

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

*СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА  
МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ДЕТАЛИ «КРЕСТОВИНА»*

Дипломный проект

по направлению подготовки 44.03.04

Профессиональное обучение (по отраслям)

Профиля подготовки «Машиностроение и материалобработка»

специализация «Технологии и оборудование машиностроения»

Идентификационный код ВКР : 767

Екатеринбург

2016 г

					ДП 44.03.04.767 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		3

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

К ЗАЩИТЕ ДОПУСКАЮ:  
Заведующий кафедрой ТМС  
\_\_\_\_\_ Н.В. Бородина

«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

***СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА  
МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ДЕТАЛИ «КРЕСТОВИНА»***

Пояснительная записка к дипломному проекту  
по направлению подготовки 44.03.04  
Профессиональное обучение (по отраслям)  
Профиля подготовки «Машиностроение и материалобработка»  
профилизация «Технологии и оборудование машиностроения»

Идентификационный код ВКР: 767

Исполнитель:

Студент группы ЗТО-501

А.А.Чернышев

Руководитель:

Доцент, к. т. н.

В.А.Штерензон

Екатеринбург  
2016г

					ДП 44.03.04.767 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		4

## РЕФЕРАТ

Дипломный проект содержит 108 листов машинописного текста , 35 таблиц, 12 схем, 27 использованных источника, приложения на 34 листах, графическую часть на 7 листах.

Ключевые слова: ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПРОЦЕСС, ТЕХНОЛОГИЯ, ЗАГОТОВКА, ДЕТАЛЬ, СТАНОЧНОЕ ПРИСПОСОБЛЕНИЕ, ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ.

В дипломном проекте разработаны предложения по совершенствованию технологического процесса механической обработки детали «Крестовина».

Спроектировано зажимное приспособление для закрепления заготовки на фрезерной (10) операции, проведен его силовой расчет.

В экономической части дипломного проекта выполнен расчет экономической эффективности от внедрения станков с ЧПУ.

Проведена разработка методики проведения занятия теоретического обучения при подготовке операторов станков с ПУ.

					ДП 44.03.04.767 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		5

## СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	5
1. ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ .....	6
1.1. Исходная информация .....	6
1.1.1. Служебное назначение и техническая характеристика детали....	6
1.1.2. Анализ технологичности конструкции детали .....	7
1.2. Анализ исходных данных для разработки техпроцесса.....	10
1.3. Разработка технологического процесса обработки детали .....	17
1.3.1. Выбор исходной заготовки и метода ее изготовления .....	17
1.3.2. Выбор технологических баз.....	21
1.3.3. Составление технологического маршрута обработки детали .....	23
1.3.4. Выбор средств технологического оснащения .....	25
1.4. Технологические расчеты.....	36
1.4.1. Расчет припусков.....	36
1.4.2. Расчет режимов резания.....	41
1.4.3. Расчет технических норм времени .....	42
2. РАЗРАБОТКА УПРАВЛЯЮЩЕЙ ПРОГРАММЫ .....	47
3. КОНСТРУКТОРСКАЯ ЧАСТЬ.....	54
3.1. Назначение приспособления для комбинированной операции..	54
3.1.1. Описание конструкции приспособления .....	54
3.1.2. Анализ схемы базирования .....	55
3.2. Силовой расчет .....	56
4. ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ .....	63
4.1. Описание предмета экономического обоснования.....	63
4.2. Исходные данные, необходимые для выполнения экономического обоснования.....	63
4.3. Расчет технико-экономических показателей .....	66
4.3.1. Определение капитальных вложений .....	66

4.3.2. Расчет технологической себестоимости детали .....	68
4.4. Определение годовой экономии от изменения техпроцесса .....	78
4.5. Определение экономических показателей разрабатываемого технологического процесса .....	78
<b>5. МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ .....</b>	<b>81</b>
5.1. Квалификационная характеристика .....	82
5.2. Анализ тематического плана .....	83
5.3. Анализ темы программы .....	84
5.4. Разработка плана-конспекта урока теоретического обучения .....	85
<b>ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....</b>	<b>102</b>
<b>СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ .....</b>	<b>103</b>
Приложение А – Лист задания на проектирование .....	106
Приложение Б – Перечень листов графических документов .....	107
Приложение В – Технологическая документация .....	108
Приложение Г – Презентация к уроку .....	
Приложение Д – Профессиональный стандарт «Оператор-наладчик обрабатывающих центров с ЧПУ» .....	

