нулевой точки G54; M8 включение СОЖ

**N11G0Z61.5** – G0 ускоренное перемещение; Z 61,5 позиционирование инструмента по оси Z

**N13Z30.76**

**N15G1Z29.76F955.**

**N17G41D2X83.512Y-66.191** G41 включение корректора на радиус инструмента слева

**N19X83.451Y-65.745**

**N21G3X91.185Y-59.121I.555J7.179** G3 круговая интерполяция против часовой стрелки ИК вектора

## 6 Расчет и проектирование специального инструмента

Режущий инструмент для станков с ЧПУ представлен, как правило, стандартным и специальным инструментами. Специальные инструменты в свою очередь делятся на комбинированные и модульные. Конструкции стандартных инструментов приведены в справочниках, они являются инструментом общего назначения и рекомендуются для использования на различных станках с ЧПУ.

В данной работе, учитывая то, что работа ведется в условиях единичного производства, использование специального инструмента не целесообразно и не экономично. Весь инструмент мы будем выбирать из каталогов компаний, то есть он будет универсальным.

## 7 Проектирование станочного приспособления

Важным элементом технологической системы при механической обработке является приспособление. Оно влияет на такие важные параметры, как точность обработки детали и производительность. В данном разделе приведен расчет зажимного пневматического приспособления.

Наибольшие силы резания возникают на первом переходе, при фрезеровании поверхностей 9 и 10.

Исходя из высоких скоростей резания при которых обрабатывается сталь, предлагается воспользоваться фрезой с твердосплавными круглыми пластинами.

Марки твердых сплавов выбирают в зависимости от обрабатываемого материала и характера обработки для чистовой обработки применяется твердый сплав с меньшим содержанием кобальта и большим содержанием карбидов. В качестве материала пластин примем сплав Т15К6.

Рассчитаем скорость резания и силы, возникающие при фрезеровании.

Допустимая (расчётная) скорость резания определяется по эмпирической формуле

$$V = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^u \cdot Z^p} \cdot K_v$$

$$V = 500 \text{ м/мин.}$$

где  $C_v$  - коэффициент, характеризующий материал заготовки и фрезы;

$T$  - стойкость фрезы (мин);

$t$  - глубина резания (мм);

$S_z$  - подача на зуб (мм/зуб);

$B$  - ширина фрезерования (мм);

$Z$  - число зубьев фрезы;

$q, m, x, y, u, p$  - показатели степени;

$K_v$  - общий поправочный коэффициент на изменённые условия обработки.

$P_z$  - главная составляющая (касательная) силы резания

Главная составляющая силы резания  $P_z$  при фрезеровании определяется по формуле

$$P_z = \frac{10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot B^u \cdot z}{D^q \cdot n^w} \cdot K_p$$

где  $C_p$  - коэффициент, характеризующий обрабатываемый материал и другие условия;

$K_p$  - общий поправочный коэффициент, представляющий собой произведение коэффициентов, отражающих состояние отдельных параметров, влияющих на величину силы резания,

$$K_p = K_{\mu p} \cdot K_{v p} \cdot K_{\gamma p} \cdot K_{\varphi p},$$

-  $K_{\mu p}$  - коэффициент, учитывающий свойства материала обрабатываемой заготовки;

-  $K_{v p}$  - коэффициент, учитывающий скорость резания ;

-  $K_{\gamma p}$  - коэффициент, учитывающий величину переднего угла  $\gamma$  ;

-  $K_{\varphi p}$  - коэффициент, учитывающий величину угла в плане  $\varphi$  ;

Величина радиальной составляющей силы резания  $P_y$  может быть определена по соотношению  $P_y \approx 0,4 P_z$ .

$$P_y = 67,36H ;$$

Определим необходимое усилие зажима, препятствующее провороту заготовки в кулачках:

$$W_z = \frac{2P_z \cdot k}{f};$$

$$W_z = 4939,7H$$

Значение коэффициента запаса  $K$ , в зависимости от конкретных условий выполнения технологической операции, определяется по формуле:

$$K = K_0 K_1 K_2 K_3 K_4 K_5 K_6,$$

$$K=4.4$$

Коэффициент трения  $f$  между заготовкой и сменным кулачком зависит от состояния его рабочей поверхности. Примем форму рабочей поверхности кулачка с кольцевыми канавками и  $f = 0,3$

Определим усилие зажима, препятствующее провороту заготовки вокруг оси.

$$W_y = \frac{1,5k(L \cdot P_y)}{f \cdot d};$$

$$W_y = 4939,7\text{Н}$$

Для дальнейших расчётов принимаем наихудший случай;  $W = 4939,7$   
Н.

