

Министерство образования и науки Российской Федерации  
Федеральное государственное автономное учреждение  
высшего образования  
Российский государственный профессионально - педагогический  
университет

*СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА  
МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ДЕТАЛИ «КОРПУС РЕДУКТОРА»*

**ДИПЛОМНЫЙ ПРОЕКТ**

По направлению 44.03.04. Профессиональное обучение ( по отраслям),  
профиля подготовки «Машиностроение и материалобработка».  
профилизация «Технология и оборудование машиностроения»

Идентификационный код ВКР: 728

Екатеринбург 2016

Министерство образования и науки Российской Федерации  
Федеральное государственное автономное учреждение  
высшего образования  
Российский государственный профессионально - педагогический  
университет  
Институт инженерно – педагогического образования  
Кафедра технологии машиностроения, сертификации и методики  
профессионального обучения

К ЗАЩИТЕ ДОПУСКАЮ

Заведующая кафедрой ТМС

\_\_\_\_\_ Н.В. Бородина

«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_\_ г

*СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА  
МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ДЕТАЛИ «КОРПУС РЕДУКТОРА»*

Пояснительная записка по направлению подготовки 44.03.04  
Профессиональное обучение ( по отраслям), профиля подготовки  
«Машиностроение и материалобработка». Профилизация «Технология  
и оборудование машиностроения»

Идентификационный код ВКР: 728

Исполнитель:

студент группы ЗТО-501

Ю.А. Балыкин

Руководитель:

ст.преподаватель

С.А. Башкова

Екатеринбург 2016

## РЕФЕРАТ

Работа выполнена на основании данных ПАО Машиностроительный завод имени М. И. Калинина.

Дипломный проект содержит 97 листов машинописного текста, 39 таблиц, 16 рисунков, 19 используемых источников, приложения на 21 листах, графическую часть на 8 листах.

Дипломный проект состоит из четырех частей:

1. Технологической, в которой разработаны предложения по совершенствованию технологического процесса механической обработки детали «Корпус редуктора».

2. Конструкторской:

-эскизное конструирование общего вида приспособления;

-определение силы закрепления (силовой расчёт);

-контрольное приспособления (шаблон);

-оформление рабочей конструкторской документации.

-разработка управляющей программы

3. Экономической, включающая экономическую эффективность от внедрения более производительного оборудования и другого технологического процесса

4. Методической, где разработан план-конспект занятия теоретического обучения для повышения квалификации Операторов-наладчиков обрабатывающих центров с ЧПУ. В качестве средств обучения используются слайды и симуляторы системы ЧПУ OSP - P200M.

					<b>ДП 44.03.04.728 ПЗ</b>			
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дат</i>	Совершенствование технологического процесса механической обработки детали «Корпус редуктора»	<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
Выполнил	Балькин Ю.А.							97
Провер.	Башкова С.А.							
Н. Контр.	Суриков В.П.							
Утверд.	Бородин Н.В.							
						ФГАОУ ВО РГППУ ИИПО ГруппаЗТО-401С		

## СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	5
1. ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ.....	7
1.1. Исходная информация.....	7
1.1.1. Служебное назначении и техническая характеристика детали.....	7
1.1.2. Анализ технологичности конструкции детали.....	10
1.2. Анализ исходных данных для разработки техпроцесса.....	11
1.2.1.Определение объема партии.....	12
1.3. Разработка технологического процесса обработки детали.....	12
1.3.1. Нумерация поверхностей.....	13
1.3.2. Определение этапов обработки.....	14
1.3.3. Выбор исходной заготовки и метод ее получения.....	15
1.3.4. Выбор технологических баз.....	16
1.3.5. Составление технологического маршрута обработки детали.....	17
1.3.6. Выбор средств технологического оснащения.....	19
1.4. Технологические расчеты.....	23
1.4.1. Расчет припусков.....	23
1.4.2. Расчет режимов резания.....	28
1.4.3. Расчет технических норм времени.....	38
2. КОНСТРУКТОРСКАЯ ЧАСТЬ.....	43
2.1. Разработка управляющей программы для технологической операции обработки детали.....	49
3. ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ.....	53
3.1. Предмет экономического обоснования.....	54
3.1.1. Достоинства и недостатки базового варианта технологии.....	54
3.1.2. Исходные данные, для экономического обоснования.....	55
3.2. Определение капитальных вложений.....	61
3.3. Расчет технологической себестоимости детали.....	63
3.4. Определение экономической эффективности капитальных вложений.....	69

					<i>ДП 44.03.04.728 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		4

4. МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ.....	71
4.1. Разработка методики проведения занятия по изучению интерфейса системы ЧПУ OSP – P200M.....	71
4.2. Анализ профессионального стандарта по профессии Оператор-наладчик обрабатывающего центра.....	72
4.3. Анализ учебно-программной документации.....	75
4.4. Разработка методики проведения занятия.....	77
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	92
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ.....	93
Приложение А – Лист задания на проектирование .....	97
Приложение Б - Комплект документов на проектный технологический процесс.....	98
Приложение Г – Графическая часть ( Ф. А-1).....	

## ВВЕДЕНИЕ

Одной из главных отраслей промышленности можно с уверенностью считать машиностроение. Оно создает самую важную часть основных производственных активов, следовательно, ускорение темпов роста основа научно-технического потенциала во всех отраслях хозяйства.

Возрождение и развитие отечественной машиностроительной промышленности невозможно без развития производства на основе широкого использования достижений науки и техники, применения прогрессивных технологий. Повышение эффективности машиностроительного производства может быть осуществлено только путём его автоматизации и механизации, оснащения высокопроизводительным оборудованием.

В современных условиях широкое распространение получает технологическое оборудование с числовым программным управлением, позволяющее производить весь комплекс обработки на одном станке. Оно отличается высокой производительностью, повышенной точностью, высокой концентрацией обработки и снижением участия человека в процессе работы.

Сутью данного дипломного проекта является совершенствование существующего техпроцесса изготовления детали с целью переноса большей её части на оборудование с ЧПУ (обрабатывающий центр).

При этом обеспечивается:

- снижение трудоемкости обработки детали;
- уменьшение численности рабочих;
- рост производительности труда;
- повышение точности обработки;
- уменьшение числа занятых станков;
- снижение себестоимости изготовления.

В добавлении к этому в проекте имеется конструкторская часть, в которой проводится конструирование установочно-зажимного и контрольного приспособлений.

					<i>ДП 44.03.04.728 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		6

Кроме того, в работе рассматриваются вопросы обеспечения безопасности труда.

Так же приводится экономическое обоснование принятых решений.

					<i>ДП 44.03.04.728 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		7

# 1. ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

В данной главе производится разработка проектного варианта, технологического процесса, включающая маршрут обработки, выбор технологического оснащения, определения режимов резания и расчет технических норм времени.

## 1.1. Исходная информация

### 1.1.1. Служебное назначение и техническая характеристика детали

Деталь «Корпус» является корпусом привода ручного поворота. В корпус входят следующие детали: устанавливается вал-шестерня и вал, соединяемые шестерней, для передачи крутящего момента. Резьбовые отверстия в основании корпуса и по наружной его части являются присоединительными для ответной детали.

Корпус выполняет несколько функций. Первой является функция по определению взаимного положения частей механизма и обеспечению их взаимодействия. Вторая функция – защитная. Корпус предохраняет находящиеся внутри механизмы от внешних воздействий, таких как удары, вибрации, попадание влаги.

Корпус изготавливается из сплава алюминия АЛ9 ГОСТ 2585-63.

### 1.1.2. Анализ технологичности конструкции детали

Технологичность конструкции детали оценивается на качественном и количественном уровнях.

Качественная оценка производится по материалу, геометрии, форме, качеству поверхностей, по простановке размеров, по возможностям технологии изготовления.

Количественно оцениваются размеры и масса детали, годовая программа и объём партии выпуска.

					<i>ДП 44.03.04.728 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		8



Как отмечалось выше деталь изготавливается из сплава алюминия АЛ9, имеет габаритные размеры 180x83x64 мм и массу 0,79 кг.

Деталь принадлежит к классу корпусных и относится к третьей группе сложности.

Деталь обрабатывается с наружи, что значительно упрощает последующую обработку, т.е. имеются поверхности, которые можно использовать в качестве чистовых направляющих и опорных баз. В виду этого нет необходимости в создании искусственных технологических баз.

Рабочий чертеж детали « Корпус » содержит полный перечень технических требований, предъявляемых к подобным деталям типа корпус. На чертеже представлены все необходимые размеры, виды и сечения для точного представления формы детали

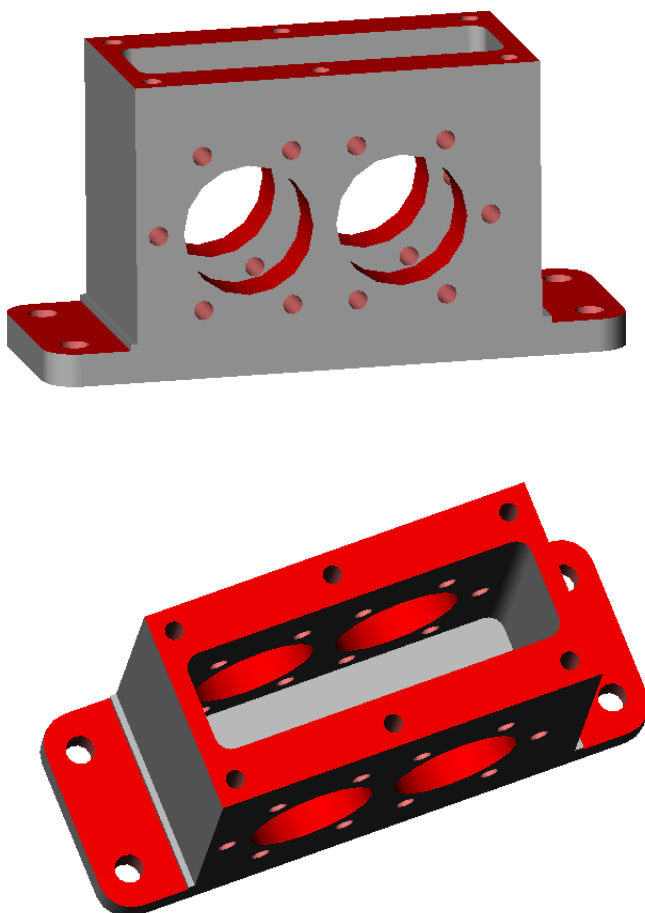


Рисунок 1- Общий вид детали

 - обрабатываемые поверхности.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ДП 44.03.04.728 ПЗ

Лист

9

Деталь изготавливается из сплава алюминия марки АЛ9 ГОСТ 2585-63, относящегося к силуминам, в состав которого входят:

Si 6-8 %;

Mg 0,2-0,4 %;

остальное – Al.

Температура плавления 660 °С.

Алюминий характеризуется повышенной тепло- и электропроводностью, хорошей коррозионной стойкостью во многих агрессивных средах, что объясняется способностью алюминия на воздухе покрываться прочной оксидной пленкой Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, защищающей деталь от дальнейшего окисления.

Из сплава отливают всеми способами литья детали малой и средней нагруженности. Это высокопрочный сплав с хорошими литейными свойствами, применяемый для производства тонкостенных, крупногабаритных, сложных по конструкции герметичных деталей.

Детали из такого сплава используют для конструкций, не подвергающихся нагреву.

Высокие литейные и технологические свойства сплава АЛ9 объясняются тем, что в него входит большое количество эвтектики. Благодаря узкому интервалу кристаллизации (33°С) обеспечивается плотная структура без рассеянной усадочной пористости, которая является одной из причин не герметичности материала.

Способность сплава выдерживать повышенное рабочее давление позволяет уменьшить размеры отливок, снизить массу и повысить экономичность в эксплуатации. Высокая теплопроводность алюминиевых сплавов способствует быстрому отводу тепла из зоны резания со стружкой и в деталь, в результате чего температура резания обычно не превышает 250 -400 °С. При таких температурах не происходит разупрочнения режущей кромки, что в сочетании с повышенной прочностью сплава, предопределяет возможность его обработки на высоких скоростях резания.

					ДП 44.03.04.728 ПЗ	Лист
						10
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

## 1.2. Исходные данные для разработки техпроцесса

Деталь имеет сложную форму, сочетающую множество конструктивных элементов, таких как выступы, отверстия, радиусные участки.

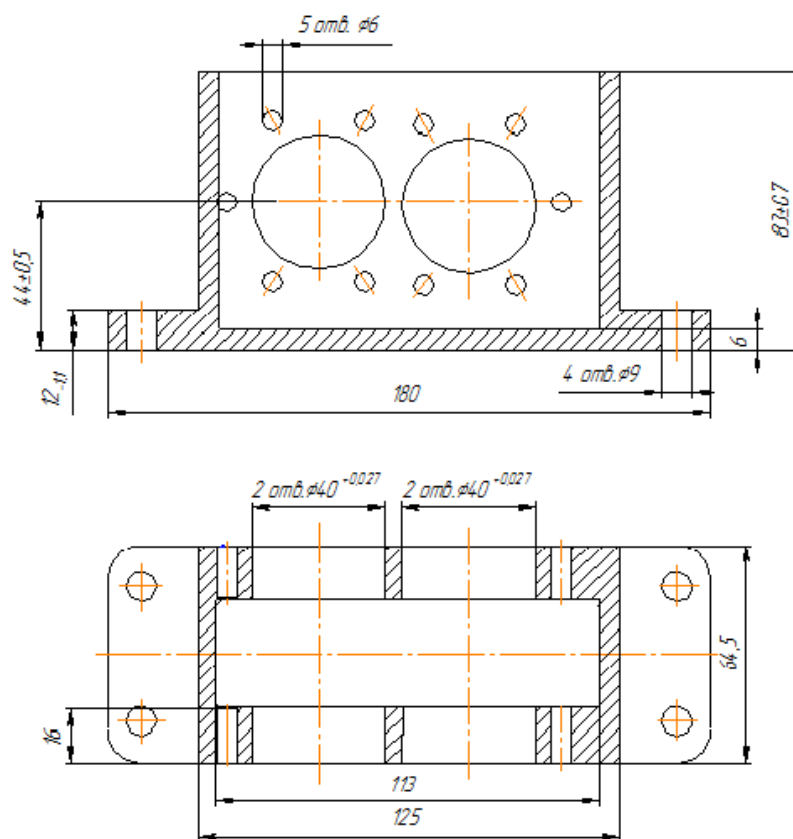


Рисунок 2 - Упрощённый вид детали

В зависимости от массы отливки из сплавов алюминия разделяют на девять групп [12 стр.205, табл.1]:

Таблица 1 - Определение объема

Группа	Алюминиевые сплавы
1	До 0,2 кг
2	0,2–0,4 кг
3	0,4–0,8 кг
4	0,8–1,6 кг
5	1,6–3,2 кг
6	3,2–6,3 кг
7	6,3–12,5 кг
8	12,5–25 кг
9	Св. 25 кг

Изделия из алюминия подразделяются на лёгкие и средние. Данная деталь относится к 3 группе, следовательно, можно утверждать, что она является лёгкой

Таблица 2 - Определение типа производства [8 стр.55, табл.3; 6 стр.42, 3.1]:

Производство	Количество обрабатываемых в год деталей одного наименования и типоразмера		
	тяжёлых (массой более 100 кг)	средних (массой более 10 до 100 кг)	лёгких (массой до 10 кг)
Единичное	До 5	До 10	До 100
Мелкосерийное	5–100	10–200	100–500
Среднесерийное	100–300	200–500	500–5000
Крупносерийное	300–1000	500–5000	5000–50000
Массовое	Более 1000	Более 5000	Более 50000

Годовой выпуск деталей составляет  $N = 3000$  дет/год. Поэтому, по данным таблицы производство является среднесерийным.

Среднесерийное производство характеризуется ограниченной номенклатурой изделий, изготавливаемых периодически повторяющимися партиями и сравнительно большим объемом выпуска, чем при единичном типе производства.

При среднесерийном производстве используются универсальные станки для черновых операций, оснащенные как специальными, так и универсальными и универсально-сборными приспособлениями, а также оборудование с ЧПУ и обрабатывающие центры, что позволяет снизить трудоемкость и себестоимость изготовления изделия

### 1.2.1. Определение объёма партии

Объём партии определяется по следующей зависимости:

$$n = \frac{N \cdot t}{\Phi} \quad (1)$$

где  $N$  - годовой объём производства;

$t$  – количество дней, на которое создаётся запас, равное 3 для среднесерийного производства при изготовлении лёгких деталей;

$\Phi$  - количество рабочих дней в году.

Тогда объём партии составит

$$n = \frac{3000 \cdot 3}{260} = 34,62 \text{ шт.}$$

Принимаем  $n=35$  штук.

### 1.3. Разработка технологического процесса обработки детали

В первую очередь необходимо подготовить чистовые базы для дальнейшей обработки. Первой обрабатывается нижняя поверхность корпуса и сверлятся отверстия в основании. Черновой базой при этом является верхнее основание корпуса. Далее обрабатывается верхнее основание и торцевые поверхности корпуса, сверлятся отверстия и нарезается резьба. Базами при этом являются: обработанная поверхность нижнего основания и отверстия в основании корпуса.

#### 1.3.1. Нумерация поверхностей

Нумерацию поверхностей производим в предполагаемой последовательности обработки, согласно выработанной ранее концепции. При этом поверхности, имеющие размеры, расположенные в одной координатной плоскости, нумеруем характерным образом, например, только нечётными числами. Пронумеровав поверхности в одной плоскости, переходим к другой и нумеруем оставшиеся поверхности опять сначала. В конце нумеруем поверхности явно не относящиеся ни к одной плоскости оставшимися цифрами. Буквами X и Y обозначаем соответствующие плоскости симметрии детали.

Такой метод нумерации поверхностей удобен для последующего проведения размерного анализа, который выполняется по координатным осям.

					<i>ДП 44.03.04.728 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		13

### 1.3.2. Определение этапов обработки

По результатам анализа данных справочной литературы, можно утверждать, что механическая обработка металлов подразделяется на несколько этапов, для каждого из которых характерны определённые показатели точности и качества поверхности.

Согласно этим критериям назначаем количество этапов обработки каждой пронумерованной поверхности.