## ВВЕДЕНИЕ

В России и за рубежом большое внимание уделяется развитию машиностроения, которое является основой технического перевооружения всех отраслей народного хозяйства. Особое значение придается созданию высокоэффективных автоматизированных производств на базе технического перевооружения, а также реконструкции действующих производств при использовании современного оборудования и средств управления всеми этапами производственного процесса.

В условиях серийного производства эффективным средством повышения производительности труда на основе автоматизации является использование оборудования с ЧПУ, в частности обрабатывающих центров. Это оборудование имеет широкие технологические возможности, легко переналаживается, обеспечивает высокое качество обработки, включает в себе широкие возможности для роста производительности труда и повышения его эффективности.

Снижение трудоемкости и повышение производительности труда приводит к сокращению потребного количества оборудования. Это способствует снижению стоимости производственного инвентаря, помещений и т.д. При использовании станков с ЧПУ происходит высвобождение рабочих. Это снижает затраты на заработную плату, снижает потребность в служебно-бытовых помещениях. Использование многоцелевых станков позволяет повысить точность обработки, сократить число контрольных операций за счет их концентрации.

В настоящее время технологический процесс недостаточно производителен и требует большого количества рабочих и большого количества производственных площадей. Задача дипломного проекта является разработка нового технологического процесса, обоснование экономической эффективности и разработка методической части.

					ДП 44.03.04.767 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		8

# 1. ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

## 1.1. Исходная информация

### 1.1.1. Служебное назначение и техническая характеристика детали «Крестовина»

Деталь «Крестовина» является частью тормозной системы электрокара. Деталь располагается на задней оси электрокара, крепясь к его фланцу, и служит для размещения на нем гидравлического тормозного цилиндра и тормозных колодок. Также на ось электрокара устанавливается подшипник и колесо с тормозным барабаном. При нажатии на педаль тормоза тормозной цилиндр приводит в контакт колодки с барабаном и колесо перестает вращаться.

Деталь «Крестовина» относится к типу корпусных деталей. Корпусные детали – это базовые детали, служащие для размещения в них сборочных единиц и отдельных деталей.

Деталь изготавливается из легированной стали – сталь 40Л (литейная) ГОСТ 1050-88.

Таблица 1 – Механические свойства при T=20 °С

$\sigma_b$	$\sigma_T$	$\delta_5$	$\psi$	КСУ
МПа	МПа	%	%	кДж / м <sup>2</sup>
470	245	22	48	490

Твердость НВ 10<sup>-1</sup> = 163 МПа

Таблица 2 – Химический состав материала, в %

C	Si	Mn	Ni	S	P	Cr	Cu	As
0.32 - 0.4	0.17 - 0.37	0.5 - 0.8	до 0.25	до 0.04	до 0.035	до 0.25	до 0.25	до 0.08

Таблица 3 – Физические свойства стали

Т	Е 10 <sup>-5</sup>	а 10 <sup>6</sup>	l	г	С	Р 10 <sup>9</sup>
Град	МПа	1/Град	Вт/(м·град)	г/м <sup>3</sup>	Дж/(кг·град)	Ом·м
20	2.06			7826		
100	1.97	12	49	7804	469	251
200	1.87	12.9	49	7771	490	321
300	1.56	13.6	47	7737	511	408
400	1.68	14.2	44	7700	532	511
500		14.6	41	7662	553	629
600		15	38	7623	578	759
700		15.2	35	7583	611	922
800		12.7	29	7600	708	1112
900		13.9	28	7549	699	1156

Технологические свойства

Флокеночувствительность: не чувствительна

Склонность к отпускной хрупкости: не склонна

Заготовки сечением до 800 мм охлаждаются на воздухе. Обработываемость резанием в горячем состоянии при НВ 144-156 и  $\sigma_b=510$  МПа Квб.ст.=1,3. К отпускной хрупкости не склонна.