Величина усилия зажима  $W_1$  прикладываемая к постоянным кулачкам несколько увеличивается по сравнению с усилием  $W$  и рассчитывается по формуле:

$$W_1 = \frac{W}{(1 - (\frac{2l_k}{H_k})) \cdot f};$$

$$W_1 = 9147,59\text{Н}.$$

Рассчитаем усилие зажима:

$$Q = \frac{W_1}{i_c};$$

где  $i_c$  - передаточное отношение по силе зажимного механизма. Данное отношение для рычажного механизма равно:

$$i_c = A/B,$$

где  $A$  и  $B$  - плечи рычага.

$$A=30, B=15.$$

$$Q = 4573,795\text{Н}.$$

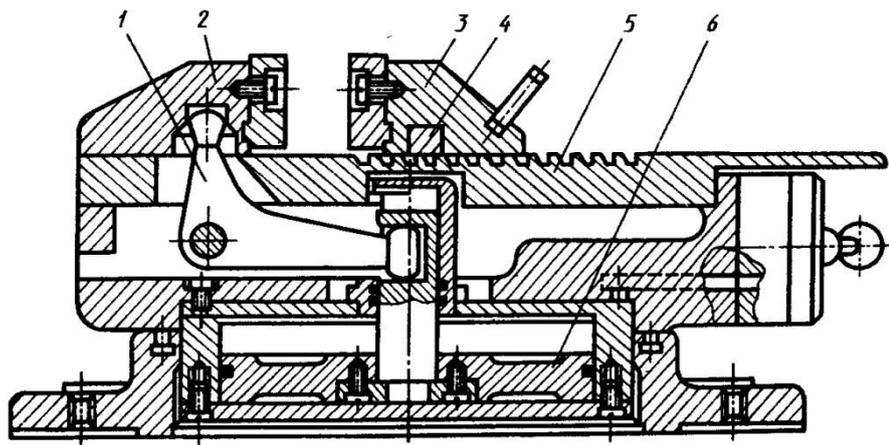


Рисунок 7.1 – Общий вид тисков

## 8 Расчет и проектирование режущего инструмента

К проектированию принята сферическая фреза, применяемая для обработки на операции.

Сферическая фреза применяется для подборки радиусов.

Режущая часть фрезы изготавливается из твердого сплава TiAlM. Твердость после термообработки составляет HRC ~ 90. Инструментальный материал позволяет работать при высоких скоростях.

Режущие кромки торцев зубьев сферической фрезы расположены симметрично. Передний угол  $\gamma$  фрезы на торце  $10^\circ$ , на цилиндре  $8^\circ$ , задний угол  $\alpha$  на торце равен  $20^\circ$ , на цилиндре  $12^\circ \dots 14^\circ$ .

Точность изготовления фрезы на диаметре 0,015 , точность изготовления хвостовика h5

Допускаемое уменьшение диаметра фрезы по направлению к хвостовику должно быть не более 0,02 мм на длине рабочей части. Прямая конусность на рабочей части не допускается. На задней поверхности зубьев фрез вдоль главных режущих кромок допускается цилиндрическая ленточка шириной не более 1,0 мм.

Форма зуба должна удовлетворять следующим требованиям

- обеспечивать достаточную прочность и массивность зуба;
- образовывать межзубную впадину большого для размещения стружки и хорошего ее отвода;
- впадина не должны иметь острых углов и резких переходов во избежание трещин после закалки;
- допускать достаточно большое количество переточек.

Проектирование профиля зуба сферической фрезы:

Канавка зуба сферической фрезы ограничена углом  $\theta = \eta + \varepsilon + \gamma$ ,

где  $\eta$  – угол зуба ограниченный поверхностью спинки зуба и касательной к передней поверхности зуба в определенной точке;

$\varepsilon$  – угол между вершинами зубьев,

$$\varepsilon = \frac{360^{\circ}}{Z_i} = \frac{360^{\circ}}{4} = 90^{\circ}$$

$\gamma$  – передний угол на цилиндре,  $\gamma = 8^{\circ}$ ;

$\theta$  – угол канавки в промышленном сечении к цилиндрическому зубу  $\theta = 100^{\circ}$

$$\text{Тогда } \eta = \theta - \varepsilon - \gamma = 100^{\circ} - 180^{\circ} - 8^{\circ} = - 88^{\circ}$$

Для обеспечения условий резания режущие кромки необходимо располагать противоположно друг другу.

Для сферической фрезы характерна усиленная форма зуба, т.к. осевой

$$\text{шаг } t_s = \frac{\pi D}{z} = \frac{3,14 \cdot 6}{2} = 9,42 > 8 \text{ и } \frac{D}{z} = \frac{6}{2} = 3 > 2,$$

где  $D$  – диаметр фрезы, мм.

Основные размеры сферической фрезы принимаются по справочнику:

Наружный диаметр  $d = 6N9$ .