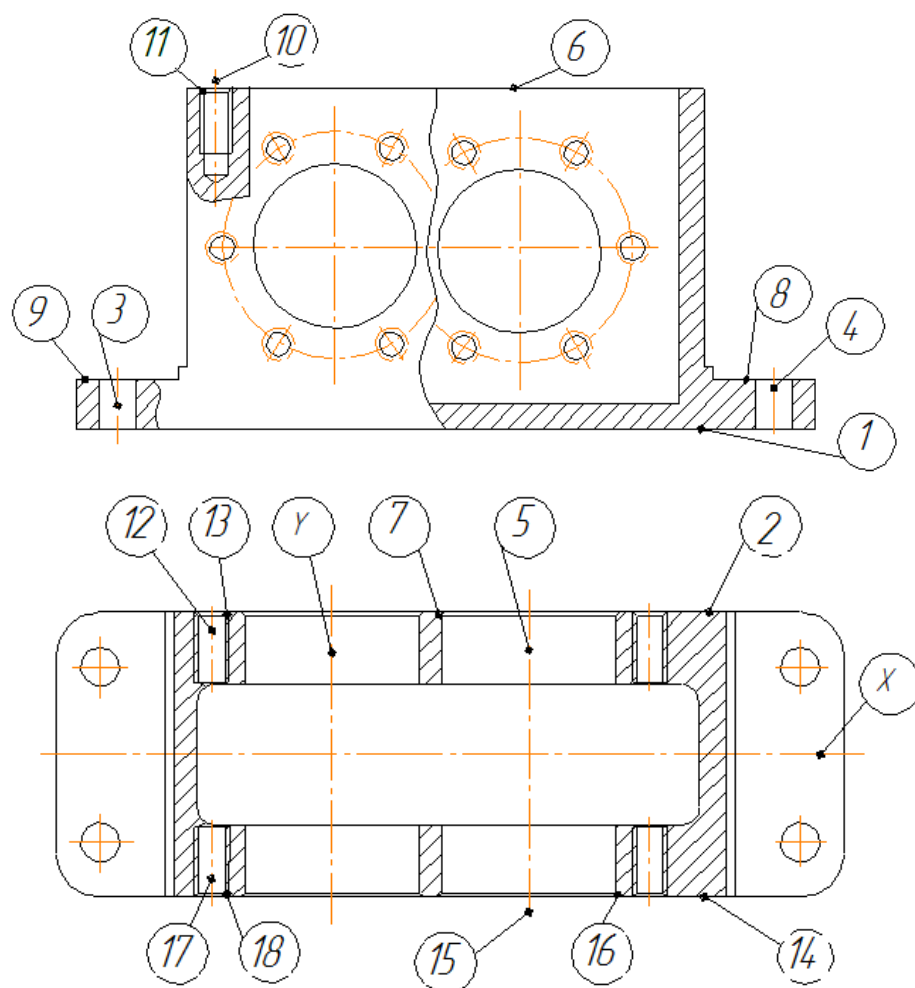


Рисунок 3 - Нумерация поверхностей

Объём обработки назначается по этапу, соответствующему заданному состоянию поверхности на чертеже детали.

Если шероховатость поверхности и точность (квалитет) попадают в разные этапы, то номер этапа принимается по более жёстким требованиям.

Каждый этап обработки может быть обеспечен разными методами. При выборе методов обработки по каждому этапу учитываются:

- конструктивные особенности детали и обрабатываемые поверхности;
- возможность метода обеспечить требуемую точность и шероховатость;
- технологические возможности металлорежущих станков, т.е. выбираем те методы, которые могут быть реализованы на этих станках.

### **1.3.3. Выбор исходной заготовки и метод её получения**

Деталь имеет простую форму, что выражается отсутствием на боковых стенках различных элементов. Заготовкой для этой детали является отливка.

Правильно выбрать заготовку – значит определить продуманный метод ее получения, установить припуски на механическую обработку каждой из обрабатываемых поверхностей, правильность того или иного метода производства. Особо важно выбрать вид заготовки и назначить наиболее приемлемые условия для ее получения в серийном производстве, когда размеры детали получают автоматически, на настроенных станках. Всегда нужно стремиться к тому, чтобы форма и размеры заготовки максимально приближались к форме и размерам детали. При правильно выбранном методе получения заготовки уменьшается механическая обработка, сокращается расход металла, режущего инструмента. Немаловажную роль при выборе заготовки играет размер и форма детали, относительно которых выбирают тот или иной метод получения заготовки.

В данном случае, учитывая форму детали, материал, массу, объем выпуска наиболее рациональным способом получения заготовки является литье в кокиль, поскольку эффективно применение кокильного литья при изготовлении отливок из алюминиевых и магниевых сплавов. Эти сплавы имеют относительно невысокую температуру плавления, поэтому один кокиль можно использовать до 10000 раз (с простановкой металлических стержней). До 45% всех отливок из этих сплавов получают в кокилях.

					<i>ДП 44.03.04.728 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		15

### 1.3.4. Выбор технологических баз

Принципы выбора черновых баз:

Для надёжного базирования и закрепления черновая база должна иметь ровную поверхность, достаточные размеры и низкую шероховатость без следов литниковых систем, разъёмов штампов.

У корпусных деталей первой обрабатывается поверхность, которая затем будет являться установочной базой.

В качестве черновых баз следует выбирать поверхности, которые затем остаются необработанными. Это обеспечивает точность взаимного положения обработанных и необработанных поверхностей.

Принципы выбора чистовых баз:

Принцип совмещения баз: в качестве технологических баз следует выбирать поверхности, которые совпадают с измерительными и конструкторскими базами.

Принцип постоянства баз: число комплектов баз при обработке должно быть минимальным, несколько операции должны выполняться с одного комплекта баз.

Таблица 3 – Принципы базирования

№ операции	Принципы базирования
010	черн.: 1,2,
015	черн.: 1,2
020	чист.: 1,2
025	чист.: 1,2

Классификация используемых баз по ГОСТ 21495-76:

Установочная база: лишает заготовку 3-х степеней свободы – перемещения вдоль одной оси и вращения вокруг двух других осей.

Направляющая база: лишает заготовку 2-х степеней свободы – перемещения вдоль одной оси и вращения вокруг другой оси.



Опорная база: лишает заготовку 1-й степени свободы – перемещения вдоль одной оси.

Таблица 4 - Поверхности, используемые для базирования

№ операции	Поверхности, используемые в качестве баз	Количество лишаемых степеней свободы
005	8,9 – Установочная	3
	14 – Опорная	2
010	1 – Установочная	3
	14 – Опорная	2
015	8,9 – Установочная	3
	14 – Опорная	2
020	1 - установочная	3
	3,4 – Опорная	2

### 1.3.5. Составление технологического маршрута обработки детали

Для получения заданной формы детали с определенными характеристиками поверхностей назначаем следующие технологические переходы

Таблица 5 - Технологические переходы

№ Перехода	№ поверхности	Квалитет	Ra, мкм	Этап	Технологический переход
1	1	14	6,3	I	Фрезеровать поверхность (1) предварительно
2	1	12	3,2	II	Фрезеровать поверхность (1) окончательно
3	3	14	6,3	I	Сверлить 2 отверстия (3) Ф9
4	4	14	6,3	I	Сверлить 2 отверстия (4) Ф8,8
5	4	10	3,2	II	Развернуть 2 отверстия (4) Ф8,95 предварительно
6	4	8	3,2	III	Развернуть 2 отверстия (4) Ф9 окончательно
7	8	14	6,3	I	Фрезеровать поверхность (8) однократно

Окончание таблицы 5

1	2	3	4	5	6
8	9	14	6,3	I	Фрезеровать поверхность (9) однократно
9	6	14	6,3	I	Фрезеровать поверхность (6) предварительно
10	6	12	3,2	II	Фрезеровать поверхность (6) окончательно
11	10,11	14	3,2	I	Сверлить 6 отверстий (10) и зенковать 6 фасок (11) одновременно
12	10	12	3,2	II	Нарезать резьбу М6-7Н в 6 отверстиях (10)
13	2	14	6,3	I	Фрезеровать поверхность 2 предварительно
14	2	12	3,2	II	Фрезеровать поверхность 2 окончательно
15	5	12	6,3	I	Расфрезеровать 2 отверстия (5)
16	5	10	3,2	II	Расточить 2 отверстия (5) предварительно
17	5,7	7	1,6	III	Расточить 2 отверстия (5) окончательно, расточить 2 фаски (7) последовательно
18	12,13	14	6,3	I	Сверлить 10 отверстий (12) и зенковать 10 фасок (13) одновременно
19	12	12	3,2	II	Нарезать резьбу М6-7Н в 10 отверстиях (12)
20	14	14	6,3	I	Фрезеровать поверхность (14) предварительно
21	14	12	3,2	II	Фрезеровать поверхность (14) окончательно
22	15	12	6,3	I	Расфрезеровать 2 отверстия (15)
23	15	14	3,2	II	Расточить 2 отверстия (15) предварительно
24	15,16	12	1,6	III	Расточить 2 отверстия (15) окончательно, расточить 2 фаски (16) последовательно
25	17,18	14	6,3	I	Сверлить 10 отверстий (17) и зенковать 10 фасок (18) одновременно
26	17	12	3,2	II	Нарезать резьбу М6-7Н в 10 отверстиях (17)

Маршрут обработки для данной детали см. в приложении А «Комплект документов на проектный технологический процесс».

### 1.3.6. Выбор средств технологического оснащения

Инструмент выбирается согласно принятым при разработке маршрута методам получения поверхностей по материалам [7, 12] с учётом следующих правил:

Размеры инструмента должны быть оптимальными:

При торцовом фрезеровании диаметр фрезы должен быть в 1,2-1,5 раза больше ширины фрезерования для полного перекрытия поверхности.

При сверлении и нарезании резьбы метчиком диаметр инструмента равняется диаметру обрабатываемого отверстия, длина должна быть достаточной для выхода стружки.

Материал инструмента должен соответствовать обрабатываемому материалу. В данном случае материал детали – сплав алюминия, инструментальный материал, соответственно, – быстрорежущая сталь марки Р6М5, в состав которой входит: углерод 0,86%, вольфрам 6%, молибден 5%, хром 4,1%, ванадий 1,9%, кобальт до 0,5%, остальное – железо [15, стр. 29].

Таблица 6 - Параметры режущего инструмента

№ операции	№ перехода	Диаметр, мм	Ширина / длина режущей части, мм	Длина, мм
010	2,3	100	35	-
015	2	30	50	-
020	2,3,4,5,6	8,8; 8,95; 9	50	125
025	2,3,7,8,14,13	100	50	-
	4,11,18	5	32	70
	5,12,19	6	20	75
	9,10,16,17,15	40	20	-

Инструмент для обрабатываемого центра выбирается по материалам [27,28,29,30], его параметры равняются соответствующему универсальному инструменту.

#### *Технологическое оборудование*

Технологическое оборудование выбирается согласно принятым методам обработки поверхностей (торцовое и цилиндрическое фрезерование, контурное фрезерование, растачивание, сверление, цекование, нарезание резьбы метчиком). При этом учитываются следующие факторы:

-размеры стола станка должны быть в 1,2-1,5 раза больше габаритных размерами детали для обеспечения возможности установки и закрепления на столе приспособления;

-мощность двигателя главного привода станка должна быть достаточной для принятого метода обработки;

-габаритные размеры и масса станка должны быть наименьшими.



Рисунок 4 - Вертикально-фрезерный станок модели FV321M

Таблица 7 - Технические характеристики вертикально-фрезерного станка модели FV321M

Параметр	Значение
Размеры рабочей поверхности стола (ширина x длина), мм	320 x 1350
Наибольшее перемещение стола, мм:	
продольное : при ручной подаче	1000
при механической подаче	980
поперечное: при ручной подаче	360
при механической подаче	340
вертикальное: при ручной подаче	460
при механической подаче	440
Перемещение гильзы со шпинделем, мм	70
Наибольший угол поворота шпиндельной головки, °	± 45
Внутренний конус шпинделя (конусность 7:24)	50
Число скоростей шпинделя	18
Частота вращения шпинделя, об/мин	40-2000

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
------	------	----------	---------	------

ДП 44.03.04.728 ПЗ

Лист

20

Окончание таблицы 7

1	2
Подача стола, мм/мин:	
продольная и поперечная	12,5-630
вертикальная	5,2-262
Скорость быстрого перемещения стола, мм/мин:	
продольного и поперечного	2500
вертикального	1040
Мощность электродвигателя привода главного движения, кВт	7,5
Габаритные размеры, мм:	
длина	2680
ширина	2110
высота	2000
Масса, кг	3100



Рисунок 5 - Радиально-сверлильный станок модели SRB-50

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ДП 44.03.04.728 ПЗ

Лист

21

Таблица 8 - Характеристики радиально-сверлильного станка модели SRB-50

Параметр	Значение
Наибольший условный диаметр сверления в стали, мм	50
Диапазон нарезаемой резьбы	M3-M33
Диаметр колонны, мм	270
Зажим колонны, рукава и головки	механический
Отжим колонны, рукава и головки	гидравлический
Расстояние от оси шпинделя до колонны, мм	min 225; max 1200
Перемещение рукава на колонне, мм	725
Перемещение сверлильной головки по направляющим рукава, мм	900
Конус Морзе отверстия шпинделя	Morse 4; (Morse 5)
Перемещение пиноли шпинделя, мм	регулирование бесступенчатое
Крутящий момент, не более, Нм	400
Осевое усилие на шпинделе, не более, Н	15 000
Пределы частот вращения шпинделя, об/мин/ Число ступеней частот вращения шпинделя/ Количество механических подач пиноли шпинделя/ Диапазон механических подач пиноли шпинделя, мм/об	0-270, 270-800, 800-1340, 1340-4000/ 4/9/0,1-1,6
Мощность электродвигателя привода главного движения, кВт	1,5
Габаритные размеры, мм: (длина x ширина x высота)	2730x970x2630
Стандартное напряжение в сети	380В/3фазы/50Гц
Мощность двигателя главного движения, кВт/ Размер рабочей поверхности основания, мм/ Количество т-образных пазов и ширина направляющего паза	4/630x1050/3 18H12
Масса, кг	3300

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ДП 44.03.04.728 ПЗ

Лист

22



Рисунок 6 - Многоцелевой обрабатывающий центр OKUMA MU 400VA

Таблица 9 - Характеристики многоцелевого обрабатывающего центра OKUMA MU 400VA

Параметр	Значение
1	2
Перемещения:	
Ось X	762 мм
Ось Y	460 мм
Ось Z	460 мм
Ось A	+20-110°
Ось C	360°
Размер стола	400 мм
Максимальная нагрузка на стол	300 кг
Скорость шпинделя 8000 (15000, 25000, 35000)	мин-1
Конусное отверстие шпинделя 7/24 конус №40, NT40	
Подачи:	
Ускоренное перемещение (X-Y)	40000 мм/мин
Ускоренное перемещение (Z)	32 м/мин
Ускоренное перемещение (A)	14400 град/мин
Ускоренное перемещение (C)	18 град/мин
Скорость подачи X:Y:Z	32 м/мин

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ДП 44.03.04.728 ПЗ

Лист

23

Окончание таблицы 9

1	2
Мощность двигателя	11/7,5 кВт
Устройство автоматической смены инструмента: Хвостовик инструмента Количество инструментов Максимальный диаметр инструмента Без прилеж. инструмента Максимальная длина инструмента Максимальный вес инструмента Время смены инструмента	CAT 40 20 90 мм 125мм 240 мм 8 кг 1,2 сек
Габаритные размеры, мм длина ширина высота	2715 2160 2950
Вес нетто	7700 кг

#### 1.4. Технологические расчеты

##### 1.4.1. Расчет припусков

Допуски на операционные размеры берутся из ЕСДП в соответствии с точностью этапа обработки.