1.1.2. Анализ технологичности конструкции детали

Анализ технологичности конструкции изделия производится с целью повышения производительности труда, снижения затрат и сокращения времени на технологическую подготовку производства.

*Качественный анализ*

– конфигурация детали и её материал позволяют применять наиболее прогрессивные заготовки, сокращающие объём механической обработки;



- при конструировании изделия используются простые геометрические формы, позволяющие применять высокопроизводительные методы производства;
- предусмотрена удобная и надёжная технологическая база в процессе обработки;
- деталь допускает обработку поверхностей на проход;
- предусмотрена возможность удобного подвода жёсткого и высокопроизводительного инструмента к зоне обработки детали;
- обеспечен свободный вход и выход инструмента из зоны обработки;
- для снижения объема механической обработки предусмотрены допуски только точных поверхностей;

Из приведенного выше можно заключить, что «Крестовина» является относительно технологичной деталью. Для ее изготовления не требуется применение специальных станков и инструмента, однако потребует изготовление специальных приспособлений для обработки и контроля полученных отклонений.

#### *Количественный анализ*

1) Определим коэффициент точности обработки, для этого рассчитаем среднюю точность обработки по [1, с.229].

Таблица 4 – Показатели точности

<b>Ti</b>	<b>ni</b>	<b>Ti ni</b>	<b>Ti</b>	<b>ni</b>	<b>Ti ni</b>
7	2	14	12	5	60
14	10	140			

где  $T_i$  – квалитет точности обрабатываемых поверхностей,

$n_i$  – количество размеров или поверхностей для каждого квалитета,

$T_i n_i$  – произведение квалитета на количество размеров или поверхностей с данным квалитетом.

Определим среднюю точность обработки по формуле [1, с.229]:

$$T_{\text{ср}} = \frac{\sum T_i \cdot n_i}{\sum n_i} = \frac{214}{17} = 12,6. \quad (1)$$

Определим коэффициент точности по формуле [1, с.229]:

$$K_{\text{тч}} = 1 - \frac{1}{T_{\text{ср}}} = 1 - \frac{1}{12,6} = 0,92. \quad (2)$$

Средняя точность поверхностей детали составляет 12,6 квалитет

2) Определим коэффициент шероховатости, для этого рассчитаем среднюю шероховатость обработанных поверхностей по [1, с.229].

Таблица 5 - Показатели шероховатости

$\text{Ш}_i$	$n_i$	$\text{Ш}_i n_i$
2,5	2	5
6,3	13	82

где,  $\text{Ш}_i$  – значение параметра шероховатости обрабатываемых поверхностей данной детали,

$n_i$  – количество размеров или поверхностей данного параметра шероховатости,

$\text{Ш}_i n_i$  – произведение параметра шероховатости на количество размеров или поверхностей с данным параметром шероховатости.

Определим среднюю шероховатость обработанных поверхностей по формуле [1, с.230]:

$$\text{Ш}_{\text{ср}} = \frac{\sum \text{Ш}_i \cdot n_i}{\sum n_i} = \frac{87}{15} = 5,8 \quad (3)$$

Определим коэффициент шероховатости по формуле [1, с.230]:

$$K_{\text{ш}} = \frac{1}{\text{Ш}_{\text{ср}}} = \frac{1}{5,8} = 0,172 \quad (4)$$

3) Определим коэффициент использования материала по формуле [1, с.230]:

$$K_{и.м} = \frac{M_d}{M_z}, \quad (5)$$

где,  $M_d$  – масса детали по чертежу, кг;

$M_z$  – масса материала, расходуемого на изготовление детали, кг.

$$K_{и.м} = \frac{94.5}{98} = 0,9$$

В результате проведенного анализа можно сделать вывод о том, что деталь является технологичной, т.к. отсутствуют труднообрабатываемые поверхности. Отсутствуют отверстия, расположенные под углом. Поверхности обработки возможно обрабатывать с помощью многоинструментальной обработки.

## 1.2. Анализ исходных данных для разработки технологического процесса

Исходя из служебного назначения, анализа рабочего чертежа можно сформулировать основные задачи.