Диаметр хвостовика  $d = 6$  мм.

Длина фрезы  $L = 100$  мм.

Длина рабочей части  $l = 12$  мм.

Число зубьев  $z = 2$ .

Угол наклона зубьев фрезы  $\omega = 33^{\circ}$ .

Главный угол в плане  $\varphi = 5^{\circ}$ .

Диаметр сердцевин

$$d_c = 0,45 \cdot d_0,$$

где  $d_0$  – диаметр основания канавок фрезы, мм

$$d_c = 0,45 \cdot 7 = 3,2 \text{ мм}$$

При построении профиля поперечного сечения нормального к цилиндрическим зубьям фрезы необходимо выполнять в следующей последовательности:

1) проводим окружность диаметром  $d$ ;  $d_0$ ;  $d_c$ ; где  $d$  – диаметр фрезы,  $d = 6$  мм;  $d_0$  – диаметр основания ленточек, при высоте ленточек  $H = 0,5$  мм,

$d_0 = d - 2H = 6 - 1,0 = 5,0$  мм,  $d_c$  – диаметр сердцевин фрезы,  $d_c = 2,5$  мм;

(рис.1)

- 2) строим луч от оси, соединяющей вершины зубьев фрезы, под углом  $\theta = 100^\circ$ , который определит ширину канавки;
- 3) из точки  $a$  проводим линию спинки зуба под углом  $\xi = 82^\circ$ .
- 4) из точки  $b$  проводим линию передней поверхности под углом  $\gamma = 8^\circ$ .
- 5) рассчитываем радиус спинки зуба  $R$  по формуле.

$$R = \frac{d_0^2 - d_c^2}{4(d_c - d_0 \cos \xi)},$$

где  $d_0$  – диаметр основания канавок фрезы, мм;

$d_c$  – диаметр сердцевины, мм

$\xi$  – угол спинки зуба.

$$R = \frac{5^2 - 2,5^2}{4(2,5 - 8 \cos 82^\circ)} = 3,38 \text{ мм}$$

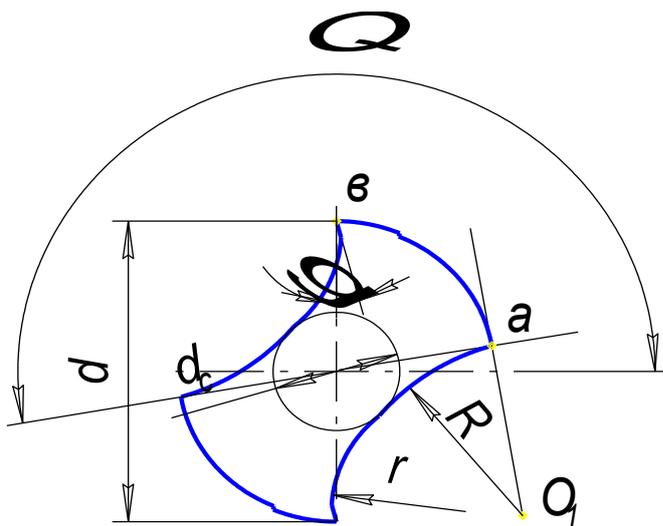


Рис 8.1 - Профилирование канавок фрезы

По нормали к линии спинки зуба откладываем его от точки  $a$ ; из полученного центра  $O_1$  проводим дугу окружности радиуса  $R$ . При точном построении она должна касаться окружности диаметра окружности сердцевины;

б) подбираем окружность радиуса  $R_1$  так, чтобы она касалась дуги окружности радиуса  $R$  и линии передней поверхности; при этом, точка касания не должна выходить во вне за касательную к передней поверхности зуба;

7) из построения на чертеже  $R_1 = 1,2$  мм

## 9 Безопасность и экологичность технического объекта

### 9.1 Конструктивно-технологическая характеристика объекта

Таблица 9.1 - 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	Механическая обработка	Фрезерование Сверление	Оператор станка с ЧПУ	Вертикально-фрезерный обрабатывающий центр	Ст45

### 9.2 Идентификация производственно-технологических и эксплуатационных профессиональных рисков

Таблица 9.2 – Идентификация профессиональных рисков

№ п/п	Производственно-технологическая и/или эксплуатационно-технологическая операция, вид выполняемых работ	Опасный и /или вредный производственный фактор	Источник опасного и / или вредного производственного фактора
	Агрегатная	Физические: острые кромки, заусенцы, шероховатость на	Оборудование Вертикально-фрезерный обрабатывающий центр Режущий инструмент: фреза,

		поверхности. Физические: повышенный шум	сверло Режимы резания
--	--	---	--------------------------

9.3 Методы и технические средства снижения профессиональных рисков.