Таблица 10 - Назначение допусков на технологические размеры

Этап обработки	Точность до корректировки		Точность после корректировки	
	Квалитет	Допуск	Квалитет	Допуск
Заготовка	-	0,87	-	0,87
Заготовка	-	0,63	-	0,63
Заготовка	-	0,43	-	0,43
II	12	0,62	12	0,62
I	12	0,62	12	0,62
I	14	0,87	14	0,87
II	12	0,87	12	0,87
I	14	0,43	14	0,43
I	14	0,87	14	0,87
II	12	0,87	12	0,87
I	14	0,62	14	0,62
II	12	0,027	12	0,027



### Проверка поля рассеяния припусков

Условия проверки формулируется следующим образом: отношение максимального припуска к минимальному на окончательных чистовых переходах не должно быть более трех:

$$Z_{max}/Z_{min} \leq 3 \quad (2)$$

Максимальный припуск определяется:

$$Z_{max} = Z_{min} + wZ \quad (3)$$

Диапазон колебания припуска или допуск припуска:

$$wZ = \sum IT(L_i) \quad (4)$$

$$wZ1 = IT(L1) + IT(L6) = 0,87 + 0,87 = 1,74 \text{ мм}$$

$$wZ2 = IT(L6) + IT(L7) = 0,87 + 0,87 = 1,74 \text{ мм}$$

$$wZ3 = IT(L7) + IT(L2) + IT(L9) = 0,87 + 0,03 + 0,036 + 1,1 = 2,324 \text{ мм}$$

$$wZ4 = IT(L7) + IT(L9) = 0,87 + 0,87 = 1,74 \text{ мм}$$

$$wZ5 = IT(L9) + IT(L10) = 0,87 + 0,87 = 1,74 \text{ мм}$$

$$wZ6 = IT(L3) + IT(L6) + IT(L7) + IT(L11) + IT(L12) + IT(L5) = \\ = 0,43 + 0,87 + 0,87 + 1 + 0,027 + 0,62 = 3,817 \text{ мм}$$

Максимальные значения припусков

$$Z1_{max} = 2 + 1,74 = 3,74 \text{ мм}$$

$$Z2_{max} = 1 + 1,74 = 2,74 \text{ мм}$$

$$Z3_{max} = 2,36 + 1,8 = 4,16 \text{ мм}$$

$$Z4_{max} = 2 + 1,74 = 3,74 \text{ мм}$$

$$Z5_{max} = 1 + 1,74 = 3,74 \text{ мм}$$

$$Z6_{max} = 2 + 4,437 = 6,437 \text{ мм}$$

На следующем шаге рассчитываем отношение:

$$Z1_{max}/Z1_{min} = 3,74/2 = 1,87$$

$$Z2_{max}/Z2_{min} = 2,74/1 = 2,74$$

$$Z3_{max}/Z3_{min} = 4,16/1,8 = 2,3$$

$$Z4_{max}/Z4_{min} = 3,74/2 = 1,87$$

$$Z5_{max}/Z5_{min} = 2,74/1 = 2,74$$

$$Z6_{max}/Z6_{min} = 6,437/2 = 3,2$$

					ДП 44.03.04.728 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		25

Условие выполнено

*Определение технологических размеров*

Расчет начинается с уравнения с замкнутым конструкторским звеном, где присутствует один неизвестный технологический размер. Это двухзвенная цепь.

$$K1=L10=83$$

$$K3=L8=12$$

$$K5=L11=44$$

$$K6=L12=40$$

$$K6=L9-L10,$$

$$Z1_{\min}=L1_{\min}-L6_{\max},$$

$$L1_{\min}=L6_{\max}+Z1_{\min}=87+2=89 \text{ мм},$$

$$L1_{\max}=L1_{\min}+IT(L1)=89+0,87=89,87 \text{ мм},$$

$$L1= 89,87$$

$$Z2_{\min}=L6_{\min}-L7_{\max},$$

$$L6_{\min}=L7_{\max}+Z2_{\min}=86+1=87 \text{ мм},$$

$$L6_{\max}=L6_{\min}+IT(L7)= 87+0,87=87,87 \text{ мм},$$

$$L6= 87,74$$

$$Z4_{\min}=L7_{\min}-L9_{\max},$$

$$L7_{\min}=L9_{\max}+Z4_{\min}=84+2=86\text{мм},$$

$$L7_{\max}=L7_{\min}+IT(L8)=86+0,87=86,87 \text{ мм},$$

$$L7= 86,87$$

$$Z5_{\min}=L9_{\min}-L10_{\max},$$

$$L9_{\min}=L10_{\max}+Z5_{\min}=83+1=84\text{мм},$$

$$L9_{\max}=L9_{\min}+IT(L10)=84+0,87=84,87 \text{ мм},$$

$$L9= 84,87$$

$$Z4_{\min}=L4_{\min}-L6_{\max},$$

$$L4_{\min}=L6_{\max}+Z4_{\min}=86+0,87=86,87 \text{ мм},$$

$$L4_{\max}=L4_{\min}+IT(L5)=86,87+0,87=87,74 \text{ мм},$$

$$L4= 87,74$$

					<i>ДП 44.03.04.728 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		26

Таблица 11 - Назначение допусков на технологические размеры

Этап обработки	Точность до корректировки		Точность после корректировки	
	Квалитет	Допуск	Квалитет	Допуск
Заготовка	-			
I	14			
II	12			
I	14			
II	12			
II	12			

*Проверка поля рассеяния припусков*

Условия проверки формулируется следующим образом: отношение максимального припуска к минимальному на окончательных чистовых переходах не должно быть более трех:

$$Z_{max}/Z_{min} \leq 3 \quad (5)$$

Максимальный припуск определяется:

$$Z_{max} = Z_{min} + wZ \quad (6)$$

Диапазон колебания припуска или допуск припуска:

$$wZ = \sum TI(L_i) \quad (7)$$

$$wZ_1 = IT(L_1) + IT(L_2) = 1,1 + 0,74 = 1,84 \text{ мм}$$

$$wZ_2 = IT(L_2) + IT(L_3) = 0,74 + 0,74 = 1,48 \text{ мм}$$

$$wZ_3 = IT(L_3) + IT(L_4) = 0,74 + 0,74 = 1,48 \text{ мм}$$

$$wZ_4 = IT(L_4) + IT(L_{15}) = 0,74 + 0,74 = 1,48 \text{ мм}$$

Максимальные значения припусков

$$Z_{1max} = 2 + 1,84 = 3,84 \text{ мм}$$

$$Z_{2max} = 1 + 1,48 = 2,48 \text{ мм}$$

$$Z_{3max} = 2 + 1,48 = 3,48 \text{ мм}$$

$$Z_{4max} = 1 + 1,48 = 2,48 \text{ мм}$$

На следующем шаге рассчитываем отношение:

$$Z_{1max}/Z_{1min} = 3,84/2 = 1,92$$

$$Z2_{\max}/Z2_{\min}=2,48/1=2,48$$

$$Z3_{\max}/Z3_{\min}=3,48/2=1,74$$

$$Z4_{\max}/Z4_{\min}=2,48/1=2,48$$

Условие выполнено

### *Определение операционных размеров*

Расчет начинается с уравнения с замкнутым конструкторским звеном, где присутствует один неизвестный технологический размер. Это двухзвенная цепь.

$$K1=L5=64,5$$

$$K2=L6=10,5$$

$$K3=L7=50$$

$$Z1_{\min}=L1_{\min}-L2_{\max},$$

$$L1_{\min}=L2_{\max}+Z1_{\min}=68,5+2=70,5 \text{ мм},$$

$$L1_{\max}=L1_{\min}+IT(L1)=70,5+0,74=71,24 \text{ мм},$$

$$L1= 71,24$$

$$Z2_{\min}=L2_{\min}-L3_{\max},$$

$$L2_{\min}=L3_{\max}+Z2_{\min}=67,5+1=68,5 \text{ мм},$$

$$L2_{\max}=L2_{\min}+IT(L2)= 68,5+0,74=69,24 \text{ мм},$$

$$L2= 69,24$$

$$Z3_{\min}=L3_{\min}-L4_{\max},$$

$$L3_{\min}=L4_{\max}+Z4_{\min}=65,5+2=67,5\text{мм},$$

$$L3_{\max}=L3_{\min}+IT(L3)=67,5+0,74=68,24 \text{ мм},$$

$$L3= 68,24$$

$$Z4_{\min}=L4_{\min}-L5_{\max},$$

$$L4_{\min}=L5_{\max}+Z4_{\min}=64,5+1=65,5\text{мм},$$

$$L4_{\max}=L4_{\min}+IT(L4)=65,5+0,74=66,24 \text{ мм},$$

$$L10= 66,24$$

					<i>ДП 44.03.04.728 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		28

## 1.4.2. Расчет режимов резания

### *Расчётно-аналитический метод*

Данный метод основан на расчёте режимов резания по эмпирическим формулам, которые учитывают большое количество факторов, влияющих на процесс резания.

Аналитический расчёт режимов резания выполняется только для нескольких операций с целью показать сущность методики расчёта. Данные для других операций берутся из справочников. В качестве примера рассматриваются вертикально-фрезерная и вертикально-сверлильная операции.

### *Операция 010, Фрезерная*

Фрезеровать поверхность 1 предварительно.

### *Параметры инструмента*

На данной операции производится обработка нижнего основания детали, Общая длина поверхности 1 дет. равна 180 мм. Ширина поверхности В равна 70,5 мм. При торцовом фрезеровании фреза должна перекрывать обрабатываемую поверхность в 1,2-1,5 раза, поэтому её диаметр должен быть не менее 100 мм. Материал режущей части определяется материалом обрабатываемой заготовки, а также типом и видом обработки. В рассматриваемом случае деталь изготовлена из сплава алюминия марки АЛ9. Наиболее распространённым инструментальным материалом для обработки алюминиевых сплавов является быстрорежущая сталь марки Р6М5 [15]. Исходя из всего выше приведённого, выбираем торцовую фрезу по ТУ 2.035.0224638.1155-80 № 035-2214-0333, диаметром 100 мм и с числом ножей  $z=12$ .

### *Параметры режимов резания*

Рассмотрим переход.

Выбираем вертикально-фрезерный консольный станок модели FV321M.

					<i>ДП 44.03.04.728 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		29

Глубина фрезерования  $t$  составляет 2 мм, а подача на зуб  $S_z$  в соответствии с данными справочника [12, табл. 76, стр. 403] находится в диапазоне 0,30-0,50 мм/зуб. Выбираем среднее значение  $S_z=0,40$  мм/зуб. (Скорректировать подачу в соответствии с паспортными данными станка на данном этапе не представляется возможным, так как не известна частота вращения шпинделя.)

Для расчёта скорости резания согласно [5] используется следующая зависимость:

$$V = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^u \cdot z^p} \cdot K_v \quad (8)$$

где  $C_v$  – коэффициент

$D$  – диаметр фрезы, мм;

$T$  – стойкость фрезы, мин

$t$  – глубина резания, мм;

$S_z$  – подача на зуб, мм/зуб;

$B$  – ширина фрезерования, мм;

$K_v$  – поправочный коэффициент, равный:

$$K_v = K_{MV} \cdot K_{PIV} \cdot K_{IIV} \quad (9)$$

где  $K_{MV}$  - коэффициент, учитывающий качество материала;

$K_{PIV}$  - коэффициент, учитывающий состояние поверхности;

$K_{IIV}$  - коэффициент, учитывающий материал инструмента.

*Показатели степеней*

$$C_v = 155$$

$$q = 0,25 \quad x = 0,1 \quad y = 0,4$$

$$u = 0,15 \quad p = 0,1 \quad m = 0,2$$

$$T = 180 \text{ мин}$$

$$K_v = 1,0 \cdot 0,9 \cdot 1,0 = 0,9$$

Тогда  $V_{расч} = \frac{155 \cdot 100^{0,45}}{180^{0,2} \cdot 3^{0,1} \cdot 0,4^{0,4} \cdot 70,5^{0,15} \cdot 12} \cdot 0,9 = 23,38$  м/мин

Частота вращения шпинделя определяется по следующей зависимости:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} \quad (10)$$

Подставим числовые значения:

$$n = \frac{1000 \cdot 23,38}{3,14 \cdot 100} = 74,5 \text{ об/мин}$$

На основании паспортных данных станка принимаем  $n = 50$  об/мин. Тогда действительная скорость резания, определяемая по следующей зависимости равна

$$V = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000}, \quad (11)$$

составит

$$V = \frac{3,14 \cdot 100 \cdot 50}{1000} = 15 \text{ м/мин}$$

Теперь, когда известна частота вращения шпинделя, можно скорректировать минутную подачу, равную  $S_z \cdot z \cdot n = 0,4 \cdot 12 \cdot 50 = 300$  мм/мин. По паспортным данным станка принимаем  $S_{мин} = 300$  мм/мин, подача

на зуб составит  $S_z = \frac{S_{мин}}{z \cdot n} = \frac{300}{12 \cdot 50} = 0,5$  мм/зуб

Для расчёта мощности резания (эффективной) согласно [5] используется следующая зависимость:

$$N_e = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60},$$

в которой

$$P_z = \frac{10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^n \cdot z}{D^q \cdot n^w} \cdot K_{MP} \quad (12)$$

где  $C_p$  – Коэффициент;

$t$  – глубина резания, мм;

- $S_z$  – подача на зуб, мм/зуб;  
 $B$  – ширина фрезерования, мм;  
 $z$  – количество ножей;  
 $D$  – диаметр фрезы, мм;  
 $n$  – частота вращения шпинделя, об/мин;  
 $K_{MP}$  – поправочный коэффициент, учитывающий качество обрабатываемого материала.

Показатели степеней

Окружную силу  $P_z$  при фрезеровании алюминиевых сплавов рассчитывают, как для стали, с введением коэффициента 0,25.

$$C_p = 82,5$$

$$x = 0,95 \quad y = 0,8$$

$$n = 1,1 \quad q = 1,1 \quad w = 0$$

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

Тогда

$$P_z = \frac{10 \cdot 82,5 \cdot 3^{0,95} \cdot 0,24^{0,8} \cdot 70,5^{1,1} \cdot 12}{100^{1,1} \cdot 350^0} \cdot 1,0 \cdot 0,25 = 127,6 \text{ Н}$$

$$N_e = \frac{127,6 \cdot 15}{1020 \cdot 60} = 0,03 \text{ кВт}$$

Выбранный станок 6P12 имеет номинальную мощность двигателя 7,5 кВт, с учётом КПД:  $N_{СТ.} = 7,5 \cdot 0,85 = 6,38$  кВт. Мощность резания меньше мощности станка.

Расчёт окончен.

*Операция 020, Радиально-сверлильная*

Параметры инструмента

На данной операции выполняется сверление 2-х отверстий диаметром 9 мм, расположенных на поверхности 1. А также развертывание 2-х отверстий диаметром 9 мм для последующего базирования, т.е. подготовка чистовых баз. Длина обработки  $l_{дет}$  составляет 12 мм. Отверстия сверлятся в сплошном

					ДП 44.03.04.728 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		32



материале без рассверливания, диаметр сверла совпадает с диаметром отверстия:  $D_{св} = 9$  мм. Наиболее распространённым инструментальным материалом для обработки алюминиевых сплавов является быстрорежущая сталь марки Р6М5 [15]. Исходя из всего выше приведённого, выбираем спиральное сверло для обработки лёгких сплавов по ГОСТ 19543-74 № 22300-0836, средняя серия.

*Параметры режимов резания:*

Глубина резания  $t$  равна радиусу сверла и составляет  $t = \frac{D_{св}}{2} = \frac{9}{2} = 4,5$  мм, а подача на оборот  $S$  в соответствии с данными справочника [12, табл. 35, стр. 381] находится в диапазоне 0,12-0,18 мм/об.

На основании паспортных данных станка принимаем  $S = 0,15$  мм/об.

Для расчёта скорости резания согласно [12, стр. 382] используется следующая зависимость:

$$V = \frac{C_V \cdot D^q}{T^m \cdot S^y} \cdot K_V \quad (13)$$

где  $C_V$  – коэффициент;

$D$  – диаметр сверла (отверстия), мм;

$T$  – стойкость сверла, мин;

$S$  – подача на оборот, мм/об;

$K_V$  – поправочный коэффициент, равный:

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

$K_{IV}$  – коэффициент, учитывающий материал инструмента;

$K_{LV}$  – коэффициент, учитывающий глубину сверления;

Показатели степеней определяются по [12 ]

$$C_V = 36,3$$

$$q = 0,25$$

$$m = 0,125$$

$$y = 0,55$$

$$T = 20 \text{ мин}$$

					ДП 44.03.04.728 ПЗ	Лист
						33
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

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

$$V_{расч} = \frac{36,3 \cdot 9^{0,25}}{20^{0,125} \cdot 0,15^{0,55}} \cdot 1,0 = 124 \text{ м/мин}$$

Частота вращения шпинделя определяется по следующей зависимости:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} \quad (14)$$

Подставим числовые значения:

$$n = \frac{1000 \cdot 124}{3,14 \cdot 9} = 4387,83 \text{ об/мин}$$

Это слишком большое значение, возможности станка не позволяют его достичь. Выбираем обороты на основании паспортных данных станка:  $n = 2800$  об/мин. Тогда действительная скорость резания, определяемая по следующей зависимости

$$V = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} \quad (15)$$

составит

$$V = \frac{3,14 \cdot 9 \cdot 2800}{1000} = 79,28 \text{ м/мин}$$

Для расчёта мощности резания (эффективной) согласно [12] используется следующая зависимость:

$$N_e = \frac{M_{кр} \cdot n}{9750} \quad (16)$$

в которой на основании [12, стр. 385]

$$M_{кр} = 10 \cdot C_M \cdot D^q \cdot S^y \cdot K_p \quad (17)$$

где  $C_M$  – коэффициент;

$D$  – диаметр сверла (отверстия), мм;

$S$  – подача на оборот, мм/об;

$K_p$  – поправочный коэффициент, равный  $K_p = K_{MP}$

					ДП 44.03.04.728 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		34

где  $K_{MP}$  – поправочный коэффициент учитывающий качество обрабатываемого материала [12, табл. 10, стр. 362].

Показатели степеней определяются по [12, табл. 42, стр. 386].

$$C_M = 0,005$$

$$q = 2,0 \quad y = 0,8$$

$$K_P = 1,0$$

Тогда

$$M_{kp} = 10 \cdot 0,005 \cdot 9^2 \cdot 0,15^{0,8} \cdot 1,0 = 0,89 \text{ Нм}$$

$$N_e = \frac{0,89 \cdot 2800}{9750} = 0,26 \text{ кВт}$$

Выбранный станок 6P12 имеет номинальную мощность двигателя 7,5 кВт, с учётом КПД:  $N_{ст.} = 7,5 \cdot 0,85 = 6,38$  кВт. Мощность резания меньше мощности станка.

Расчёт окончен.

Результаты расчётов сводятся в единую в таблицу

Таблица 12 - Сводная таблица рассчитанных режимов резания

Операция, переход	Глубина резания, $t$ , мм	Подача на оборот, $S$ , мм/об (на зуб, $S_z$ , мм/зуб)	Расчётная скорость резания, $V_r$ , м/мин	Расчётная частота вращения шпинделя, $n_r$ , об/мин	Принятая частота вращения шпинделя, $n$ , об/мин	Действительная скорость резания, $V$ , м/мин	Мощность резания (эффективная), $N_e$ , кВт
010, фрезерование	2	(0,4)	23,38	74,5	50	15	0,03
015, сверление 4-х отверстий	4,5	0,15	124	4387,83	2800	79,28	0,26

Опытно-статистический метод

Данный метод заключается в назначении режимов обработки на основании данных справочной литературы [3, 12].