### *Обеспечить:*

- точность размеров:
  - отверстий  $\varnothing 91H7$ ,  $\varnothing 130H7$ , M8–6H,
  - валов  $\varnothing 120E8$ ,
  - остальные размеры – по H14, h14, IT14/2.
- точность взаимного расположения:
  - допуск перпендикулярности  $\varnothing 130$  относительно базы Д 0,08 мм;
  - допуск соосности  $\varnothing 130$  относительно базы Г 0,03 мм;
  - допуск соосности  $\varnothing 91$  относительно базы Д 0,016 мм.

					ДП 44.03.04.767 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		13

– допуск симметричности паза размером 91 относительно оси отверстия (база Г) 0,03 мм.

• качество поверхностного слоя:

– шероховатость поверхностей отверстий Ø130 и Ø91, боковые поверхности паза 91 и плоскость разъема Ra = 1,6 мкм;

– поверхности валов Ø120 и Ø118 Ra = 3,2 мкм,

– поверхность отверстий М8 Ra = 6,3 мкм;

– остальные обрабатываемые поверхности имеют шероховатость Ra = 12,5 мкм.

#### *Определение типа производства*

Тип производства представляет собой комплексную характеристику технических, организационных и экономических особенностей производства, обусловленных степенью специализации, сложностью и устойчивостью изготавливаемой номенклатуры изделий, размером и повторяемостью выпуска продукции.

Производство данной детали ведется с учётом работы участка в условиях *среднесерийного производства*. Выпуск продукции 1000 шт.

Одной из основных характеристик типа производства является коэффициент закрепления операций  $K_{з.о.}$  [8]:

$$K_{з.о.} = \frac{\sum O}{\sum P}$$

где  $\sum O$  - суммарное число различных операций, закрепленных за каждым рабочим местом;

$\sum P$  - суммарное число рабочих мест, на которых выполняются данные операции.

Зная данные о штучном времени определяют количество станков  $m_p$  [8]:

					ДП 44.03.04.767 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		14

$$m_p = \frac{N \cdot T_{шт.(шт-к)}}{60 \cdot F_\delta \cdot \eta_{з.н.}}$$

где  $F_\delta = 4029$  ч – действительный годовой фонд времени (при двухсменной работе);

$T_{шт.(шт-к)}$  – штучное или штучно-калькуляционное время, мин;

$\eta_{з.н.} = 0,75$  - нормативный коэффициент загрузки оборудования;

$N$  – годовая программа выпуска деталей, шт.

Число рабочих мест  $P$  устанавливают, округляя до ближайшего целого значения полученное значение  $m_p$ .

$$m_{p005} = \frac{1000 \cdot 15.2}{60 \cdot 4029 \cdot 0,75} = 0,08 = 1$$

$$m_{p010} = \frac{1000 \cdot 17.3}{60 \cdot 4029 \cdot 0,75} = 0,06 = 1$$

$$m_{p015} = \frac{1000 \cdot 35.8}{60 \cdot 4029 \cdot 0,75} = 0,19 = 1$$

Фактический коэффициент загрузки  $\eta_{з.ф.}$  [8]:

$$\eta_{з.ф.} = \frac{m_p}{P}$$

$$\eta_{з.ф.005} = \frac{0,08}{1} = 0,08$$

$$\eta_{з.ф.010} = \frac{0,06}{1} = 0,06$$

$$\eta_{з.ф.015} = \frac{0,19}{1} = 0,19$$

Количество операций, выполняемых на одном рабочем месте ( $O$ ),

определяется по формуле [8]:  $O = \frac{\eta_{з.н.}}{\eta_{з.ф.}}$

$$O_{005} = \frac{0,75}{0,08} = 9,38 \approx 10$$

$$O_{010} = \frac{0,75}{0,06} = 12,5 \approx 13$$

$$O_{015} = \frac{0,75}{0,19} = 3,9 \approx 4$$

Результаты заносятся в таблицу 6.