Таблица 9.3 – 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	Значительный нагрев поверхности заготовки	Вредоносный фактор можно снизить путем смены оборудования	При необходимости в транспортировке заготовки следует применить специализированные ухваты или использовать работа
2	Острые кромки , заусенцы, микронеровности, повышенный шум, нагрев рабочей зоны	Использовать специальные оградительные сооружения, использовать систему световых завесов, оптимизация выбора режимов резания,	Аккуратно эксплуатировать оборудование, использовать защитные наушники и во время работы на оборудовании использовать

		использовать смазывающей охлаждающей жидкости (СОЖ)	перчатки, использовать защитные очки и рабочий фартук .
--	--	--	--

9.4 Обеспечение пожарной и техногенной безопасности рассматриваемого технического объекта.

Таблица 9.4 – Идентификация классов и опасных факторов пожара

№ п/п	Участок, подразделение	Оборудование	Класс пожара	Опасные факторы пожара	Сопутствующие проявления факторов пожара
1	Станочный цех	Вертикально-фрезерный обрабатывающий центр	В	Пламя и искры	Образующиеся в процессе пожара осколков технологической системы(оснастка, оборудовании, инструмент) Замыкание высокого электрического напряжения на токопроводящие части технологической системы

9.5 Разработка технических средств и организационных мероприятий по обеспечению пожарной безопасности технического объекта.

Таблица 9.5 - Технические средства обеспечения пожарной безопасности

Первичные средства пожаротушения	Мобильные средства пожаротушения	Стационарные установочные системы пожаротушения	Средства пожарной автоматики	Пожарное оборудование	Средства индивидуальной защиты и спасения людей при пожаре	Пожарный инструмент (механизированный и немеханизированный)	Пожарные сигнализация, связь и оповещение.
Пенные и водные	Воздушно-пенные	Установка водн. тушения	Тепловые	Водопенное оборудование	Пременимые специальные повязки на лицо	немеханизированный	Локальное оповещение
Порошковые	Комбинированные	Спринклерные	Дымовые	Генераторы пены	Повязки	механизированный	дистанционное
Углекислотные	Комбинированные	Дренчерные	Световые	Гидранты	Повязки	механизированный	Связь с аппаратуры

9.6 Организационные (организационно-технические) мероприятия по предотвращению пожара.

Таблица 9.6 - Противопожарные мероприятия

Наименование технологического процесса, оборудования технического объекта	Наименование видов реализуемых организационных (организационно-технических) мероприятий	Предъявляемые требования по обеспечению пожарной безопасности, реализуемые эффекты
Вертикально-фрезерный обрабатывающий центр	Оснащение гидрантов и порошковых огнетушителей и пожарные шкафы	При возгорании малого очага использовать ручной огнетушитель, при крупном возгорании использовать средства оповещения и применить гидрант на очаг возгорания. Также в шкафах можно воспользоваться средствами индивидуальной защиты

9.7 Обеспечение экологической безопасности рассматриваемого технического объекта.

Таблица 9.7 – Идентификация экологических факторов технического объекта

Наименование технического объекта, технологического процесса	Структурные составляющие технического объекта, технологического процесса (производственного здания или сооружения по функционально	Воздействию технического объекта на атмосферу (вредные и опасные выбросы в окружающую	Воздействие технического объекта на гидросферу (образующие сточные воды, забор воды из источников водоснабжен	Воздействие технического объекта на литосферу (почву, растительный покров, недра) (образование отходов,
--	--	---	---	---

	му назначению, технологические операции, оборудование), энергетическая установка транспортное средство и т.п.	ую среду)	ия)	выемка плодородного слоя почвы, отчуждение земель, нарушение и загрязнение растительного покрова и т.д.)
Обработка металла резанием	Вертикально-фрезерный обрабатывающий центр	Выброс оксидов металла в виде пыли от режущего инструмента и заготовки	Отходы СОЖ	Загрязнение почвы пылью, металлической стружкой.

Таблица 9.8 – Разработанные организационно-технические мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия технического объекта на окружающую среду.

Наименование технического объекта	Вертикально-фрезерный обрабатывающий центр
Мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия на атмосферу	Применение сухих пылеуловителей такие как циклоны с последующей фильтрацией воздуха.
Мероприятия по снижению негативного	Сбор СОЖ в поддон в нише с дальнейшей её чисткой подходящим ей химическим соединением.

антропогенного воздействия на гидросферу	
Мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия на литосферу	Сбор металлической стружки для последующей переработки с целью повторного использования.

#### Заключение:

1. В разделе «Безопасность и экологичность технического объекта» приведена характеристика технологического процесса изготовления, должности работников, производственно-техническое и инженерно-техническое оборудование, применяемые сырьевые технологические и расходные материалы, комплектующие изделия и производимые изделия.