Таблица 13 - Режимы резания

№ операции	Название операции	№ перехода	Материал режущей части	Размер обрабатываемой поверхности, мм	Элементы режима резания							
					Глубина резания, $t$ , мм	Подача на оборот, $S$ , мм/об ( $S_z$ , мм/зуб)	Табличные (расчётные)		Принятые		Мощность резания (эффективная), $N_e$ , кВт	
							Скорость резания, $V$ , м/мин	Частота вращения шпинделя, $n$ , об/мин	Частота вращения шпинделя, $n$ , об/мин	Скорость резания, $V$ , м/мин		Подача минутная, $S_{мин}$ , мм/мин
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
010	Вертикально-фрезерная	1.										
		2.	P6M5	180	1	0,4	23,38	74,5	50	15	0,5	0,03
		3.	P6M5	180	2	1,2	15,7	50	50	15	0,5	0,03
15	Вертикально-фрезерная	1.										
		2.	P6M5	70,5	1,8	0,16	37,93	402,6	350	33	0,16	0,18
20	Радиально-сверлильная	1.										
		2.	P6M5	9	4,5	0,6	19,32	683,7	650	23	0,15	0,26
		3.	P6M5	8,8	4,4	0,6	17,61	637,3	600	18	0,4	0,23
		4.	P6M5	8,95	0,075	1,6	12,32	438,3	400	10	1,6	0,18
		5.	P6M5	9	0,025	1,6	13,36	475,3	450	11,3	1,6	0,18

Продолжение таблицы 13

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
025	Комплек- ная	1.										
		2.	R590-100Q32A-11M	70,5	2	0,15	1880	5987	5500	1700	0,015	6,7
		3.	R590-100Q32A-11M	70,5	1	0,15	1680	5295	5000	1570	0,015	6,7
		4.	R840-0500-50-A1A	5	2,5	0,2	91	4828	4500	70	0,2	0,3
		5.	R217.14CO45100AC13N	6	0,5	1	100	5307	5000	94	1	0,8
		6.										
		7.	R590-100Q32A-11M	90	2,5	0,15	1880	5987	5500	1700	0,015	6,7
		8.	R590-1105H-PC2-NL	90	0,5	0,15	1680	5295	5000	1570	0,015	6,7
		9.	R216.32- 16025-AP20A	39	2,5	0,8	1100	5987	5000	1570	0,015	6,7
		10.	R820A-AR11SCLC06A	39,5	0,5	0,15	600	4101	4000	500	0,15	12
		11.	R825BA F1	40	0,5	0,3	1200	8157	8000	1000	0,3	15

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
------	------	----------	---------	------

ДП 44.03.04.728 ПЗ

Лист

37

Окончание таблицы 13

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
		12.	R840-0500-50-A1A	5	2,5	0,2	91	4828	4500	70	0,2	0,3
		13.	R217.14CO45100AC13N	6	0,5	1	100	5307	5000	94	1	0,8
		14.										
		15.	R590-100Q32A-11M	90	2,5	0,15	1880	5987	5500	1700	0,015	6,7
		16.	R590-1105H-PC2-NL	90	0,5	0,15	1680	5295	5000	1570	0,015	6,7
		17.	R216.32- 16025-AP20A	39	2,5	0,8	1100	5987	5000	1570	0,015	6,7
		18.	R820A-AR11SCLC06A	39,5	0,5	0,15	600	4101	4000	500	0,15	12
		19.	R825BA F1	40	0,5	0,3	1200	8157	8000	1000	0,3	15
		20.	R840-0500-50-A1A	5	2,5	0,2	91	4828	4500	70	0,2	0,3
		21.	R217.14CO45100AC13N	6	0,5	1	100	5307	5000	94	1	0,8

### 1.4.3. Расчет технических норм времени

#### Методика определения норм времени

Определение норм времени на операции производится на основании данных отраслевых нормативов и по рекомендациям [4]. При этом в состав норм входят следующие слагаемые:

Штучно-калькуляционное время:

$$t_{шк} = t_{ш} + \frac{T_{нз}}{n} \quad (18)$$

где  $t_{ш}$  – штучное время, мин.;

$T_{нз}$  – подготовительно-заключительное время, мин.;

$n$  – размер партии деталей, шт.

Подготовительно-заключительное время включает в себя затраты времени на получение материалов, инструментов, приспособлений, технологической документации, наряда на работу; ознакомление с работой, чертежом; получение инструктажа; установку инструментов, приспособлений, наладку оборудования на соответствующий режим; снятие приспособлений и инструмента; сдачу готовой продукции, остатков материалов, приспособлений, инструмента, технологической документации и наряда.

Штучное время:

$$t_{ш} = t_{осн} + t_{всп} + t_{обс} + t_{отд} \quad (19)$$

где  $t_{осн}$  – основное время, мин.;

$t_{всп}$  – вспомогательное время, мин.;

$t_{отд}$  – время на отдых и личные потребности, мин.;

$t_{обс}$  – время на обслуживание рабочего места, мин.

Основное время – основное технологическое время, в продолжение которого осуществляется изменение размеров, формы, состояния

поверхностного слоя, структуры материала обрабатываемой заготовки. Оно определяется по следующей формуле:

$$t_{осн} = \frac{L_{расч}}{S \cdot n} = \frac{l_{дет} + l_{вр} + l_{пер}}{S \cdot n} = \frac{L_{расч}}{S_{мин}} \quad (20)$$

где  $L_{расч}$  – расчётная длина, мм;

$l_{дет}$  – длина детали, мм;

$l_{вр}$  – длина врезания, мм;

$l_{пер}$  – длина перебега, мм;

$S$  – величина подачи, мм/об.;

$S_{мин}$  – минутная подача, мм/мин.;

$n$  – частота вращения шпинделя, об/мин.

Вспомогательное время определяется как сумма затрат времени на вспомогательные приёмы, сопутствующие основной работе. В состав вспомогательного времени входит время на установку-снятие заготовки, управление станком, смену инструмента, измерение детали.

Оперативное время:

$$t_{он} = t_{осн} + t_{всп} \quad (21)$$

Время на обслуживание рабочего места, затрачиваемое на смазывание станка, смену инструмента, удаление стружки, подготовка станка к работе в начале смены и приведение его в порядок после окончания работы (определяется в процентах от оперативного времени):

$$t_{обс} = 0,06 \cdot (t_{осн} + t_{всп}) = 0,06 \cdot t_{он} \quad (22)$$

Время на отдых и личные потребности (определяется в процентах от оперативного времени):

$$t_{отд} = 0,04 \cdot (t_{осн} + t_{всп}) = 0,04 \cdot t_{он} \quad (23)$$



Для иллюстрации методики определения норм времени приводится пример расчёта одной операции:

Операция 010:

Переход 1: Установить и снять.

Основного времени нет.

Вспомогательное время:

$$t_{всп} = t_{уст/сн} + t_{кожух} + t_{струж} \quad (24)$$

$$t_{всп} = 1,1 + 0,06 + 0,06 = 1,22 \text{ мин.}$$

Переход 2: Фрезеровать поверхность 1.

Основное время:

$$t_{осн} = \frac{180 + 23}{84} = 2,5 \text{ мин.}$$

Вспомогательное время:

$$t_{всп} = t_{с.пер.} + t_{изм} \cdot \beta \quad (25)$$

$$t_{всп} = 0,63 + 0,35 \cdot 0,08 = 0,66 \text{ мин.}$$

Нормы времени в целом на операцию:

Сумма вспомогательного времени на операцию:

$$t_{всп} = 1,22 + 0,66 = 1,88 \text{ мин.}$$

Оперативное время:

$$t_{оп} = t_{осн} + t_{всп} \quad (26)$$

$$t_{оп} = 2,5 + 1,88 = 4,38 \text{ мин.}$$

Время на обслуживание:

$$t_{обс} = 0,06 \cdot t_{оп}$$

$$t_{обс} = 0,06 \cdot 4,5 = 0,26 \text{ мин.}$$

Время на отдых:

$$t_{отд} = 0,04 \cdot t_{оп}$$

$$t_{отд} = 0,04 \cdot 4,5 = 0,18 \text{ мин.}$$

Штучное время:

$$t_{ш} = t_{осн} + t_{всп} + t_{обс} + t_{отд} \quad (27)$$

$$t_{ш} = 4,5 + 1,88 + 0,26 + 0,18 = 4,82 \text{ мин.}$$

Штучно-калькуляционное время:

$$t_{шк} = t_{ш} + \frac{T_{пз}}{n} \quad (28)$$

$$t_{шк} = 4,82 + \frac{16}{35} = 5,28 \text{ мин.}$$

Расчёт завершён.

Расчет основного и вспомогательного времени.

Таблица 14 - Основное и вспомогательное время

№ операции	№ перехода	Расчёт основного времени							Элементы вспомогательного времени, мин.									
		Размеры обработки, мм			Режимы резания		Основное время, то, мин.		Время на установку и снятие детали	Не включенное в комплексы		Вспомогательное время, связанное с переходом	Не включенное в комплексы		Время на измерения	Периодичность измерений, β	Суммарное время, тв	
		Лдет	Лвр+Ллер	Расчётная длина, Lрасч	Подача, S мм/об	Обороты шпинделя, мин-1	на переход	на операцию		Поставить и	Очистить деталь от стружки		Изменить подачу	Сменить инструмент			на переход	на операцию
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
015	1.	-	-	-	-	-	-	3,5	1,1	0,06	0,06	-	-	-	-	-	1,22	2,74
	2.	180	23	203	0,4	350	2,5		-	-	-	0,63	-	-	-	-	0,63	
	3.	180	23	203	1,2	450	1,5		-	-	-	0,46	-	-	0,35	0,08	0,89	
020	1.	-	-	-	-	-	-	1,52	1,1	0,0	0,06	-	-	-	-	-	1,22	1,88
	2.	70* 2	15	85	0,16	350	1,52		-	-	-	0,63	-	-	0,35	0,08	0,66	

Окончание таблицы 14

	1.	-	-	-	-	-	-	0,16	1,1	0,06	0,06	-	-	-	-	-	1,22	<b>2,94</b>
	2.	12	6	18	0,4	650	<b>0,05</b>		-	-	-	0,46	-	-	-	-	0,46	
	3.	12	6	18	0,4	650	<b>0,05</b>		-	-	-	0,46	-	0,42	-	-	0,42	
	4.	12	6	18	1,6	400	<b>0,03</b>		-	-	-	0,46	-	0,42	-	-	0,42	
	5.	12	6	18	1,6	450	<b>0,03</b>		-	-	-	0,46	-	0,42	-	-	0,42	
025	1.	-	-	-	-	-	-	2,4	1,1	0,06	0,15	0,30	-	-	-	-	1,31	<b>7,93</b>
2.	129	15	144	1,2	6000	<b>0,11</b>		-	-	-	0,68	-	-	-	-			
3.	129	15	144	0,15	5500	<b>0,17</b>		-	-	-	0,30	-	-	-	-			
4.	20	6	26	0,2	4500	<b>0,03</b>		-	-	-	0,30	-	-	-	-			
5.	16	4	220	1	5000	<b>0,04</b>		-	-	-	0,30	-	-	-	-			
6.	-	-	-	-	-	-		-	-	-	0,30	-	-	-	-			
7.	180	23	203	0,15	5500	<b>0,17</b>		-	-	-	0,30	-	0,07	-	-			
8.	180	20	200	0,15	5000	<b>0,27</b>		-	-	-	0,30	-	0,07	-	-			
9.	16*2	14	30	0,8	5000	<b>0,17</b>		-	-	-	0,30	-	0,07	-	-			
10.	16*2	14	30	0,15	4000	<b>0,02</b>		-	-	-	0,68	-	-	-	-			
11.	16*2	16	32	0,3	8000	<b>0,02</b>		-	-	-	0,30	-	0,07	-	-			
12.	20*10	3	23*10	0,2	4500	<b>0,26</b>		-	-	-	0,30	-	-	-	-			
13.	16*10	3	19*10	1	5000	<b>0,04</b>		-	-	-	0,1	-	0,07	-	-			
14.	-	-	-	-	-	-		-	-	-	0,30	-	-	-	-			
15.	180	23	203	0,15	5500	<b>0,17</b>		-	-	-	0,30	-	0,07	-	-			
16.	180	20	200	0,15	5000	<b>0,27</b>		-	-	-	0,30	-	-	-	-			
17.	16*2	14	30	0,8	5000	<b>0,17</b>		-	-	-	0,30	-	0,07	-	-			
18.	16*2	14	30	0,15	4000	<b>0,02</b>		-	-	-	0,68	-	0,17	-	-			
19.	16*2	16	32	0,3	8000	<b>0,02</b>		-	-	-	0,30	-	0,07	-	-			
20.	20*10	3	23*10	0,2	4500	<b>0,26</b>		-	-	-	0,30	-	-	-	-			
21.	16*10	3	19*10	1	5000	<b>0,04</b>		-	-	-	0,1	-	0,07	-	-	0,17		

Расчёт штучно-калькуляционного времени

Таблица 15 - Нормы времени в целом на операцию

№ операции	Основное время на операцию, то, мин.	Вспомогательное время на операцию, тв, мин.	Оперативное время, топ, мин.	Время на обслуживание, тобс		Время на отдых тотд.л.		Штучное время, тштг, мин.	Подготовительно-заключительное время на партию, Тпз, мин	Величина партии, шт.	Штучно-калькуляционное время, тшк, мин
				%	мин.	%	мин.				
010	3,5	2,74	6,24	6	0,37	4	0,25	6,86	16	35	7,32
015	1,52	1,88	3,4	6	0,2	4	0,14	3,74	16	35	4,2
020	0,16	2,94	3,1	6	0,19	4	0,12	3,41	16	35	3,87
025	2,4	7,93	10,33	6	0,56	4	0,37	11,26	17	35	11,75

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
------	------	----------	---------	------

ДП 44.03.04.728 ПЗ

Лист

43

## 2. КОНСТРУКТОРСКАЯ ЧАСТЬ

### 2.1. Разработка управляющей программы для технологической операции обработки детали

Важнейшим достижением научно-технического прогресса является комплексная автоматизация промышленного производства. В своей высшей форме - гибком автоматизированном производстве - автоматизация предполагает функционирование многочисленных взаимосвязанных технических средств на основе программного управления и групповой автоматизации производства. В связи с созданием и использованием гибких производственных комплексов механической обработки резанием особое значение приобретают станки с числовым программным управлением (ЧПУ).

В результате замены универсального неавтоматизированного оборудования станками с ЧПУ трудоемкость изготовления деталей оказалось возможным сократить в несколько раз (до 5 - в зависимости от вида обработки и конструктивных особенностей обрабатываемых заготовок).

Разработка управляющей программы (УП) сводится к определению технологической последовательности стандартных блоков обработки.

Блок обработки – это фрагмент управляющей программы, выполняемый одним инструментом на одной или нескольких поверхностях.

Подрезка торца.

Наружная черновая обработка.

Наружная чистовая обработка.

Центрование.

Сверление.

Внутренняя расточка.

Цикл резьбы.

Канавка.

Отрезка и т.д.

					<i>ДП 44.03.04.728 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		44

Циклы обработки - это параметрические программы системы управления ЧПУ, которые служат для облегченного программирования G - кода.

Каждый блок содержит:

Координаты точки смены инструмента;

Подход к контрольной точке;

Обработку;

Отход в точку смены инструмента;

Структурную единицу УП составляет кадр. Кадр является последовательностью символов (слов) языка программирования (G - кода). Элементом кадра является слово, которое состоит из адреса и числового значения или переменной, глобальной переменной.

Вертикально-фрезерный станок с ЧПУ модели FV321M оснащен системой ЧПУ FANUC 30 iMate – MB. Конфигурация ЧПУ FANUC 30 iMate – MB:

- в каждом кадре 3 типа M-функций;
- вызов до 4 вложений подпрограмм;
- упрощенное программирование углов и скруглений для фасок и радиусов;
- циклы обработки FANUC, черновая обработка за один проход, нарезание наружной резьбы за один проход;
- циклы обработки FANUC, черновая обработка с увеличивающимся (тип I) или уменьшающимся (тип II) профилем, нарезание наружной резьбы за несколько проходов;
- циклы FANUC для осевого сверления, с удалением стружки, осевое развертывание и осевое нарезание внутренней резьбы;
- циклы SCHAUBLIN, осевое сверление, сверление с удалением стружки, осевое развертывание, осевое нарезание внутренней резьбы, торцевая канавка, внутренние и наружные канавки, наружное нарезание резьбы за несколько проходов;
- программируемое смещение нулевой точки;

- доводка или восстановление наружной резьбы в режиме работы MANUAL GUIDE (РУЧНОЕ УПРАВЛЕНИЕ);
- обработка по направлению X - в режиме работы MANUAL GUIDE;
- копирование и переименование программ ISO;
- индикация времени обработки и количества деталей;
- индикация каталогов (программ) на экране (устройство ввода FANUC);
- пересчет размеров дюймы/метрические величины;
- 125 программ ISO;
- нарезание наружной резьбы с переменным шагом;
- непрерывное нарезание наружной резьбы (цепь резьбы с разными шагами);
- нарезание наружной цилиндрической резьбы;
- язык программирования макро В (для программирования циклов пользователем).

В режиме работы MANUAL GUIDE могут вводиться в память максимум 25 программ, состоящих из одного или нескольких процессов. Для простого процесса обработки (центровка, сверление, нарезание внутренней резьбы и т.д.) используется только один единственный блок памяти.

Для сложных процессов (черновая обработка, чистовая обработка и т.д.) в зависимости от количества программируемых геометрических элементов используется несколько блоков программы.

К тому же количество программных блоков может быть различным в зависимости от используемых геометрических фигур, которые определяет профиль.

Разработка фрагмента управляющей программы обработки для операции 010 и 015.

Контур обрабатываемой детали, траектория движения инструмента, таблицы с опорными точками приведен на плакатах к операции 010 и 015

Вертикально-фрезерная. Фрагмент управляющей программы на операции 010 и 015 представлен в таблице 16.