					ДП 44.03.04.767 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		15

Таблица 6 – Определение типа производства

Операция	$T_{ш-к}$	$m_p$	$P$	$\eta_{з.ф}$	$O$
005 Токарная	15.2	1	1	0.06	10
010 Координатно-расточная	17.3	1	1	0.06	13
015 Агрегатная	35.8	1	1	0.14	4
020 Контроль	5,9	1	1	0,04	30

$$\Sigma P = 4 \quad \Sigma O = 57$$

Коэффициент закрепления операций:

$$K_{з.о.} = 76 / 4 = 14,25$$

Коэффициент соответствует среднесерийному производству, для которого  $10 < K_{з.о.} \leq 20 = 10 < 14,25 < 20$  [8].

Серийное производство характеризуется изготовлением ограниченной номенклатуры продукции партиями (сериями), повторяющимися через определенные промежутки времени. В зависимости от размера серии различают мелкосерийное, среднесерийное и крупносерийное производства. Особенности организации серийного производства заключаются в том, что удастся специализировать рабочие места для выполнения нескольких подобных технологических операций, наряду с универсальным применять специальное оборудование и технологическую оснастку, широко применять труд рабочих средней квалификации, эффективно использовать оборудование и производственные площади, снизить, по сравнению с единичным производством, расходы на заработную плату.

Серийное производство характерно для выпуска продукции установившегося типа, например, металлорежущих станков, насосов, компрессоров и другого широко применяемого оборудования.

Серийное производство является наиболее распространенным типом производства. На машиностроительных предприятиях серийного типа изготавливается достаточно большая номенклатура изделий, хотя и более

ограниченная, чем в единичном производстве. Часть изделий являются родственными по конструктивно-технологическим признакам.

Другим признаком серийного производства является повторяемость выпуска изделий. Это позволяет организовать выпуск продукции более или менее ритмично.

Выпуск изделий в больших или относительно больших количествах позволяет проводить значительную унификацию выпускаемых изделий и технологических процессов; изготавливать стандартные или нормализованные детали, входящие в конструктивные ряды, большими партиями, что уменьшает их себестоимость.

Относительно большие размеры программ выпуска однотипных изделий, стабильность конструкции, унификация деталей позволяют использовать для их изготовления наряду с универсальным специальное высокопроизводительное оборудование и специальную оснастку.

Поскольку в серийном производстве выпуск изделий повторяется, экономически целесообразно разрабатывать технологические процессы обработки и сборки детально; представлять каждую операцию в виде переходов; устанавливать режимы обработки, точные названия станков и специальной оснастки и технические нормы времени.

Организация труда в серийном производстве отличается высокой специализацией. За каждым рабочим местом закрепляется выполнение нескольких определенных деталей операций. Это позволяет рабочему хорошо освоить инструмент, приспособления и весь процесс обработки; приобрести навыки и усовершенствовать технологический процесс.

Так как в серийном производстве применяется большое количество сложного оборудования и специальной оснастки, наладка оборудования осуществляется специальными рабочими-наладчиками.

Особенности серийного производства обуславливают экономическую целесообразность выпуска продукции по циклически повторяющемуся

					ДП 44.03.04.767 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		17

графику. При этом возникают необходимые условия для установления строгого порядка чередования изделий в цехах, на производственных участках и рабочих местах.

*Анализ базового технологического процесса*

Существующий технологический процесс состоит из следующих операций:

Заготовительная – отливка.

05 Токарная. Обработка ведется на токарно-винторезном станке 16К40П.

На данной операции обрабатываются наружные пов.118 и 120 мм, точатся фаски, подрезается торец.

Применяется:

Патрон специальный 2360-7566

Режущий инструмент:

– Резец проходной упорный, Т15К6

Мерительный инструмент:

– штангенциркуль ШЦ II-250-0,05,

– штангенглубиномер ШГ-250-0,05.

15 Горизонтально-расточная. Операция выполняется на ГРС 2М615.

На операции растачиваются отв. 91Н7 и 130 Н7.

Применяется:

– Расточной проходной резец Т15К6

20 Агрегатная. Станок агрегатный.

На операции обрабатываются отверстие 120 мм, подрезается торцевая пов. детали, обрабатываются пазы 91 и 110 мм, сверлятся 12 отв и нарезается резьба М8. Внутренняя площадка диаметром 160 мм.