2. Проведена идентификация профессиональных рисков по осуществляемому технологическому процессу, выполняемым технологическим операциям, видам производимых работ. В качестве опасных и вредных производственных факторов идентифицированы следующие: повышенная температура рабочей зоны, запыленность, не качественная поверхность вследствие механической обработки.

3. Разработаны организационно-технические мероприятия, включающие технические устройства снижения профессиональных рисков, а именно острые кромки, повышенный шум, высокая температура рабочей зоны. Подобраны средства индивидуальной защиты для работников.

4. 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.

5. Идентифицированы экологические факторы и разработаны

мероприятия по обеспечению экологической безопасности на техническом объекте.

## 10 Экономическая эффективность работы

Любое производство должно быть эффективно в экономическом плане. Любой предприниматель, директор предприятия и т.д. заинтересован в получении прибыли, при этом применив минимальное количество ресурсов материальных, людских, временных. В противном случае он будет работать себе в убыток и обанкротится. Именно поэтому экономический расчет является необходимым.

В нашей специальности разрабатывается технологический процесс, затраты на который должны быть оптимальными, то есть обеспечить нормальный производственный процесс.

Поскольку цель рабочего проекта это ТП изготовления детали, экономический анализ будет направлен на изучение себестоимости проектируемого варианта.

### 10.1 Краткое описание технологического процесса.

На вертикально-фрезерном обрабатывающем центре фирмы Millstar MV-660 проводится обработка заготовки различным по назначению и характеристикам РИ : корпусные фрезы, свёрла.

Характер нашего производства: единичный.

Условия труда не выходят за рамки нормальных.

Характер оплаты трудовой деятельности – повременная (назначение премий осуществляется управлением)

Во время выполняемого расчёта убеждаемся - необходимо и достаточно 1 единица оборудования (вертикально-фрезерный ОЦ).

Удельные капитальные вложения составили 159387,07 рублей.

Требуемые начисления на заработную плату 1465,12.

Затраты, выделяемые на содержание и эксплуатацию оборудования 96830.

Таблица 10.1 - Калькуляция себестоимости обработки детали ТП

№	Перечень затрат	Затраты, руб.	Структура себестоимости %
1	Материалы (вычитаем отходы): М	29,7*301,92= 8967,024	5,727
2	Основная заработная плата рабочих операторов: $З_{ПЛ.ОСН} = З_{ПЛ.НАЛ}$	4884,043	3,119
3	Начисления на заработную плату: $H_{З.ПЛ}$	1465,212	0,935
4	Расходы на содержание и эксплуатацию оборудования: $P_{Э.ОБ}$	96830	81,722
	Итого технологическая себестоимость: $C_{ТЕХ} = M + З_{ПЛ.ОСН} + H_{З.ПЛ} + P_{Э.ОБ}$	126569,362	100
5	Общехимические накладные расходы: $P_{ЦЕХ} = З_{ПЛ.ОСН} \cdot K_{ЦЕХ}$	8400,553	
	Итого цеховая себестоимость: $C_{ЦЕХ} = C_{ТЕХ} + P_{ЦЕХ}$	134969,915	
6	Заводские накладные расходы: $P_{ЗАВ} = З_{ПЛ.ОСН} \cdot K_{ЗАВ}$	4884,043	
	Итого заводская себестоимость $C_{ЗАВ} = C_{ЦЕХ} + P_{ЗАВ}$	139853,958	
7	Внепроизводственные расходы $P_{ВН} = C_{ЗАВ} \cdot K_{ВНП}$	509,561	
	Всего полная себестоимость	140363,519	

	$C_{ПОЛ} = C_{ЗАВ} + P_{ВН}$		
--	------------------------------	--	--

## 10.2 Расчет показателей экономической эффективности проектируемого варианта техники (технологии)

Для выполнения данного пункта используем методику расчёта эффективности внедрения предложений, согласно которой были найдены основные параметры, которые представлены в таблице.

Таблица 10.2 – Технические параметры

Технические параметры проекта			
1.	Количество оборудования	$C_{ПР.ОБЩ}, шт$	1
2.	Средний коэффициент загрузки оборудования	$K_{З.СР}$	0,05
3.	Длительность производственного цикла (для станков с ЧПУ)	$T_{Ц}, мин$	427,027

Таблица 10.3 - Экономические показатели

Экономические показатели проекта			
1.	Капитальные вложения в проект	$K_{ВВ.ПР}, руб$	229970
2.	Чистая ожидаемая прибыли	$П_{ЧИСТ}, руб$	340727,038
3.	Налог на прибыль	$Н_{ПРИБ}, руб$	85181,759
4.	Срок окупаемости инвестиций	$T_{ОК}, лет$	6
5.	Интегральный экономический эффект (чистый дисконтируемый доход)	$Э_{ИНТ} = ЧДД, руб$	135659,78
6.	Индекс доходности	$ИД, руб / руб$	1,085

Вывод: при работе над данным проектом капитальные вложения в проект составили 229970 руб., чистая ожидаемая прибыль составляет 340727,08 руб. Данный проект окупится в течении 6 лет, а экономическая выгода составит 135659,78 руб. Что может говорить о доходности данного технологического решения.