Таблица 16 - Управляющие программы на операции 010 и 015

Операция 010. Фрезеровать поверхность	
1	2
T01 D1 M06	Выбор инструмента T01, M06 – Смена инструмента D1 – корректор инструмента
G18 G54 G96 G90 G43	G18 – выбор плоскости программирования XY G54 – активизация смещения нулевой точки детали (X0Y0 – нулевая точка) G96 – постоянная скорость резания, G90 – программирование в абсолютных размерах G43-корректор на длину инструмента
G95 G0 X120 Y0 Z45 S50 M03 M08	G95 – активизация подачи в мм/об G0 – быстрое перемещение инструмента в точку 1 с координатами X120 Y0 Z45 S50 – частота вращения шпинделя, об/мин M03 – вращение шпинделя по часовой стрелки M08 – включение СОЖ
G1 X-156 F 0.4	G1 – линейная интерполяция X-156 – координаты точки 2 F 0.4 – подача, мм/об
Z48	Z48 – координата точки 3
G0 X120 Y0 Z48	Быстрое перемещение инструмента в точку 4 с координатами X120 Y0 Z48
G0 X120 Y0 Z44	Быстрое перемещение инструмента в точку 5 с координатами X120 Y0 Z44
G1 X-156 F 1.2	G1 – линейная интерполяция X-156 – координаты точки 6 F 1.2 – подача, мм/об
M09	M09 – выключение СОЖ
M05	M05 – останов шпинделя
G0 X750 Y0 Z400	Быстрое перемещение инструмента в точку с координатами X750 Y0 Z400

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ДП 44.03.04.728 ПЗ

Лист

47

## Окончание таблицы 16

1	2
Операция 015. Фрезеровать две поверхности	
T02 D1 M06	Выбор инструмента T02, M06 – Смена инструмента D1 – корректор инструмента
G18 G54 G96 G90 G43	G18 – выбор плоскости программирования XY G54 – активизация смещения нулевой точки детали (X0Y0 – нулевая точка) G96 – Постоянная скорость резания, G90 – программирование в абсолютных размерах G43-корректор на длину инструмента
G95 G0 X56 Y82 Z32 S350 M03 M08	G95 – активизация подачи в мм/об G0 – быстрое перемещение инструмента в точку 1 с координатами X56 Y82 Z32 S350 – частота вращения шпинделя, об/мин M03 – вращение шпинделя по часовой стрелки M08 – включение СОЖ
G1 Y-20 F 0.16	G1 – линейная интерполяция X-20 – координаты точки 2 F 0.16 – подача, мм/об
G0 X-91 Y-20 Z-32	Быстрое перемещение инструмента в точку 3 координатами X-91 Y-20 Z-32
G1 X-91 Y82 Z-32 F 0.16	G1 – линейная интерполяция Y82– координаты точки 4 F 0.16 – подача, мм/об
M09	M09 – выключение СОЖ
M05	M05 – останов шпинделя
G0 X750 Y82 Z400	Быстрое перемещение инструмента в точку с координатами X750 Y82 Z400



### 3. ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

В данной главе проводится экономическое обоснование мероприятий проекта, включающее расчёт капитальных затрат, определение себестоимости, экономического эффекта.

В дипломном проекте оценивается экономический эффект или эффективность предлагаемых мероприятий.

В наиболее общем виде эффект оценивается как разность между полученными результатами (Р) и затратами (З) на их получение:

$$\mathcal{E} = P - Z \quad (33)$$

Эффективность оценивается как величина эффекта, получаемого с каждого рубля затрат:

$$\mathcal{E}_\phi = \frac{\mathcal{E}}{Z} \quad (34)$$

В практике проведения расчетов экономической эффективности выделяются два основных методических подхода: оценка эффективности капитальных вложений и новой техники (метод приведенных затрат) и оценка эффективности инвестиционных проектов (метод расчета внутренней экономической эффективности мероприятий). Для этих методик характерны различные условия проведения и исходные данные для расчетов, критерии и показатели эффективности.

Выбор методики расчета экономической эффективности мероприятий дипломного проекта определяется темой и содержанием технологической части работы, а также наличием необходимой исходной информации.

Данный проект заключается в выборе наиболее эффективного варианта технологии, поэтому используется первая из названных методик. Суть расчета – оценка сравнительной экономической эффективности двух вариантов.

### 3.1. Предмет экономического обоснования

Наименование детали – «Корпус», изготавливается из алюминиевого сплава (силумина) марки АЛ9, чистая масса составляет 0,75 кг, имеет следующие габариты: 180x64,5x90 мм.

Деталь «Корпус» является корпусом привода ручного поворота. В корпус входят следующие детали: устанавливается вал-шестерня и вал, соединяемые шестерней, для передачи крутящего момента. Резьбовые отверстия в основании корпуса и по наружной его части являются присоединительными для ответной детали.

Основной функцией корпуса является защитная. Он предохраняет находящийся внутри механизмы от внешних воздействий, таких как удары, вибрации. Также он выполняет несущую функцию, определяя взаимное расположение механизмов.

Данный проект заключается в выборе наиболее эффективного варианта технологии, поэтому используется первая из названных методик. Суть расчета оценка сравнительной экономической эффективности двух вариантов.

Предметом экономического обоснования является расчёт сравнительной экономической эффективности двух технологических процессов с целью выбора более прогрессивного варианта. Поэтому расчёт экономической эффективности проводится по следующей методике: оценка эффективности капитальных вложений и новой техники (метод приведенных затрат).

#### 3.1.1. Достоинства и недостатки базового варианта технологии

Данная деталь не имеет сложных для обработки поверхностей, но при этом основные поверхности обрабатываются на обрабатывающем центре. Существенным недостатком данной детали является то, что она не имеет наружных чистовых баз, поэтому приходится создавать их искусственно, а затем удалять. Корпус обрабатывается с двух противоположных сторон, поэтому используется два комплекта баз (это тоже недостаток). Достоинством

					ДП 44.03.04.728 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		50

базового технологического процесса является то, что все крепёжные отверстия получаются по кондукторам без разметки и зацентровки.

### 3.1.2. Исходные данные для экономического обоснования

1. Годовая программа выпуска продукции  $N=3000$  шт. (с учетом брака)
2. Нормы времени по деталям операциям в проектном и базовом вариантах

технологии

Таблица 17 - Нормирование пооперационно

	№ операции	Наименование операции	Модель оборудования	Штучно-калькуляционное время, <i>t<sub>шт.к.</sub></i> , мин.
БАЗОВЫЙ вариант	005	Фрезерная	FSS 450R 03015	5,13
	010	Фрезерная	FSS 450R 03015	4,22
	015	Фрезерная	FSS 450R 03015	6,38
	020	Фрезерная	FSS 450R 03015	7,18
	025	Контрольная		
	030	Комплексная на ОЦ с ЧПУ	HMG-500 04005	9,08
	045	Комплексная на ОЦ с ЧПУ	HMG-500 04005	12,53
	040	Контрольная		
	Итого:			
ПРОЕКТНЫЙ вариант	010	Вертикально-фрезерная	FV321M	7,32
	015	Вертикально-фрезерная	FV321M	4,2
	020	Радиально-сверлильная	SRB-50	2,36
	025	Многоцелевая	OKUMA MU 400VA	10,64
	025	Контрольная		
	Итого:			

### 3. Режим работы.

Режим – односменный; Продолжительность смены = 8 ч.

Таблица 18 - Стоимость оборудования в действующем производстве.

Тип	Модель	Стоимость, руб.	Мощность, N, кВт
Радиально-сверлильный	SRB-50	310 000	1,5
Вертикально-фрезерный	FV321M	570 000	7,5
Обработывающий центр	OKUMA MU 400VA	1 052 430	7,5

Таблица 19 - Часовые тарифные ставки, применяемые на предприятии.

Разряд	Часовая тарифная ставка, руб./час
1	51,72
2	61,76
3	72,15
4	86,58
5	115,44
6	129,87
7	147,19

Таблица 20 - Нормы амортизационных отчислений.

Тип	Модель	Годовая норма амортизационных отчислений, На, %
Радиально-сверлильный	SRB-50	7
Вертикально-фрезерный	FV321M	6,5
Обработывающий центр (горизонтальный с поворотным столом)	OKUMA MU 400 VA	9

4. Нормативы отчислений на ремонт оборудования.

Процент отчислений в ремонтный фонд  $K_p=2\%$ .

5. Стоимость электроэнергии и применяемых видов топлива.

Стоимость 1 кВт-ч электроэнергии  $C_3= 3,5$  руб./кВт-ч.

6. Годовой фонд времени одного рабочего.

Номинальный фонд времени = 1986 ч.

Потери составляют 10% (с учётом отпусков), тогда:

Действительный фонд времени = 1790 ч.

Таблица 21 - Нормы обслуживания станков вспомогательными рабочими (наладчиками, электронщиками).

Нормы обслуживания станков вспомогательными рабочими	
наладчиками	электронщиками
5	3

Таблица 22 - Коэффициент выполнения норм времени на операциях технологического процесса.

Операции	Коэффициент выполнения норм времени, <i>кв</i>
Фрезерование	1,3
Сверление	1,4
ЧПУ	1,5

Таблица 23 - Потребность в оборудовании (по операциям)

	№ операции	Наименование операции	Модель оборудования	Плочно-калькуляционное время шт.к, мин.	Годовая программа выпуска деталей, N, шт.	Действительный фонд времени работы оборудования, Гд, ч	Коэффициент выполнения норм времени, кв	Коэффициент загрузки оборудования, кз	Потребность в оборудовании, q		Коэффициент занятости оборудования, μ
									Расчётная	Принятая	
БАЗОВЫЙ вариант	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
	005	Фрезерная	FSS 450R 03015	5,13	3000	2007	1,5	0,8	0,107	}	0,107
	010	Фрезерная	FSS 450R 03015	4,22	3000	2007	1,5	0,8	0,09		0,09
	015	Фрезерная	FSS 450R 03015	6,38	3000	2007	1,5	0,8	0,132		0,132
	020	Фрезерная	FSS 450R 03015	7,18	3000	2007	1,5	0,8	0,149		0,149

## Окончание таблицы 23

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
	025	Контрольн ая	-								
	030	Комплек сная на ОЦ с ЧПУ	HMG-500 04005	9,08	3000	2007	1,3	0,8	0,21 8	}	0,218
	035	Комплек сная на ОЦ с ЧПУ	HMG-500 04005	12,53	3000	2007	1,3	0,8	0,3		0,3
	040	Контрольн ая	-								
ПРОЕКТНЫЙ вариант	010	Вертикаль но- фрезерная	FV321M	7,32	3000	2007	1,3	0,8	0,17 5	}	0,175
	015	Вертикаль но- фрезерная	FV321M	4,2	3000	2007	1,3	0,8	0,1		0,1
	020	Радиально - сверлильн ая	SRB-50	3,87	3000	2007	1,4	0,8	0,09 2	1	0,092
	025	Комплек сная	OKUMA MU 400VA	10,64	3000	2007	1,3	0,8	0,25 4	1	0,254
	030	Контрольн ая	-								

Таблица 24 – Потребность в оборудовании (по моделям)

	Технологическое оборудование (станок)				Годовая программа выпуска деталей, N, шт.	Действительный фонд времени работы оборудования, Fд, ч	Коэффициент выполнения норм времени, кв	Коэффициент загрузки оборудования, кз	Потребность в оборудовании, q		Коэффициент занятости оборудования (средний), μср
	Тип	Модель	Выполняемые операции	Суммарное штучно-кальку- ляционное время, шт.к, мин.					Расчётная	Принятая	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
БАЗОВЫЙ вариант	Вертикально- фрезерные с ЧПУ	FSS 450R 03015	010,015 020, 025,030	22,91	3000	2007	1,5	0,8	0,476	1	0,12
	Вертикально- фрезерные с ЧПУ	HMG- 500 04005	035,040	21,61	3000	2007	1,3	0,8	0,541	1	0,271

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
------	------	----------	---------	------

ДП 44.03.04.728 ПЗ

Лист

54

## Окончание таблицы 24

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
ПРОЕКТНЫЙ вариант	Радиально-сверлильные	SRB-50	015	3,87	3000	2007	1,3	0,8	0,092	1	0,092
	Вертикально-фрезерные	FV321M	005, 010	11,52	3000	2007	1,3	0,8	0,175	1	0,089
	Обработывающий центр (горизонтальный, поворотный стол)	OKUMA MU 400 VA	020	10,64	3000	2007	1,3	0,8	0,254	1	0,254

Численность рабочих.

Численность рабочих рассчитывается по всем категориям: производственные рабочие (станочники, операторы), наладчики, электронщики, транспортные рабочие, контролеры.

Численность станочников (операторов) рассчитывается по следующей формуле:

$$Ч_{ст} = \frac{t_{ум.к} \cdot N}{\Phi_p \cdot 60}, \quad (35)$$

где  $\Phi_p$  – годовой фонд времени одного рабочего, ч (принимается по данным предприятия);

Численность наладчиков, электронщиков рассчитывается по следующей формуле:

$$Ч_{н(э)} = \frac{q_p \cdot n}{H_{он(э)}}, \quad (36)$$

где  $n$  – число смен работы оборудования;

$H_{он(э)}$  – число станков (станков с ЧПУ), обслуживаемых одним наладчиком (электронщиком), ед.(принимается по данным предприятия).

Численность контролеров и транспортных рабочих рассчитывается в процентах от числа производственных рабочих (станочников, операторов).

Численность контролеров – 3-5%, численность транспортных рабочих - 3-5%.

Общая численность рабочих составит:

					(37)		Лист
					ДП 44.03.04.728 ПЗ		55
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата			

$$Ч = Ч_{ст} + Ч_{Н} + Ч_{Э} + Ч_{к} + Ч_{тр}$$

Выполним расчет для операции 005 в проектном варианте:

- численность станочников:  $N=3000$  шт.,  $\Phi_p=1790$  ч.,  $t_{шт-к}=7,32$  мин.

$$Ч_{ст} = \frac{t_{шт.к} \cdot N}{\Phi_p \cdot 60} = \frac{7,32 \cdot 3000}{1790 \cdot 60} = 0,175 \quad (38)$$

- численность наладчиков, электронщиков:  $q_p=0,1$ ,  $N_H=3$ ,  $N_Э=2$ ,  $n=1$ .

$$Ч_{н(э)} = \frac{q_p \cdot n}{N_{он(э)}} = \frac{0,175 \cdot 1}{1} = 0,175 \quad (39)$$

- численность транспортных рабочих и контроллеров: 3% от  $Ч_{ст}$ .

$$Ч_{всп} = 0,03 \cdot Ч_{ст} = 0,03 \cdot 0,2 = 0,006$$

- общая численность рабочих:

$$Ч = 0,175 + 0,175 + 0,005 + 0,0007 = 0,362.$$

Таблица 25 - Общая численность рабочих

	№ операции	Плочно-калькуляционное время, шт.к мин.	Годовая программа выпуска деталей, шт.	Годовой фонд времени одного рабочего, ч	Численность станочников	Исчѐтная потребность в оборудовании $q_p$	Число смен работы оборудования, п	Нормы обслуживания станко в		Численность наладчиков, чел	Численность электронщиков, чел.	Численность контроллеров, чел.		Численность транспортнх рабочих, чел.		Общая численность рабочих, чел.
								наладчиками	электронщиками			%	чел	%	чел	
БАЗОВЫЙ вариант	010	5,13	3000	1790	0,143	0,107	1	5	3	0,036	-	3	0,004	4	0,006	0,189
	015	4,22	3000	1790	0,118	0,09	1	5	3	0,03	-	3	0,004	4	0,005	0,157
	020	6,38	3000	1790	0,178	0,132	1	5	3	0,066	-	3	0,005	4	0,007	0,256
	025	7,18	3000	1790	0,2	0,149	1	5	3	0,075	-	3	0,006	4	0,008	0,289
	030	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	035	9,08	3000	1790	0,254	0,218	1	5	3	0,051	-	3	0,008	4	0,01	0,323
	040	12,53	3000	1790	0,35	0,3	1	5	3	0,06	-	3	0,011	4	0,02	0,441
	045	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Итого:					1,243					0,343		0,038	4	0,056	1,655
ПРОЕКТНЫЙ вариант	010	7,32	3000	1790	0,175	0,175	1	5	3	0,175	-	3	0,005	4	0,007	0,362
	015	3,87	3000	1790	0,092	0,092	1	5	3	0,092	-	3	0,003	4	0,004	0,191
	020	4,2	3000	1790	0,117	0,117	1	5	3	0,117	-	3	0,003	4	0,005	0,083
	025	10,64	3000	1790	0,254	0,254	1	5	3	0,085	0,26	3	0,007	4	0,001	0,094
	Итого:				1,521					1,352	0,26		0,018		0,017	1,650



### 3.2. Определение капитальных вложений

Капитальные вложения в наиболее полном виде представляют сумму единовременных затрат по следующим элементам:

$$K = K_{np} + K_{сопр} + K_{сопут} + K_{нир} + K_{экол}, \quad (40)$$

где  $K$  – капитальные вложения по варианту;

$K_{np}$  – прямые капитальные вложения в конкретное предприятие, осуществляющее данный вариант;

$K_{сопр}$  – капитальные вложения в сопряженные отрасли, обеспечивающие реализацию данного варианта;

$K_{сопут}$  – сопутствующие капитальные вложения (например, в подъездные пути, линии электропередач и т.п.);

$K_{нир}$  – капитальные вложения, необходимые для выполнения научно-исследовательских работ;

$K_{экол}$  – капитальные вложения, связанные с поддержанием благоприятных экологических условий.

При выполнении дипломного проекта, определяются только прямые капитальные вложения.

Прямые капитальные вложения определяются по формуле

$$K_{np} = K_{м.н.} + K_y + K_{зд} + K_{осн} + K_{инв} + K_{мат} + K_{нз} + K_{бп}, \quad (41)$$

где  $K_{то}$  – капитальные вложения в оборудование;

$K_y$  – то же, в устройства и сооружения;

$K_{зд}$  – то же, в здания;

$K_{осн}$  – то же, в дорогостоящую оснастку;

$K_{инв}$  – то же, в дорогостоящий инвентарь;

$K_{мат}$  – то же, в запасы материалов;

$K_{нз}$  – то же, в незавершенное производство;

$K_{бп}$  – то же, в расходы будущих периодов.

Для упрощения расчётов при определении капитальных вложений по вариантам учитываются только те составляющие, которые различаются между собой.

Сутью мероприятий данного дипломного проекта является перенос отдельных операций технологического процесса с универсального оборудования на более производительное оборудование (обрабатывающий центр), имеющийся на предприятии, с целью более высокой его загрузки, поэтому капитальные вложения оцениваются только в технологическое оборудование по восстановительной остаточной стоимости с учётом коэффициента занятости оборудования данной деталью. Другие составляющие капитальных вложений не оцениваются.

Капитальные вложения в технологическое оборудование

$$K_{m.o.} = \sum_i q_{np} \cdot C_{m.o.i} \cdot \mu_i, \quad (42)$$

где  $q_{np}$  – принятое количество оборудования на операции, шт.;

$C_{т.oi}$  – цена (остаточная стоимость) единицы  $i$ -го вида оборудования, руб;

$\mu_i$  – коэффициент занятости оборудования выполнением 1-й операции;

$i$  – количество деталеопераций.