Применяется:

Режущий инструмент:

– Сверло Ø6.8 с обработкой фаски под резьбу М8-7Н;

					ДП 44.03.04.767 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		18



- Расточной проходной резец Т30К4
- Фреза концевая Т5К10 диаметром 60 мм;
- Метчик М8

Мерительный инструмент:

- Калибр-пробка резьбовой М8-7Н;
- ШЦ-2-125-0,1 ГОСТ 166-80;

Штангенциркуль ШЦ II-250-0.05, глубиномер инд. 0-100.

В данном технологическом процессе используется старое универсальное оборудование (токарно-винторезный станок 16К40П, горизонтально-расточной станок 2М615) и агрегатный станок. Основными недостатками данного оборудования являются низкая ремонтпригодность в связи с отсутствием запчастей, частые простои из-за выхода из строя отдельных узлов оборудования, большие затраты времени на поиск неисправности. Применение агрегатных станков актуально в крупносерийном и массовом производстве, что не подходит под условия ВКР. Использование специального и переналаживаемого приспособления.

Метод получения заготовки литье в кокиль и припуски выбраны оптимальные, поэтому предлагаемый вариант оставлен без изменения.

Для условий среднесерийного производства базовый технологический процесс можно считать экономически целесообразным.

Тип производства в предлагаемом варианте соответствует среднесерийному производству, поэтому предлагается использовать более современное технологическое оснащение.

Для решения этой проблемы предлагается:

- применить высокопроизводительные станки с ЧПУ;
- использовать высокопроизводительный режущий инструмент фирмы SECO;
- разработать новый технологический процесс;
- разработать управляющую программу обработки детали.

					ДП 44.03.04.767 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		19

### 1.3. Разработка технологического процесса обработки детали

#### 1.3.1. Выбор исходной заготовки и метода ее изготовления

Метод получения заготовок для деталей машин определяется назначением и конструкцией детали, материалом, техническими требованиями, типом производства, а также экономичностью изготовления. Для рационального выбора заготовки необходимо одновременно учитывать все вышеперечисленные исходные данные, так как между ними существует тесная взаимосвязь.

В данном случае определяющим фактором являются свойства материала. Деталь сделана из стали 40Л, а она, как известно, не поддается обработке давлением. При этом она обладает хорошими литейными свойствами.

Структура процесса выбора заготовки, его содержание определяется степенью сложности изготавливаемой заготовки и соответственно требует применения одного или нескольких методов для его выполнения.

В первую очередь рассматривают технологические возможности материала, приведенные конструктором на чертеже детали, влияния степени его легирования на обрабатываемость.

Если материал детали обладает литейными свойствами и в то же время хорошо обрабатывается давлением, то выбор процесса и метода изготовления заготовки связывают с обеспечением заданного качества детали, т.е. с техническим условием на изготовление.

В результате анализа исключают многие процессы и методы, устанавливают степень технического совершенства принятых решений, выбирают возможные варианты, уточняют их.

Структура материала, из которого изготовлена деталь, состоит из перлита с включениями графита.

Способ изготовления отливки должен обеспечить высокие эксплуатационные свойства литого изделия, высокие технико-экономические

					ДП 44.03.04.767 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		20

показатели производства. При выборе способа изготовления отливки учитываются: вид сплава и его литейные свойства, служебное назначение и конструкция детали, технические требования, серийность выпуска.

Следовательно, заготовку для детали получаем методом литья в кокиль.

Кокиль – металлическая форма, которая заполняется расплавом под действием гравитационных сил. В отличие от разовой песчаной формы кокиль может быть использован многократно. Таким образом, сущность литья в кокиль состоит в применении металлических материалов для изготовления многократно используемых литейных форм, металлические части которых составляют их основу и формируют конфигурацию и свойства отливки.

Кокиль обычно состоит из двух полуформ, плиты, вставок. Полуформы взаимно центрируются штырями, и перед заливкой их соединяют замками. Размеры рабочей полости кокиля больше размеров отливки на величину усадки сплава. Полости и отверстия в отливке могут быть выполнены металлическими или песчаными стержнями, извлекаемыми из отливки после ее затвердевания и охлаждения до заданной температуры. Расплав заливают в кокиль через литниковую систему, выполненную в его стенках, а питание массивных узлов отливки осуществляется из прибылей (питающих выпоров).