## Заключение

В данной выпускной квалификационной работе были решены следующие задачи:

1. Проведен литературный обзор на изготовление сложноконтурных деталей;
2. Выполнена разбивка математической модели детали с возможностью единичного изготовления;
3. Разработаны теоретические схемы базирования, схемы установки, определены маршруты обработки детали;
4. Разработан технологический процесс изготовления детали;
5. Рассчитано и спроектировано специальное станочное приспособление;
6. Рассчитан и спроектирован режущий инструмент;
7. Определены вредные и опасные факторы, меры для их минимизации;
8. Проведено экономическое обоснование технологического процесса.

В результате работы получена технология изготовления корпуса суппорта, комплексы программ для станка с ЧПУ и приспособление для обработки, которые позволяют обеспечить возможность выпуска изделия.

## Список используемых источников

- 1 Горбачевич, А.Ф. Курсовое проектирование по технологии машиностроения: учебное пособие для вузов/ А.Ф. Горбачевич, В.А. Шкред. М: – ООО ИД «Альянс», 2007 – 256 с.
- 2 Ковшов, А. Н. Технология машиностроения : учеб. для вузов / А. Н. Ковшов. - Изд. 2-е, испр. ; Гриф УМО. - Санкт-Петербург [и др.] : Лань, 2008. - 319 с.
- 3 Лебедев, В. А. Технология машиностроения : Проектирование технологий изготовления изделий : учеб. пособие для вузов / В. А. Лебедев, М. А. Тамаркин, Д. П. Гепта. - Гриф УМО. - Ростов-на-Дону : Феникс, 2008. - 361 с.
- 4 Маталин А. А. Технология машиностроения : учеб. для студ. вузов, обуч. по спец. 151001 напр. "Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроит. производств" / А. А. Маталин. - Изд. 3-е, стер. ; Гриф УМО. - Санкт-Петербург [и др.] : Лань, 2010. - 512 с.
- 5 Суслов, А. Г. Технология машиностроения : учеб. для вузов / А. Г. Суслов. - 2-е изд., перераб. и доп. ; Гриф МО. - Москва : Машиностроение, 2007. - 429 с.
- 6 Расторгуев Д. А. Проектирование технологических операций [Электронный ресурс] : электрон. учеб.-метод. пособие / Д. А. Расторгуев ; ТГУ ; Ин-т машиностроения ; каф. "Оборудование и технологии машиностроит. пр-ва". - Тольятти : ТГУ, 2015. - 140 с.
- 7 Расторгуев Д. А. Разработка плана изготовления деталей машин : учеб.-метод. пособие / Д. А. Расторгуев ; ТГУ ; Ин-т машиностроения ; каф. "Оборудование и технологии машиностроит. пр-ва". - ТГУ. - Тольятти : ТГУ, 2013. - 51 с.
- 8 Марочник сталей и сплавов / сост. А. С. Зубченко [и др.] ; под ред. А. С. Зубченко. - 2-е изд., перераб. и доп. - Москва : Машиностроение, 2003. - 782 с.

9 [www.vniinstrument.ru](http://www.vniinstrument.ru)

10 Панов, А.А. Обработка металлов резанием: Справочник технолога / А.А.Панов, В.В.Аникин, Н.Г. Байм и др.; под общ. ред. А.А. Панова. – М. : Машиностроение, 1988.

11 Технология машиностроения : учеб. пособие для вузов. В 2 кн. Кн. 1. Основы технологии машиностроения / Э. Л. Жуков [и др.] ; под ред. С. Л. Мурашкина . - Изд. 3-е, стер. ; Гриф МО. - Москва : Высш. шк., 2008. - 278 с.

12 Технология машиностроения : учеб. пособие для вузов. В 2 кн. Кн. 2. Производство деталей машин / Э. Л. Жуков [и др.] ; под ред. С. Л. Мурашкина. - Изд. 3-е, стер. ; Гриф МО. - Москва : Высш. шк., 2008. - 295 с. : ил. - Библиогр.: с. 292-293.

13 Технология машиностроения : учеб. пособие для вузов / под ред. М. Ф. Пашкевича. - Минск : Новое знание, 2008. - 477 с.

14 Справочник технолога-машиностроителя. В 2 т. Т. 1 / А. М. Дальский [и др.] ; под ред. А. М. Дальского [и др.]. - 5-е изд., испр. - Москва : Машиностроение-1, 2003. - 910 с.