Выполним расчет для операции 010 в базовом варианте:

$$q_{np}=1, C_{т.о.}= 1380000., \mu=0,090.$$

$$K_{то}=1*1380000*0,107=147660 \text{ руб.}$$

Выполним расчет для операции 010 в проектном варианте:

$$q_{np}=1, C_{т.о.}= 1250000 \text{ руб.}, \mu=0,175.$$

$$K_{то}=1*1250000*0,175=218750 \text{ руб.}$$

Таблица 26 - Стоимость технологического оборудования

	№ операции	Наименование операции	Модель оборудования	Стоимость, руб.	Потребность в оборудовании, шт	Коэффициент занятости оборудования, μ	Вложения в технологическое оборудование, руб.
ПРОЕКТНЫЙ вариант	010	Вертикально-фрезерная	FV321M	1250000	1	0,175	218750
	015	Вертикально-фрезерная	FV321M	1250000		0,1	125000
	020	Радиально-сверлильная	SRB-50	620000	1	0,092	57040
	025	Комплексная	OKUMA MU 400VA	1 450000	1	0,254	368300
	030	Контрольная					
	Итого						769090

### 3.3. Расчет технологической себестоимости детали

Себестоимость годового объема производства (текущие затраты) определяется по вариантам только по тем статьям затрат, которые изменяются в сравниваемых вариантах, т.е. рассчитывается технологическая себестоимость.

В общем случае технологическая себестоимость складывается из суммы следующих элементов:

$$C = Z_m + Z_э + Z_{зн} + Z_{об} + Z_{осн} + Z_u, \quad (43)$$

где  $Z_m$  – затраты на все виды материалов, комплектующих и полуфабрикатов;

$Z_э$  – затраты на технологическую электроэнергию (топливо);

$Z_{зн}$  – затраты на заработную плату;

$Z_{об}$  – затраты на содержание и эксплуатацию оборудования;

$Z_{осн}$  – затраты, связанные с эксплуатацией оснастки;

$Z_u$  – затраты на малоценный инструмент.

В данном случае изменяются только следующие статьи затрат:

$Z_{\text{э}}$  – затраты на технологическую электроэнергию;

$Z_{\text{зн}}$  – затраты на заработную плату;

$Z_{\text{об}}$  – затраты на содержание и эксплуатацию оборудования;

$Z_{\text{и}}$  – затраты на малоценный инструмент.

Так как расчет производится по операциям, то целесообразно сначала рассчитать технологическую себестоимость единицы, а затем годовой программы.

Формулы расчета приводятся для операций. При определении величины отдельных статей затрат в целом по варианту затраты по рассматриваемым деталям операциям суммируются.

Затраты на заработную плату

$$Z_{\text{зн}} = Z_{\text{ст}} + Z_{\text{н}} + Z_{\text{э}} + Z_{\text{к}} + Z_{\text{тр}}, \quad (44)$$

где  $Z_{\text{ст}}$  – основная и дополнительная заработная плата с отчислениями на социальное страхование станочников, руб.;

$Z_{\text{н}}$  – то же, наладчиков, руб.;

$Z_{\text{э}}$  – то же, электронщиков, руб.;

$Z_{\text{к}}$  – то же, контролеров, руб.;

$Z_{\text{тр}}$  – то же, транспортных рабочих, руб.

Основная и дополнительная заработная плата производственных рабочих с отчислениями на социальное страхование, руб. при применении сдельной формы оплаты труда:

$$Z_{\text{ст}} = C_{\text{тар}} \cdot t_{\text{шт.к}} \cdot k_{\text{дон}} \cdot k_{\text{соц}} \cdot k_{\text{н}}, \quad (45)$$

где  $C_{\text{тар}}$  – часовая тарифная ставка производственного рабочего на операции, руб.;

$t_{\text{шт.к}}$  – норма времени на операцию, ч (для перевода минут в часы - разделить на 60);

$k_{\text{дон}}$  – коэффициент, учитывающий дополнительную заработную плату (по данным предприятия, приближенно  $k_{\text{дон}} = 1,2$ );

$k_{соц}$  – коэффициент, учитывающий отчисления на социальное страхование  $k_{соц} = 1,3$ );

$k_n$  – поясной коэффициент (для Урала  $k_n = 1,15$ );

Основная и дополнительная заработная плата всех остальных рабочих (наладчиков, электронщиков, транспортных рабочих) находится по следующей формуле:

$$Z_n = \frac{C_{тар.н} \cdot \Phi_p \cdot Ч_n \cdot k_{доп} \cdot k_{соц} \cdot k_n}{N_{зпр}}, \quad (46)$$

где  $C_{тар.н}$  – часовая тарифная ставка, руб.

$Ч_n$  – численность рабочих соответствующей категории, чел.

Пример расчёта заработной платы станочников для 010, 015, 020, 025 операций базового варианта:

$$Z_{ст} = C_{тар} \cdot t_{шк.к} \cdot k_{доп} \cdot k_{соц} \cdot k_n = 86,58 \cdot \frac{22,91}{60} \cdot 1,2 \cdot 1,342 \cdot 1,15 = 61,21$$

Пример расчёта заработной платы наладчиков для 010, 015, 020, 025 операций базового варианта:

$$Z_n = \frac{C_{тар.н} \cdot \Phi_p \cdot Ч_n \cdot k_{доп} \cdot k_{соц} \cdot k_n}{N_{зпр}} * 3000 = 10,01 \text{ руб}$$

Пример расчёта заработной платы контролёров для 010, 015, 020, 025 операций базового варианта:

$$Z_n = \frac{C_{тар.н} \cdot \Phi_p \cdot k_{доп} \cdot k_{доп} \cdot k_{соц} \cdot k_n}{N_{зпр}} = \frac{86,58 \cdot 1790 \cdot 0,019 \cdot 1,2 \cdot 1,3 \cdot 1,15}{3000} = 1,76 \text{ руб}$$

Пример расчёта заработной платы транспортных рабочих для базового варианта:

$$Z_n = \frac{C_{тар.н} \cdot \Phi_p \cdot k_{доп} \cdot k_{доп} \cdot k_{соц} \cdot k_n}{N_{зпр}} = \frac{86,58 \cdot 1790 \cdot 0,00314 \cdot 1,2 \cdot 1,3 \cdot 1,15}{3000} = 2,9 \text{ руб}$$

Таблица 27 - Затраты на заработную плату

ПРОЕКТНЫЙ вариант	Разряд работ	Выполняемые операции	Часовая тарифная ставка, руб./час	Суммарное плучно-калькуляционное время, $t_{шт.к.}$ , час.	Коэффициент на дополнительную заработную плату, $k_{ж}$	Коэффициент, учитывающий отчисления на социальное страхование, $k_{соп}$	Поясной коэффициент, $k_{п}$	Зарботная плата станочников, $Z_{ст}$ , руб.	Годовой фонд времени одного рабочего, ч	Годовая программа выпуска деталей, N, шт.	Численность наладчиков, чел.	Зарботная плата наладчиков, $Z_{н}$ , руб.	Численность электронщиков, чел.	Зарботная плата электронщиков, $Z_{э}$ , руб.	Численность контролеров, чел.	Зарботная плата контролёров, $Z_{к}$ , руб.	Численность транспортных рабочих, чел.	Зарботная плата транспортных рабочих, $Z_{тр}$ , руб.	Общие затраты на заработную плату, руб.
	1																		
	57,72	-	-	1,2	1,3	1,15	-	1790	3000	-	-	0	-	0	-	0	-	-	-
	6176	-	-	1,2	1,3	1,15	-	1790	3000	-	-	0	-	0	-	0	-	-	-
	72,15	005-015	13,88	1,2	1,3	1,15	39,15	1790	3000	0,384	29,65	0	-	0,011	0,84	0	-	60,47	
	86,58	-	-	1,2	1,3	1,15	-	1790	3000	-	-	0	-	0	-	0,009	0,83	0,83	
	115,4	020	10,64	1,2	1,3	1,15	36,8	1790	3000	0,085	10,49	0,005	6,1	0,007	0,86	0	-	55,89	
	129,8	-	-	1,2	1,3	1,15	-	1790	3000	-	-	0	-	0	-	0	-	-	
	147,1	-	-	1,2	1,3	1,15	-	1790	3000	-	-	0	-	0	-	0	-	-	
	<b>Итого</b>							<b>65,95</b>				<b>40,14</b>		<b>6,1</b>		<b>1,7</b>		<b>0,83</b>	<b>114,72</b>

Затраты на электроэнергию, расходуемую на выполнение одной детали операции, рассчитываются по следующей формуле:

$$Z_{э} = \frac{N_y \cdot k_N \cdot k_{вр} \cdot k_{o.d} \cdot k_W \cdot t_{шт.к.}}{\eta \cdot k_B \cdot 60} \cdot Ц_{э} \quad (47)$$

где  $N_y$  – установленная мощность главного электродвигателя, кВт;

$k_N$  – средний коэффициент загрузки электродвигателя по мощности;

$k_{вр}$  – средний коэффициент загрузки электродвигателя по времени;

$k_{o.d}$  – средний коэффициент одновременности работы всех электродвигателей станка ( $k_{o.d} = 0,6 - 1,3$ );

$k_W$  – коэффициент, учитывающий потери электроэнергии в сети завода (1,04 – в условиях массового производства; 1,08 – единичного или мелкосерийного);

$\eta$  – коэффициент полезного действия оборудования (принимается по паспорту оборудования);

$C_9$  – стоимость 1 кВт-ч электроэнергии (принимается по данным предприятия).

Пример расчёта затрат на электроэнергию, расходуемую на выполнение 005 операции базового варианта:

$$Z_n = \frac{N_y \cdot k_N \cdot k_{gp} \cdot k_{o.d} \cdot k_w \cdot t_{ум.к}}{\eta \cdot k_g \cdot 60} \cdot C_9 = \frac{7,5 \cdot 0,7 \cdot 0,7 \cdot 0,8 \cdot 1,04 \cdot 5,13}{0,7 \cdot 1,3 \cdot 60} \cdot 3,5 = 1 \text{ руб}$$

Таблица 28 - Затраты на электроэнергию

	№ операции	Наименование операции	Модель оборудования	Мощность, N, кВт	Средний коэффициент загрузки электродвигателя по мощности, kN	Средний коэффициент загрузки электродвигателя по времени, квр	Средний коэффициент одновременности работы всех электродвигателей станка, кол	Коэффициент, учитывающий потери электроэнергии в сети завода, kW	Коэффициент полезного действия оборудования, η	Коэффициент выполнения норм времени, кв	Штучно-калькуляционное время, шт.к, мин.	Стоимость электроэнергии, руб./кВт	Затраты на электроэнергию, руб
ПРОЕКТНЫЙ вариант	010	Вертикально-фрезерная	FV321M	7,5	0,5	0,7	0,8	1,04	0,7	1,3	7,32	3,5	<b>1,02</b>
	015	Радиально-сверлильная	SRB-50	1,5	0,3	0,6	0,8	1,04	0,7	1,3	3,87	3,5	<b>0,05</b>
	020	Вертикально-фрезерная	FV321M	7,5	0,5	0,7	0,8	1,04	0,7	1,3	4,2	3,5	<b>0,58</b>
	025	Комплексная	OKUMA MU 400VA	7,5	0,7	0,5	0,8	1,04	0,7	1,5	10,64	3,5	<b>1,29</b>
	Итого:												<b>2,94</b>

Затраты на содержание и эксплуатацию технологического оборудования

$$Z_{об} = Z_a + Z_p, \quad (48)$$

где  $Z_a$  – амортизационные отчисления от стоимости технологического оборудования, руб.;

$Z_p$  – затраты на ремонт технологического оборудования, руб.;

$$Z_a = \frac{C_{m.o} \cdot H_a \cdot t_{ум.к}}{F_d \cdot k_3 \cdot k_g \cdot 100}, \quad (49)$$

где  $H_a$  – годовая норма амортизационных отчислений, % (принимается по данным предприятия);

Затраты на ремонт технологического оборудования, приходящиеся на одну деталиеоперацию:

$$z_p = \frac{C_{m.o} \cdot K_p \cdot q_p}{N_{зпр} \cdot 100} \quad (50)$$

где  $K_p$  – коэффициент отчислений в ремонтный фонд (по данным предприятия).

Пример расчёта затрат на амортизационные отчисления 005 операции базового варианта:

$$z_a = \frac{C_{m.o} \cdot H_a \cdot t_{шт.к}}{F_{\partial} \cdot k_3 \cdot k_6 \cdot 100} = \frac{1380000 \cdot 6,5 \cdot 5,13}{2007 \cdot 0,8 \cdot 1,3 \cdot 100 \cdot 60} = 3,67 \text{ руб}$$

Пример расчёта затрат на ремонт технического оборудования 005 операции базового варианта:

$$z_p = \frac{C_{m.o} \cdot K_p \cdot q_p}{N_{зпр} \cdot 100} = \frac{1380000 \cdot 2 \cdot 0,107}{3000 \cdot 100} = 0,98 \text{ руб}$$

Таблица 29 - Затраты на содержание и эксплуатацию технологического оборудования

	№ операции	Наименование операции	Модель оборудования	Остаточная стоимость, руб.	Годовая норма амортизационных отчислений, На, %	Штучно-калькуляционное время, шт.к, мин.	Действительный фонд времени работы оборуд-вания, Fд, ч	Коэффициент загрузки оборудования, кз	Коэффициент выполнения норм времени, кв	Аморт. отчисления от стоимости технол. оборудования, За, руб.	Коэффициент отчислений в ремонтный фонд, Кр	Расчётная потребность в оборудовании, qр	Годовая программа выпуска деталей, N, шт.	Затраты на ремонт технол. оборудования, Зр, руб.
ПРОЕКТНЫЙ вариант	010	Вертикально-фрезерная	FV321M	1250000	7	7,32	2007	0,8	1,3	5,11	2	0,175	3000	1,45
	015	Радиально-сверлильная	SRB-50	620000	6,5	3,87	2007	0,8	1,3	1,245	2	0,092	3000	0,38
	020	Вертикально-фрезерная	FV321M	1250000	7	4,2	2007	0,8	1,3	2,934	2	0,117	3000	0,97
	025	Комплексная	OKUMA MU 400VA	1 450000	9	10,64	2007	0,8	1,5	9,608	2	0,254	3000	2,45
	Итого									18,897				5,25



Расчеты технологической себестоимости сводятся в таблицу:

Таблица 30 - Технологическая себестоимость годового объема выпуска детали

Статьи затрат	На одну деталь		Годовая программа выпуска деталей, N, шт.	На годовую программу	
	Базовый вариант	Проектный вариант		Базовый вариант	Проектный вариант
Общие затраты на заработную плату, руб.	177	115	3000	531000	345000
Затраты на электроэнергию, руб.	7,82	2,94	3000	23460	8820
Амортизационные отчисления от стоимости технологического оборудования, За, руб.	28,519	18,897	3000	85557	56691
Затраты на ремонт технологического оборудования, Зр, руб.	7,48	5,25	3000	22440	15750
Итого суммарные затраты, руб.	220,819	142,087		662457	426261

### 3.4. Определение экономической эффективности капитальных вложений

Условно-годовая экономия

$$Э_y = C_1 - C_2, \quad (51)$$

где  $C_1$ ,  $C_2$  – технологическая себестоимость годового объема выпуска детали по сравниваемым вариантам.

$$Э_y = C_1 - C_2 = 662457 - 426261 = 236196 \text{ руб}$$

Результаты расчетов сводятся в таблицу:

Таблица 32 - Эффективность мероприятий проекта

№ п/п	Показатели	Ед. изм.	Значение показателей		Изменение показателей
			Базовый вариант	Проектный вариант	
1	Годовой выпуск продукции	шт.	3000	3000	0
2	Трудоёмкость годового объёма выпуска	н-ч	2226	1301,5	-924,5
3	Капитальные вложения	тыс. р.		769090	769090
4	Технологическая себестоимость годового объёма выпуска	тыс. р.	662457	426261	-236196
5	Приведенные затраты	тыс. р.			
6	Срок окупаемости дополнительных капитальных вложений $T_{ок}$	лет	3		

## 4. МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

### 4.1. Разработка методики проведения занятия по изучению интерфейса системы ЧПУ OSP – P200M

Разработанный технологический процесс обработки детали «Корпус» предусматривает применение высокопроизводительного обрабатывающего центра (ОЦ) нового поколения OKUMA MU 400VA.

OKUMA MU 400VA предназначен для комплексной многоосевой обработки деталей из различных материалов, в том числе и высоколегированных, закалённых сталей с твёрдостью поверхности HRC 58 ...60. Технические возможности станка обеспечивают высокую производительность и точность при любом типе производства: от единичного и опытного до крупносерийного.

Многофункциональный обрабатывающий центр OKUMA MU 400VA обеспечивает выполнение, фрезерных, сверлильно-расточных операций любой сложности с высокой точностью. Сочетает в себе компактность обычного станка с широким набором функций специального оборудования: сверлильно-фрезерных, резьбонарезных, резьбофрезерованных и др. работ. Станок оснащен новой, усовершенствованной системой ЧПУ OSP-P200M.

Для обработки профиля детали «Корпус» необходимо создать управляющую программу многоосевой обработки в соответствии с системой ЧПУ OSP-P200M. Для этих целей используется САПР NX. Что бы изучить программу необходимо провести курсы повышения квалификации Операторов-наладчиков обрабатывающих центров с ЧПУ.

Программа повышения квалификации осуществляется на предприятии заказчика по учебной программе «Создание УП в САПР NX». Подготовка осуществляется индивидуально или в минигруппах. После успешного завершения обучения выдается сертификат.

Программа повышения квалификации предусматривает изучение интерфейса программы, способов разработки технологической операции

					<i>ДП 44.03.04.728 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		67

токарной, сверлильной и фрезерной обработки, сохранения и корректировки программы. Обучение осуществляется высококвалифицированным инженером-технологом.

По окончании курса слушатель сдает зачетную работу, которая включает разработку управляющей программы в математическом обеспечении NX.

#### 4.2. Анализ профессионального стандарта по профессии «Оператор-наладчик обрабатывающих центров с ЧПУ»

В настоящее время с России действует профессиональный стандарт по профессии «Оператор-наладчик обрабатывающих центров с ЧПУ», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации 4 августа 2014г. № 530н. Согласно данному стандарту основной вид профессионально деятельности по данной профессии - Наладка обрабатывающих центров с программным управлением и обработка деталей.