При заполнении кокиля расплавом воздух и газы удаляются из его рабочей полости через вентиляционную систему кокиля.

Основные элементы кокиля – полуформы, плиты, вставки, стержни и т.д. – обычно изготавливают из жаропрочной стали.

Линия разъема кокиля вертикальная.

Для выплавки используем кокильную машину 4992Т.

Основные операции технологического процесса изготовления отливки. Перед заливкой расплава новый кокиль готовят к работе: поверхность рабочей полости и разъем тщательно очищают от следов загрязнений,

					ДП 44.03.04.767 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		21

ржавчины, масла; проверяют легкость перемещения подвижных частей, точность их центрирования, надежность крепления. Затем на поверхность рабочей полости и металлических стержней наносят слой огнеупорного покрытия облицовки и краски. Состав облицовок и красок зависит в основном от заливаемого сплава, а их толщина – от требуемой скорости охлаждения отливки: чем толще слой огнеупорного покрытия, тем медленнее охлаждается отливка. Вместе с тем слой огнеупорного покрытия предохраняет рабочую поверхность формы от резкого повышения ее температуры при заливке, расплавлении и схватывании с металлом отливки. Таким образом, облицовки и краски выполняют две функции: защищают поверхность кокиля от резкого нагрева и схватывания с отливкой и позволяют регулировать скорость охлаждения отливки, а значит, и процессы ее затвердевания, влияющие на свойства металла отливки. Перед нанесением огнеупорного покрытия кокиль нагревают газовыми горелками или электрическими нагревателями до температуры 423 - 453 К.

*Эффективность производства и область применения.* Эффективность производства отливок в кокиль, как, впрочем, и других способов литья, зависит от того, насколько полно и правильно инженер-литейщик использует преимущества этого процесса, учитывает его особенности и недостатки и условиях конкретного производства. Ниже приведены преимущества литья в кокиль на основе производственного опыта.

1. Повышение производительности труда в результате исключения трудоемких операций смесеприготовления, формовки, очистки отливок от пригара. Поэтому использование литья в кокиль, по данным различных предприятий, позволяет в 2 - 3 раза повысить производительность труда в литейном цехе, снизить капитальные затраты при строительстве новых цехов и реконструкции существующих за счет сокращения требуемых производственных площадей, расходов на оборудование, очистные сооружения, увеличить съём отливок с 1 м<sup>2</sup> площади цеха.

					ДП 44.03.04.767 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		22

2. Повышение качества отливки, обусловленное использованием металлической формы, повышение стабильности показателей качества: механических свойств, структуры, плотности, шероховатости, точности размеров отливок.

3. Устранение или уменьшение объема вредных для здоровья операций выбивки форм, очистки отливок от пригара, их обрубки, общее оздоровление и улучшение условий труда, меньшее загрязнение окружающей среды.

4. Механизация и автоматизация процесса изготовления отливки, обусловленная многократностью использования кокиля. Для получения отливок заданного качества легче осуществить автоматическое регулирование технологических параметров процесса. Автоматизация процесса позволяет улучшить качество отливок, повысить эффективность производства, изменить характер труда литейщика-оператора, управляющего работой таких комплексов.

Недостатки литья в кокиль:

1. Высокая стоимость кокиля, сложность и трудоемкость его изготовления.

2. Ограниченная стойкость кокиля, измеряемая числом годных отливок, которые можно получить в данном кокиле. От стойкости кокиля зависит экономическая эффективность процесса.

3. Сложность получения отливок с поднутрениями, для выполнения которых необходимо усложнять конструкцию формы – делать дополнительные разъемы, использовать вставки, разъемные металлические или песчаные стержни.

4. Неподатливый кокиль приводит к появлению в отливках напряжений, а иногда к трещинам.

Этот способ литья применяют как правило в серийных и массовых производствах.

					ДП 44.03.04.767 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		23

Чертеж заготовки оформлен в соответствии с требованиями ГОСТ 3.1125-85.

Технические требования к отливке:

1. Отливка класса точности 9-7 по ГОСТ Р 53464-2009.
2. Допустимое смещение не более 0.5 мм.
3. Минимальная величина радиусов закруглений  $R5^{+2}$ .