15 Справочник технолога-машиностроителя. В 2 т. Т. 2 / А. М. Дальский [и др.] ; под ред. А. М. Дальского [и др.]. - 5-е изд., испр. - Москва : Машиностроение-1, 2003. - 941 с.

16 Гузеев В. И., Режимы резания для токарных и сверлильно-фрезерно-расточных станков с числовым программным управлением : справочник / В. И. Гузеев, В. А. Батуев, И. В. Сурков ; под ред. В. И. Гузеева. - 2-е изд. - Москва : Машиностроение, 2007. - 364, [1] с.

17 Режимы резания металлов : справочник / Ю. В. Барановский [и др.] ; под ред. А. Д. Корчемкина. - 4-е изд., перераб. и доп. - Москва : НИИТавтопром, 1995. - 456 с.

18 Прогрессивные режущие инструменты и режимы резания металлов : справочник / под общ. ред. В. И. Баранчикова. - Москва : Машиностроение, 1990. - 399 с.

19 Расчет припусков и межпереходных размеров в машиностроении: Учеб. пособ. Для машиностроит. спец. вузов/ Я.М. Радкевич, В.А. Тимирязев, А.Г. Схиртладзе, М.С. Островский; Под ред. В.А. Тимирязева. – 2-е изд. Высш. шк. 2007 г.

20 Афонькин, М.Г. Производство заготовок в машиностроении. / М.Г. Афонькин, В.Б. Звягин – 2-е изд., доп. и пер.ера. СПб: Политехника, 2007 – 380с.

21 Боровков, В.М. Заготовки в машиностроении : учеб. пособие для вузов по спец. 1201 "Технология машиностроения" / В. М. Боровков [и др.] ; ТГУ. - Гриф УМО; ТГУ. - Тольятти : ТГУ, 2007. - 67 с. : ил. - 34-00.

22 Металлорежущие станки [Электронный ресурс] : учебник. В 2 т. Т. 1 / Т. М. Аврамова [и др.] ; под ред. В. В. Бушуева. - Москва : Машиностроение, 2011. - 608 с.

23 Металлорежущие станки [Электронный ресурс] : учебник. В 2 т. Т. 2 / В. В. Бушуев [и др.] ; под ред. В. В. Бушуева. - Москва : Машиностроение, 2011. - 586 с.

24 Блюменштейн В. Ю. Проектирование технологической оснастки : учеб. пособие для вузов / В. Ю. Блюменштейн, А. А. Клепцов. - Изд. 3-е, стер. ; гриф УМО. - Санкт-Петербург : Лань, 2014. - 219 с.

25 Горохов В. А. Проектирование технологической оснастки : учеб. для вузов / В. А. Горохов, А. Г. Схиртладзе, И. А. Коротков. - Гриф УМО. - Старый Оскол : ТНТ, 2010. - 431 с.

26 Ермолаев В.В. Технологическая оснастка. Лабораторно-практические работы и курсовое проектирование: учеб. пособ. – М.: Изд-во «Академия», 2012. – 320 с.

27 Зубарев, Ю.М. Расчет и проектирование приспособлений в машиностроении [Электронный ресурс] : учебник. - Электрон. дан. - СПб. : Лань, 2015. - 309 с.

28 Тарабарин, О. И. Проектирование технологической оснастки в машиностроении : учеб. пособие для вузов / О. И. Тарабарин, А. П. Абызов,

В. Б. Ступко. - Изд. 2-е, испр. и доп. ; гриф УМО. - Санкт-Петербург : Лань, 2013. - 303 с.

29 Станочные приспособления : справочник. В 2 т. Т. 1 / редсовет: Б. Н. Вардашкин (пред.) [и др.] ; ред. тома Б. Н. Вардашкин [и др.]. - Москва : Машиностроение, 1984. - 592 с.

30 Станочные приспособления : справочник. В 2 т. Т. 2 / редсовет: Б. Н. Вардашкин (пред.) [и др.] ; ред. тома Б. Н. Вардашкин [и др.]. - Москва : Машиностроение, 1984. - 655 с.

31 Григорьев, С. Н. Инструментальная оснастка станков с ЧПУ : [справочник] / С. Н. Григорьев, М. В. Кохомский, А. Р. Маслов ; под общ.ред. А. Р. Маслова. - Москва : Машиностроение, 2006. - 544 с.

32 Болтон У. Карманный справочник инженера-метролога. / У Болтон – М : Издательский дом «Додэка-XXI», 2002 – 384 с.

33 Палей М. А. Допуски и посадки : справочник. В 2 ч. Ч. 1 / М. А. Палей, А. Б. Романов, В. А. Брагинский. - 8-е изд., перераб. и доп. - Санкт-Петербург : Политехника, 2001. - 576 с.