В таблице 1 приведем описание трудовых функций оператора-наладчика обрабатывающих центров с ЧПУ в соответствии с профессиональным стандартом.

Таблица 33 - Трудовые функции оператора наладчика

Обобщенные трудовые функции		Трудовые функции		
Наименование	уровень квалификации	наименование	код	уровень (подуровень) квалификации
Наладка и подналадка обрабатывающих центров с программным управлением для обработки простых и средней сложности деталей; обработка простых и сложных деталей	2	Наладка на холостом ходу и в рабочем режиме обрабатывающих центров для обработки отверстий в деталях и поверхностей деталей по 8–14 квалитетам	A/01.2	2
		Настройка технологической последовательности обработки и режимов резания, подбор режущих и измерительных инструментов и приспособлений по техн-кой карте	A/02.2	2
		Установка деталей в универсальных и специальных приспособлениях и на столе станка с выверкой в двух плоскостях	A/03.2	2

## Окончание таблицы 33

		Отладка, изготовление пробных деталей и передача их в отдел технического контроля (ОТК)	A/04.2	2
		Подналадка основных механизмов обрабатывающих центров в процессе работы	A/05.2	2
		Обработка отверстий и поверхностей в деталях по 8–14 квалитетам	A/06.2	2
		Инструктирование рабочих, занятых на обслуживаемом оборудовании	A/07.2	2
Наладка на холостом ходу и в рабочем режиме обрабатывающих центров с программным управлением для обработки деталей, требующих перестановок и комбинированного их крепления; обработка деталей средней сложности	3	Наладка обрабатывающих центров для обработки отверстий в деталях и поверхностей деталей по 7–8 квалитетам	B/01.3	3
		Программирование станков с числовым программным управлением (ЧПУ)	B/02.3	3
		Установка деталей в приспособления и на столе станка с выверкой их в различных плоскостях	B/03.3	3
		Обработка отверстий и поверхностей в деталях по 7–8 квалитетам	B/04.3	3
Наладка и регулировка на холостом ходу и в рабочем режиме обрабатывающих центров с программным управлением для обработки деталей и сборочных единиц с разработкой программ управления; обработка сложных деталей	4	Наладка обрабатывающих центров для обработки отверстий и поверхностей в деталях по 6 квалитету и выше	C/01.4	4
		Обработка отверстий и поверхностей в деталях по 6 квалитету и выше	C/02.4	4

Проанализируем обобщенную трудовую функцию – «Наладка на холостом ходу и в рабочем режиме обрабатывающих центров с программным

управлением для обработки деталей, требующих перестановок и комбинированного их крепления; обработка деталей средней сложности». Анализ приведен в таблице 34.

Таблица 34 - Обобщенная трудовая функция

Наименование	Наладка на холостом ходу и в рабочем режиме обрабатывающих центров с программным управлением для обработки деталей, требующих перестановок и комбинированного их крепления; обработка деталей средней сложности		Код	А	Уровень квалификации	3
Возможные наименования должностей	Наладчик обрабатывающих центров (5-й разряд) Оператор обрабатывающих центров (5-й разряд) Оператор-наладчик обрабатывающих центров (5-й разряд) Оператор-наладчик обрабатывающих центров с ЧПУ 3-й квалификации Оператор обрабатывающих центров с ЧПУ 3-й квалификации Наладчик обрабатывающих центров с ЧПУ 3-й квалификации					
Требования к образованию и обучению	Среднее профессиональное образование – программы подготовки квалифицированных рабочих (служащих)					
Требования к опыту практической работы	Не менее одного года работ второго квалификационного уровня по профессии «оператор-наладчик обрабатывающих центров с ЧПУ»					
Особые условия допуска к работе	Прохождение обязательных предварительных (при поступлении на работу) и периодических медицинских осмотров (обследований), а также внеочередных медицинских осмотров (обследований) в установленном законодательством Российской Федерации порядке					
	Прохождение работником инструктажа по охране труда на рабочем месте					
Дополнительные характеристики						
Наименование классификатора	код	Наименование базовой группы, должности (профессии) или специальности				
ОКЗ	7223	Станочники на металлообрабатывающих станках, наладчики станков и оборудования				
ЕТКС	§44	Наладчик станков и манипуляторов с программным управлением 5-й разряд				
ОКНПО	010703	Наладчик станков и манипуляторов с программным управлением				

В рамках анализируемой обобщенной трудовой функции, обучаемый должен уметь выполнять следующие трудовые функции:

Наладка обрабатывающих центров для обработки отверстий в деталях и поверхностей деталей по 7–8 квалитетам	В/01.3
Программирование станков с числовым программным управлением (ЧПУ)	В/02.3
Установка деталей в приспособлениях и на столе станка с выверкой их в различных плоскостях	В/03.3
Обработка отверстий и поверхностей в деталях по 7–8 квалитетам	В/04.3

Выберем трудовую функцию – «Программирование станков с числовым программным управлением (ЧПУ)». Данная трудовая функция должна быть сформирована на 3-ом уровне (подуровне) квалификации. Анализ приведен в таблице 35.

Таблица 35 - Анализ трудовой функции «Программирование станков с числовым программным управлением (ЧПУ)»

Наименование	Программирование станков с числовым программным управлением (ЧПУ)	Код	В/02.3	Уровень (подуровень) квалификации	3
Трудовые действия	Корректировка чертежа изготавливаемой детали				
	Выбор технологических операций и переходов обработки				
	Выбор инструмента				
	Расчет режимов резания				
	Определение координат опорных точек контура детали				
	Составление управляющей программы				
Необходимые умения	Программировать станок в режиме MDI (ручной ввод данных)				

В итоге анализа данной трудовой функции можно сформировать учебный план повышения квалификации Операторов-наладчиков обрабатывающих центров с ЧПУ в учебном центре предприятия.

#### 4.3. Анализ учебно-программной документации

Программа занятий по использованию математического обеспечения NX: фрезерная обработка рассчитана на людей имеющих опыт работы с ПЭВМ, знания в области конструирования, а именно для обучения и повышения квалификации операторов-наладчиков и технологов-программистов по эксплуатации ОЦ OKUMA MU 400VA с ЧПУ модели OSP - P200M и программированию технологических операций.

Программа обучения занятий рассчитана на 40 часов, в том числе лекции 16 часов и практические занятия 24 часа. Режим работы по освоению программы NX осуществляется по согласованию со слушателями.

Программа содержит тематический план, который определяет объем и тематику курса, последовательность изучения тем.

Тематический план занятий представлен в таблице 36.

Таблица 36 - Тематический план учебной программы «Создание УП в САПР NX»

№ п/п	Наименование темы	Всего часов	В том числе	
			Лекции	Практические занятия
1	2	3	4	5
1	Основные меню NX, интерфейс программы	2	1	1
2	Запуск, создание проекта обработки, используя импорт CAD данных: загрузка новых CAD данных, сохранение данных, завершение работы NX	5	2	3
3	Часто используемые операции: удаление объектов, увеличение/уменьшение размеров, дополнительные построения, отмена/повторное выполнение операций	2	1	1
4	Выбор оборудования: ввод информации о проекте и об оборудовании	2	1	1
	Создание и регистрации инструмента в системе ЧПУ OSP - P200M. Установка инструментальных данных	3	2	1
5	Задание заготовки: задание материала заготовки, создание геометрии заготовки	2	1	1
6	Задание обработки: установка начала координат, создание геометрии обработки, задание переходов обработки	4	2	2
7	Автоматический расчет операций обработки, редактирование операций обработки: проверка операций обработки; проверка траектории инструменте, внесение изменений	3	1	2
8	Создание технологической информации: создание чертежа обработки, создание УП, создание списка инструмента, создание операционной карты, печать технологической информации	2	1	1



Окончание таблицы 36

9	Подтверждение файла УП: структуре папок в NX, копирование файла УП в стойку ЧПУ, завершение проекта	4	1	3
10	Основы черчения в программе NX: создание чертежа детали с использованием вспомогательных элементов, создание нового файла.	4	1	3
11	Назначение атрибутов документа	2	1	1
12	Создание вспомогательных элементов, трассирование вспомогательных линий	2	1	1
13	Работа с графикой, черчение	2	1	1
14	Простановка размеров, создание примечаний	2	1	1
15	Зачетная работа			
	Итого	40	16	24

В дипломном проекте для повышения квалификации разработано занятие теоретического обучения «Создание и регистрации инструмента в системе ЧПУ OSP - P200M. Установка инструментальных данных». На данную тему отводится 2 часа.

#### 4.4. Разработка методики проведения занятия

Тема урока «Создание и регистрация инструмента в системе ЧПУ OSP - P200M. Установка инструментальных данных»

Цели урока.

Обучающая:

- сформировать знания об окне создания и регистрации инструмента в системе ЧПУ OSP - P200M в программном пакете LAP4.

- сформировать знания об установке инструментальных данных

Развивающая:

- развивать профессиональный интерес, мышление и технический кругозор.

Воспитательная:

- воспитывать культуру общения, культуру речи (в том числе с использованием специальной предметной терминологии).

Тип урока: урок усвоения новых знаний

Оснащение урока: ПК, ноутбук, мультимедиапроектор, экран, слайды, симуляторы системы ЧПУ OSP - P200M.

Время, отведенное на урок: 2 академических часа

Таблица 37 - Модель деятельности преподавателя и учащихся на уроке

№ этапа	Наименование этапа урока	Деятельность преподавателя	Время этапа урока (мин)	Деятельность учащихся
1	2	3	4	5
1	Организационная часть	- приветствие - проверка присутствующих и внешнего вида учащихся.	5	Приветствуют преподавателя. Участвуют в переключке
2	Сообщение темы и цели урока	Сообщает тему, цели урока.	5	Слушают, записывают тему урока.
3	Актуализация опорных знаний учащихся	Опрос учащихся: Вопросы: Что такое устройство числового программного управления станками? Как выбрать устройство числового программного управления станком? Что такое управляющая программа? Назовите методы создания управляющих программ.	10	Отвечают на вопросы, слушают, дополняют друг друга.
4	Объяснение нового учебного материала	Преподаватель объясняет новый материал.	35	Слушают, конспектируют.
1	2	3	4	5

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ДП 44.03.04.728 ПЗ

Лист

74

Окончание таблицы 37

5	Пробное применение новых знаний на практике	Преподаватель инструктирует учащихся по установке данных инструмента на симуляторе в системе ЧПУ OSP – E200 в программном пакете LAR4	20	Устанавливают данные на компьютерах, выполняя инструкции преподавателя.
6	Закрепление новых знаний	Задаёт вопросы	10	Отвечают на вопросы
7	Домашнее задание	Повторить пройденный материал.	5	Записывают

Таблица 38 - Актуализация опорных знаний учащихся

Вопрос	Предполагаемый ответ
Что такое устройство числового программного управления станками?	Устройство числового программного управления станками - это часть системы ЧПУ, выполненная как единое целое с ней и осуществляющая выдачу управляющих воздействий по заданной программе.
Как выбрать устройство числового программного управления станком?	Выбор устройство числового программного управления станком и оценка его характеристик определяется рядом факторов – типом и назначением станка, характером и видом выполняемых работ, точностными характеристиками принятого станка, видом производства, возможностями предприятия
Что такое управляющая программа?	Управляющая программа (УП) — это совокупность команд на языке программирования, соответствующая алгоритму функционирования станка по обработке конкретной заготовки.
Назовите методы создания управляющих программ.	Существует три метода программирования обработки для станков с ЧПУ: 1. Ручное программирование. 2. Программирование на пульте УЧПУ. 3. Программирование при помощи CAD/CAM системы.

Тема занятия «Создание и регистрация инструмента в системе ЧПУ OSP - P200M. Установка инструментальных данных» (слайд 1)

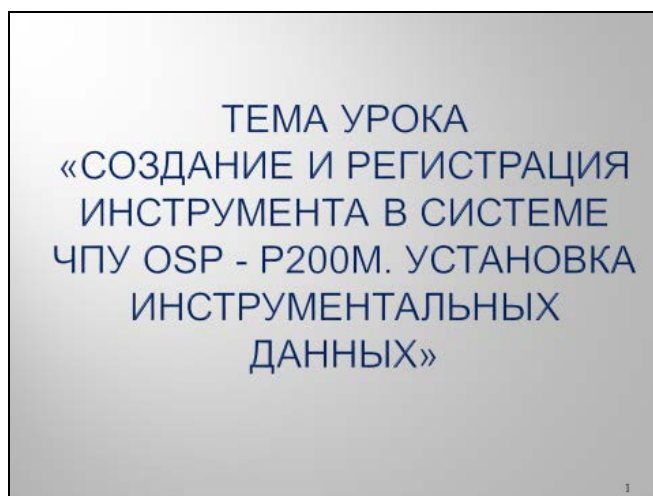


Рисунок 9 – Слайд 1. Установка инструментальных данных

### 1. Установка инструментальных данных

Установка инструментальных данных, которые используются для решения таких проблем, как различия позиции монтажа инструмента (в основном позиции режущей кромки инструмента), зависящей от типа режущего инструмента и типа используемого держателя инструмента и ошибка между обрабатываемым контуром и программируемым контуром вызванной радиусом режущей кромки инструмента, применяется управление возможным смещением инструмента и функцией компенсации инструмента.

При стандартной спецификации, имеется в наличии максимальное число 32 таких наборов смещений инструмента и компенсации радиуса режущей кромки инструмента и имеется возможность, как дополнительная опция, в увеличении наборов до 64 или 96.

### 2. Смещение инструмента и коррекция радиуса режущей кромки инструмента.

Смещение инструмента.

В зависимости от типа режущего инструмента и типа используемого держателя, позиция монтажа инструмента будет отличаться от заданной позиции. Даже, если режущую кромку инструмента тщательно установить в

заданную позицию, позиция режущей кромки инструмента будет изменяться, т.к. инструмент изнашивается.

Эта работа требует больших затрат времени и не практично изменять величины команд каждый раз, как только изменяется позиция режущей кромки инструмента и по этой причине, функция смещения инструмента необходима, чтобы компенсировать разницу между действительной позицией режущей кромки инструмента и заданной позицией. Смещение необходимое для этой компенсации называется “смещением инструмента”.

За счёт использования смещения инструмента, одна и та же программа, может быть использована, не обращая внимания на инструмент, который устанавливается.

На слайде 2 конечная точка инструмента установлена на следующем расстоянии от необходимой установки или заданной точки.

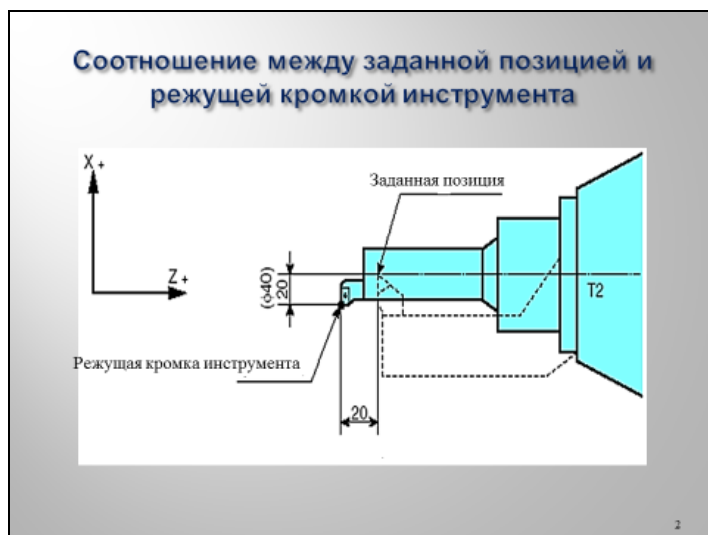


Рисунок 10 - Слайд 2.Резание металлов

В направлении X – оси: - 40mm (диаметр)

В направлении Z – оси: - 20 mm.

Эти различия обычно измеряются с кронциркулем для установки инструмента.

Следовательно, величина смещения для этого инструмента в нашем примере:  $X = +40.00$        $Z = +20.00$

Соотношение между заданной позицией (позицией, где величины смещения -  $X = 0$  и  $Z = 0$ ) и вершиной режущей кромки инструмента показан на слайде 3:



Рисунок 11 - Слайд 3. Траектория режущей кромки

Когда величина смещения инструмента задействована, то траектория перемещения инструмента автоматически компенсируется, генерируя при этом траекторию инструмента на рисунке, показанном выше, с помощью сплошных стрелок (траектория указанной пунктирными стрелками, точно соответствует запрограммированной траектории).

#### Компенсация радиуса вершины режущей кромки инструмента

Так как токарные инструменты имеют радиус режущей кромки, то может возникать ошибка между действительной формой, созданной с помощью команд и предназначенной формой (запрограммированный контур не достигнут).

Функция коррекции вершины радиуса режущей кромки инструмента, служит, для автоматической компенсации этой ошибки в соответствии с радиусом вершины режущей кромки инструмента.

Команда коррекции вершины радиуса режущей кромки инструмента, определяется одновременно с командой на смещения инструмента.

При этом команда состоит из буквы “ T ‘ и шести цифр (Слайд 4)



Рисунок 12 - Слайд 4. Программирование

Программируемый диапазон номеров инструмента зависит от спецификации станка.

Управление компенсацией. Геометрическая ошибка, вызванная радиусом вершины режущей кромки инструмента.

Если производится обработка резанием по пути А – В – С – D – E, см. рисунок ниже, без активирования функции, коррекции вершины радиуса режущей кромки инструмента, то заштрихованная часть окажется не обработанной, вызывая, таким образом, геометрические ошибки (слайд 5).



Рисунок 13 - Слайд 5

Это случается, потому что X и Z оси находятся в режиме слежения за запрограммированной траекторией таким образом, что режущая точка инструмента, установленная в точке “ Р “ на рисунке (слайд 6), всегда располагается на заданной позиции.



Рисунок 14 - Слайд 6.Резание металлов

Следовательно, эквивалент ошибки вершины радиуса инструмента производится во время действительной обработки. Движение вершины инструмента во время коррекции радиуса вершины режущей кромки инструмента. Если функция, компенсации радиуса вершины режущей кромки инструмента, активируется, то траектория инструмента показана на (слайде 7):



Рисунок 15 - Слайд 7.Резание металлов



Данные коррекции радиуса вершины режущей кромки.

Для завершения обработки детали в соответствии с правильными размерами используя функцию коррекции радиуса вершины режущей кромки инструмента, то размер и направление радиуса вершины, должен быть, измерен и измеренная величина устанавливается в инструментальные данные.

Измерение вершины радиуса.

Измерьте точку центра радиуса вершины инструмента, взяв мнимую точку режущей кромки вершины инструмента, используемую при предварительной настройке инструмента, как начальная точка измерения и определите направления и “ X – “ и “ Z – “ компоненты осей (величины компенсаций) от этой центральной точки.

Мнимая точка режущей кромки вершины инструмента является идеалом, который может быть выражен только количествами смещения инструмента без учёта радиуса режущей кромки вершины инструмента. В действительности таких кромок инструментов не существует (слайд 8).



Рисунок 16 - Слайд 8.Резание металлов

Если функция компенсации режущей кромки инструмента не активирована, то ЧПУ управляет перемещениями координат “ X – “ и “ Z – “ осей так, что мнимая режущая кромка инструмента следует по

запрограммированной траекторией. При измерении данных компенсации радиуса режущей кромки инструмента, определяются обе величины компенсации радиуса режущей кромки инструмента и направление центра радиуса режущей кромки относительно этой мнимой режущей кромки инструмента.

Направление центра радиуса режущей кромки относительно этой мнимой режущей кромки инструмента выражается двумя методами:

а. величиной коррекции по  $X$  и  $Z$  с положительным или отрицательными знаками.

б. Числом “ $P$ ”.

Если величина компенсации радиуса режущей кромки и направление смещения определяются по методу а), то число “ $P$ ” должно быть равно нулю ( $P=0$ ).

Радиус режущей кромки берётся так, чтобы быть большим из абсолютных значений набора  $X$  и  $Z$  величин.

Направление центра радиуса режущей кромки определяется приписываемыми знаками для “ $X -$ ” и “ $Z -$ ” осей (слайд 9).

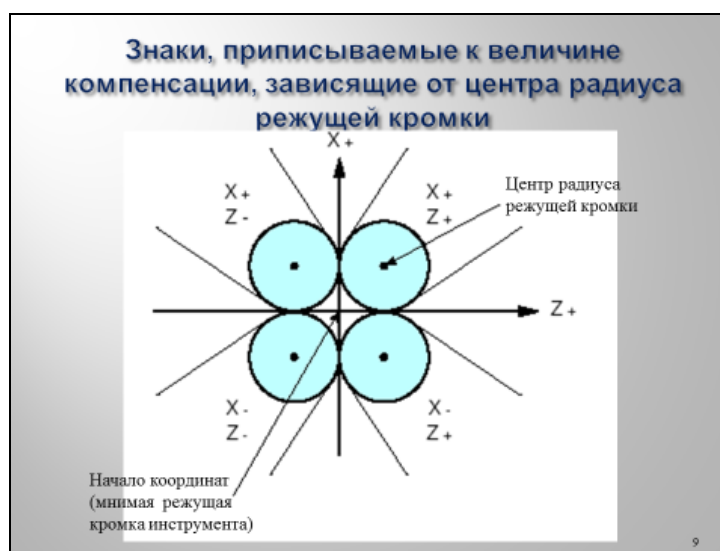


Рисунок 17 - Слайд 9.Резание металлов

Если величина компенсации радиуса режущей кромки и направление смещения определяется с использованием метода б), то установите номер в диапазоне от 1 до 9, чтобы выбрать направление смещения центра радиуса режущей кромки. Радиус режущей кромки берётся так, чтобы быть большим из абсолютных значений набора X и Z величин.

Когда P=9, центр радиуса режущей кромки находится в начале координат (мнимая режущая кромка инструмента) (слайд 10).

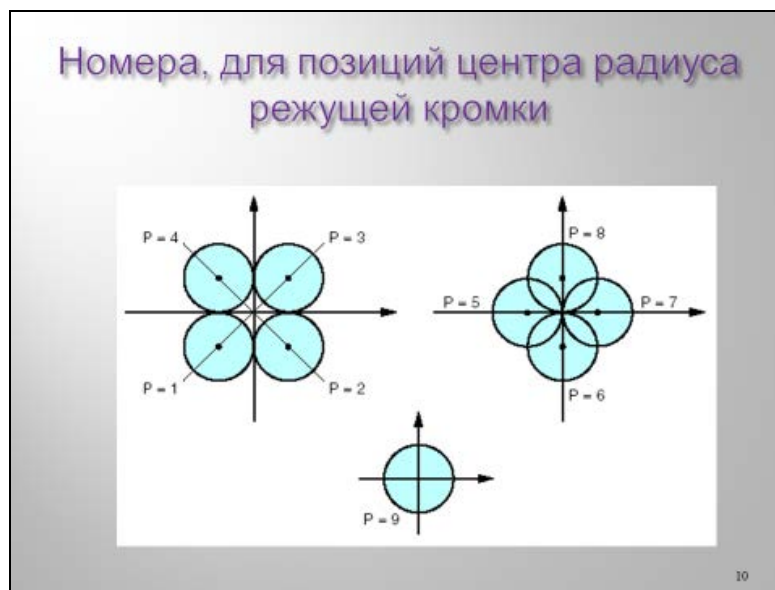



Рисунок 18 - Слайд 10.Резание металлов

### 3. Операции по установке данных инструмента.

Основные операции по установке данных инструмента.

Для установки данных инструмента, сначала нажмите на кнопку выбора режима  (TOOL DATA) (инструментальные данные), при этом появится экран – TOOL OFFSET / NOISE R COMPENSATION (смещение инструмента / компенсация радиуса режущей кромки).

Экран смещение инструмента / компенсация радиуса режущей кромки представлен (на слайде 11).

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

## Экран - смещение инструмента / компенсация радиуса режущей кромки



Рисунок 19 - Слайд 11.Интерфейс

Экран смещения инструмента / компенсации радиуса режущей кромки, показывает таблицы, для смещения инструмента и компенсация радиуса режущей кромки и действительное положение выбранного инструмента.

Таблица 39 - Функции меню экрана смещения инструмента / компенсация радиуса режущей кромки состоит из десяти пунктов.

ADD (Добавить)	Добавляется вводимая величина к существующей величине и устанавливается полученный результат, как величина смещения или величина компенсации.
CONST. ADD (Константу добавить)	Добавляется постоянная величина, установленная относительным параметром, к величине смещения или величине компенсации.
CONST. SUB (Константу вычесть)	Вычитается постоянная величина, установленная относительным параметром, от величины смещения или величины компенсации.
DISPLAY CHANGE (Дисплей сменить)	Вызывается выплывающее окно с экраном DISPLAY CHANGE (дисплей сменить).
SET (Установить)	Устанавливается вводимая величина, как величина смещения или величина компенсации.
CALL (Расчёт)	Определяется величина смещения, которая основывается на вводимой величине и действительной позиции.
FIND (Найти)	Поиск номера смещения инструмента.
CONNECT PARA (Подкл. параметр)	Показывается выплывающее окно PARAMETER CONNECTION ESTABLISHMENT (создание подключения параметров).
D – PIP	Ввод, вывод и различные виды сравнения программных данных ЧПУ (NC Programming data), включая и данные инструмента.
ONETOUCH CALL (расчёт)	Производится моментальное вычисление значений смещения инструмента.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
------	------	----------	---------	------

ДП 44.03.04.728 ПЗ


Лист

84

Основная процедура по установке данных инструмента:

Слушатели работают за симуляторами системы ЧПУ OSP - P200M

Процедура: -----

1. Нажмите на кнопку выбора режима  (TOOL DATA) (инструментальные данные).

Индикаторная лампочка в верхнем левом углу кнопки загорится, режим установки данных инструмента установится и появится экран – TOOL OFFSET / NOISE R COMPENSATION (смещение инструмента / компенсация радиуса режущей кромки).

Данные соответствующие текущей коррекции на инструмент показываются голубым цветом в установленной таблице.

2. Выберите необходимые данные, для номера компенсации инструмента, которые будут установлены.

На каждой странице экрана показано десять таких наборов смещения инструмента и данные компенсации радиуса режущей кромки.

Для показа одиннадцатого и последующих наборов используйте кнопки листания страниц.

Курсорные кнопки используются для выбора каких-нибудь данных на выбранной странице экрана.

3. Используйте кнопки функционального меню [F1] (SET) (установка), [F2] (ADD) (добавить), или [F3] (CALL) (вычислить) для ввода величины смещения инструмента.

Когда числовая величина вводится после нажатия на функциональную кнопку, то эта величина будет показана в буферной области экрана.

-Получение величины смещения, когда величина смещения инструмента заранее известна:

Выбрать кнопку [F1] (SET) (установка) из функционального меню, и ввести величину смещения инструмента.

-Получение величины смещения с помощью прибавления или вычитания

Выбрать кнопку [F2] (ADD) (прибавить) из функционального меню, и ввести величину, которая прибавляется или вычитается из текущей установки.

-Получение величины смещения с помощью вычисления из установленного в настоящий момент инструмента:

Если величина смещения инструмента неизвестна, то введите величину смещения инструмента по процедуре описанной ниже.

Обработайте заготовку по внешнему диаметру или обработайте торцевую поверхность, потом измерьте внешний диаметр или торцевую поверхность.

Выберите кнопку [F2] (CALL) (вычислить) из функционального меню и введите измеренную величину.

-Получение величины смещения с помощью CONST. ADD или CONST. SUB:

Данный метод установки используется, когда имеется разница между окончательным размером детали после обработки и размерами на чертеже, например – из-за износа инструмента.

Выберите кнопку из функционального меню: - {[F3] (CONST. ADD) (прибавить константу)} или - {[F4] (CONST. SUB) (вычесть константу)}, затем определяйте приращение или декремент, по отношению к установленной позиции набора, которое даст предназначенное положение. Если, - [F3] (CONST. ADD) или [F4] (CONST.SUB) не показаны на экране, то необходимо нажать на кнопку [EXTEND] функционального меню.


4. Введите величину коррекции на радиус режущей кромки.

Введите эту величину, так же, как и в шаге 3). Заметим, что [F2] (CALL) не может использоваться, для ввода величины коррекции на радиус режущей кромки. Максимальная величина установки – 999,999mm.

5. Вводите номер, указывающий направление мнимой режущей кромки инструмента, для коррекции радиуса режущей кромки.


Переместить курсор в “ P “область таблицы данных и установите номер, который определяет направление мнимой режущей кромки инструмента.

Если указанная величина коррекции, как положительная или отрицательная была введена в шаге 4), то необходимо ввести число “ 0 “ в “ Р “, т.е. R=0.

6. Нажмите на кнопку  (WRITE) (запись).

Данные в выбранной области ввода установочной таблицы, изменяются в соответствии с выбранной функцией (SET, ADD, CONST.ADD, CONST.SUB).

### Вопросы для закрепления новых знаний

Вопрос	Предполагаемый ответ
1. Для чего нужна установка инструментальных данных?	Установка инструментальных данных нужна для различия позиции монтажа инструмента, зависящей от типа режущего инструмента и типа используемого держателя инструмента.
2. Какие преимущества дает функция смещения инструмента?	Когда величина смещения инструмента задействована, то траектория перемещения инструмента автоматически компенсируется, генерируя при этом траекторию инструмента.
3. Для чего служит функция коррекции вершины радиуса режущей кромки инструмента?	Функция коррекции вершины радиуса режущей кромки инструмента служит для завершения обработки детали в соответствии с ее правильными размерами.
4. Назовите кнопку, которую нужно нажать для установки данных инструмента.	Для установки данных инструмента, сначала нужно нажать на кнопку выбора режима  (TOOL DATA), при этом появится экран – TOOL OFFSET / NOISE R COMPENSATION (смещение инструмента / компенсация радиуса режущей кромки).

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Данная деталь не имеет сложных для обработки поверхностей, но при этом основные поверхности обрабатываются на обрабатывающем центре. Существенным недостатком данной детали является то, что она не имеет наружных чистовых баз, поэтому приходится создавать их искусственно, а затем удалять. Корпус обрабатывается с двух противоположных сторон, поэтому используется два комплекта баз (это тоже недостаток). Достоинством технологического процесса является то, что все крепёжные отверстия получаются по кондукторам без разметки и зацентровки.

Разработанный технологический процесс обеспечивает достаточную безопасность и защиту человека от вредных и опасных факторов производства.

В работе был разработан план-конспект занятия теоретического обучения для повышения квалификации Операторов-наладчиков обрабатывающих центров с ЧПУ. В качестве средств обучения используются слайды и симуляторы системы ЧПУ OSP - P200M.

					<i>ДП 44.03.04.728 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		88



## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Анурьев В.И. Справочник конструктора-машиностроителя в 3-х т. Т. 2. – 5-е изд. перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1978. – 559 с.
2. Бурлаков С.Л. Литьё в кокиль [Текст] / С.Л. Бурлаков, А.И. Вейник, Дубинин Н.П. - М.: Машиностроение. 1980. - 415 с.
3. ГОСТ 26645-85 Отливки из металлов и сплавов
4. Дипломное проектирование: учебное пособие / Н.В. Бородина, Г.Ф. Бушков. Екатеринбург: Изд-во Рос. гос. проф.- пед. ун-т, 2011. 90 с.
5. Дипломное проектирование по технологии машиностроения [Текст]: учеб. пособие / под ред. В.В. Бабука. - М.: Высш. Школа, 1979.-464 с.
6. Допуски и посадки: Справочник[Текст] Ч. 1 / Под ред. В.Д. Мягкова. В 2-х ч. – 5-е изд., перераб. и доп. – Л.: Машиностроение. Ленингр. отд-ние, 1979 – 544 с.
7. Допуски и посадки: Справочник [Текст] Ч. 1 / Под ред. В.Д. Мягкова. В 2-х ч. – 5-е изд., перераб. и доп. – Л.: Машиностроение. Ленингр. отд-ние, 1979 – 545-1032 с.
8. Козлова Т.А. Курсовое проектирование по технологии машиностроения[Текст]: Учеб. пособие. – Екатеринбург: Изд-во Урал. гос. проф.-пед. ун-та, 2001. – 169 с.
9. Ковшов А.Н. Технология машиностроения: Учеб. для студентов машиностр. специальностей вузов. М.: Машиностроение, 1987.320 с.
10. Коровин А.К. Приспособления для механосборочного производства: Учеб. пособие. Екатеринбург: Изд-во Урал. гос. проф.-пед. ун-та, 1996. – 144 с.
11. Марков Н.Н. и др. Нормирование точности в машиностроении: Учебник для вузов. 2-е изд. М.: Высш. шк., Издат. Центр «Академия», 2001. 335с.

					<i>ДП 44.03.04.728 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		89

12. Марочник сталей и сплавов. В.Г. Сорокин, А.В. Волосникова, С.А. Вяткин и др.; Под общ. ред. В.Г. Сорокина. – М.: Машиностроение, 1989. – 640 с.

13. Мирошин Д.Г. Технология программирования и эксплуатация станков с ЧПУ [Текст]: Учеб. пособие. / Д.Г. Мирошин, Т.В. Шестакова, О.В. Костина, Екатеринбург: Изд-во Рос. гос. проф.- пед. ун-та, 2009. 96 с.

14. Общемашиностроительные нормативы времени вспомогательного, на обслуживание рабочего места и подготовительно - заключительного для технического нормирования станочных работ: Сер. Пр-во М.: Машиностроение, 1974. - 416 с.

15. Общемашиностроительные нормативы времени и режимов резания для нормирования работ, выполняемых на универсальных и многоцелевых станках с ЧПУ. Часть 1. Нормативы времени. - М.: Экономика. 1990. - 207с.

16. Общемашиностроительные нормативы времени и режимов резания для нормирования работ, выполняемых на универсальных и многоцелевых станках с ЧПУ. Часть 1. Нормативы режимов резания. - М.: Экономика. 1990.- 475с.

17. Панов А.А. Обработка металлов резанием : Справочник технолога [Текст] / Под ред. А.А. Панова: - М.: Машиностроение. 1988 .- 736с.

18. Прогрессивные режущие инструменты и режимы резания металлов: Справочник/В.И. Баранчиков, А.В. Жаринов, Н.Д. Юдина и др.; Под общ. ред. В.И. Баранчикова. – М.: Машиностроение, 1990. 400 с.

19. Руденко П.А. Проектирование технологических процессов в машиностроении [Текст] / П.А Руденко. - К.: Вища шк. Головное изд-во, 1985.- 255с.

20. Серебеницкий, П.П. Программирование автоматизированного оборудования [Текст] / П.П. Серебеницкий, А.Г. Схиртладзе - М.: Дрофа, 2008. – Ч1. 576 с.

21. Справочник технолога- машиностроителя [Текст] / под ред. А.Г. Косиловой и Р.К. Мещерякова. В 2т. - 4-е изд., перераб. и доп. - М.: Машиностроение, 1986. - 1т- 656с.

22. . Справочник технолога- машиностроителя [Текст] / под ред. А.Г. Косиловой и Р.К. Мещерякова. В 2т. - 4-е изд., перераб. и доп. - М.: Машиностроение, 1986. - 2т- 496с.

23. Справочник технолога машиностроителя [Текст]. Т. 1 / Под ред. А.Н. Малова. В 2т. - 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1972 – 568 с.

24. Техническое описание станка [Электронный ресурс] DMG.com

25. Чучкалова Е.И. Техничко-экономические расчеты в выпускных квалификационных работах (дипломных проектах) [Текст]: учеб. пособие /Е.И. Чучкалова, Т.А. Козлова, В.П. Суриков. Екатеринбург: Изд-во ГОУ ВПО "Рос. гос. проф.-пед. ун-т", 2006. - 66 с.

26. Эрганова Н.Е. Основы методики профессионального обучения: Учебное пособие. – 4-е изд., испр. и доп. – Екатеринбург: Изд-во Рос. гос. проф.-пед. ун-та, 2005. 155 с.

27. Электронный каталог «Sandvik-Coromant», 2001.

28. Электронный каталог «Titex Plus», 2000.

29. Электронный каталог «LMT» – Инструментальные системы, 2005

30. Электронный каталог «Пумори» – Инструментальные системы, 2002.