34 Палей М. А. Допуски и посадки : справочник. В 2 ч. Ч. 2 / М. А. Палей, А. Б. Романов, В. А. Брагинский. - 8-е изд., перераб. и доп. - Санкт-Петербург : Политехника, 2001. - 608 с.

35 Артамонов, Е.В. Проектирование и эксплуатация сборных инструментов с сменными твердосплавными пластинами [Электронный ресурс] : учебное пособие / Е.В. Артамонов, Т.Е. Помигалова, М.Х. Утешев. - Электрон.дан. - Тюмень :ТюмГНГУ (Тюменский государственный нефтегазовый университет), 2013.

36 Булавин, В.В. Режущий инструмент [Электронный ресурс] : учебно-методическое пособие. - Электрон. дан. - Пенза : ПензГТУ (Пензенский государственный технологический университет), 2009. — 100 с.

37 Кожевников, Д.В. Режущий инструмент [Электронный ресурс] : учебник / Д.В. Кожевников, В.А. Гречишников, С.В. Кирсанов [и др.]. - Электрон. дан. - М. : Машиностроение, 2014. — 520 с.

38 Кирсанова, Г.Н. Руководство по курсовому проектированию металлорежущих инструментов: учебное пособие для вузов по специальности «Технология машиностроения, металлорежущие станки и инструменты» / Под общ. ред. Г.Н. Кирсанова. – М.: Машиностроение, 1986. – 386 с.

39 Резников Л. А. Проектирование сложнопрофильного режущего инструмента [Электронный ресурс] : электрон. учеб. пособие / Л. А. Резников ; ТГУ ; Ин-т машиностроения ; каф. "Оборудование и технологии машиностроит. пр-ва". - Тольятти : ТГУ, 2014. - 207 с. : ил. - Библиогр.: с. 202-203.

40 Романенко, А.М. Режущий инструмент [Электронный ресурс] : учебное пособие. - Электрон. дан. - Кемерово : КузГТУ имени Т.Ф. Горбачева, 2012. - 103 с.

41 Шагун, В. И. Металлорежущие инструменты : учеб. пособие для студ. вузов / В. И. Шагун. - Гриф УМО. - Москва : Машиностроение, 2008. - 423 с.

42 Справочник конструктора-инструментальщика / В. И. Баранчиков [и др.] ; под общ. ред. В. А. Гречишникова, С. В. Кирсанова. - 2-е изд., перераб. и доп. - Москва : Машиностроение, 2006. - 541 с.

43 Вороненко, В.П. Проектирование машиностроительного производства : учеб. для вузов / В. П. Вороненко, Ю. М. Соломенцев, А. Г. Схиртладзе. - 3-е изд., стер. ; Гриф МО. - Москва : Дрофа, 2007. - 380 с. : ил. - (Высшее образование). - Библиогр.: с. 378-380.

44 Козлов, А. А. Проектирование механических цехов [Электронный ресурс] : электрон. учеб.-метод. пособие / А. А. Козлов ; ТГУ ; Ин-т машиностроения ; каф. "Оборудование и технологии машиностроит. пр-ва". - Тольятти : ТГУ, 2015. - 47 с.

45 Зубкова, Н.В. Методические указания по экономическому обоснованию курсовых и дипломных работ по совершенствованию

технологических процессов механической обработки деталей / Н.В. Зубкова – Тольятти : ТГУ, 2005.

46 Бычков, В.Я. Безопасность жизнедеятельности. Учебное пособие. [Электронный ресурс] : учебное пособие / В.Я. Бычков, А.А. Павлов, Т.И. Чибисова. - Электрон. дан. - М. : МИСИС, 2009. - 146 с.

47 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.

48 [http://www.haascnc.com/magazine\\_article2.asp?VolumeNo=-2&IssueNo=-&ArticleID=877](http://www.haascnc.com/magazine_article2.asp?VolumeNo=-2&IssueNo=-&ArticleID=877)

49 [http://www.haascnc.com/magazine\\_article2.asp?VolumeNo=-2&IssueNo=&ArticleID=1058](http://www.haascnc.com/magazine_article2.asp?VolumeNo=-2&IssueNo=&ArticleID=1058)

50 Gearbox Condition Monitoring Using Advanced Classifiers:// <http://www.ijsrp.org/research-paper-0813/ijsrp-p2096.pdf>

51 Automobile Engineering / Kirpal Singh. - Standard Publishers, Distributors, Delhi, Inc 1971. ISBN 0-7506-5131-8.

52 The Fundamentals Of Workshop Technology / Hajra Choudhury S.K. - Volume I & Volume II, Media Publishers, Inc 1997 ISBN 987-935-15-1249-7.

# **ПРИЛОЖЕНИЯ**