### 1.3.2 Выбор технологических баз

Выбор технологических баз в значительной степени определяет точность линейных размеров относительно положения поверхностей, получаемых в процессе обработки, выбор режущих и измерительных инструментов, станочных приспособлений, производительность обработки [8 с. 66].

Выбор технологической базы для конкретной операции вытекает из требований чертежа и технических условий на изготовлении детали [8].

Выбору баз на первой операции предшествует определение поверхностей, которые будут использоваться в качестве баз на последующих операциях. Такими поверхностями обычно бывают основные базы, от которых задано большинство размеров, координирующих расположение других ответственных поверхностей детали.

В нашем случае, основными базами являются поверхности 4 и 5.

Определив технологические базы для последующих операций, выбираем технологические базы для первой операции.

Поверхности, которые используют на первых операциях обработки, когда еще отсутствуют обработанные поверхности, называют черновыми базами.

На первой операции в качестве базы применим чёрные необработанные поверхности – "черновые базы", т.е. внутренняя поверхность 20. Черновая база должна обеспечивать при закреплении устойчивое положение детали

					ДП 44.03.04.767 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		24

при отсутствии её деформации. В связи с тем, что точность необработанных поверхностей, применяемых в качестве черновых баз, всегда ниже точности обработанных поверхностей, а шероховатость выше шероховатости обработанных поверхностей, "черновая база" используется при обработке заготовки только один раз при выполнении первой операции. При всех последующих операциях используют уже обработанные поверхности.

При выборе технологических баз соблюдаются принципы совмещения и постоянства баз. Принцип совмещения баз, конструкторские базы использованы в качестве технологических баз для определения положения детали в изделии.

Принцип постоянства баз, когда на большинстве технологических операций используются одни и те же технологические базы поверхности 4 и 5.

#### Схемы базирования

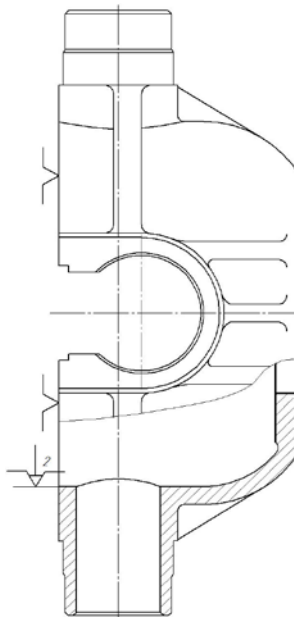


Рисунок 1 – Схема базирования на 05 операции

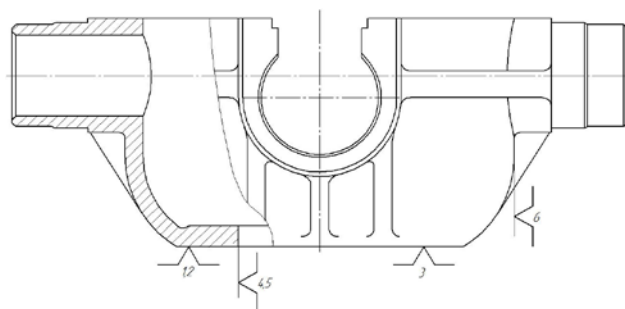


Рисунок 2 – Схема базирования на 10 операции

Вывод: При выборе технологических баз соблюдаются принципы совмещения и постоянства баз.

### 1.3.3. Составление технологического маршрута обработки детали

При проектировании технологических операций решается комплекс вопросов: уточняется содержание операции, т.е. последовательность и описание переходов, устанавливаются средства технологического оснащения, а также режимы резания; разрабатываются операционные эскизы и схемы наладок [8, с. 80].

Отдельная технологическая операция проектируется на основе технологического маршрута, схемы базирования и закрепления детали при одной операции, сведений о точности и шероховатости поверхностей до и после обработки на данной операции, припуске на обработку, в зависимости от такта выпуска деталей.

При разработке последовательности и содержания переходов необходимо стремиться к сокращению времени обработки за счет рационального выбора средств технологического оснащения, числа переходов, совмещения основного и вспомогательного времени.



Таблица 7 – Технологический маршрут механической обработки  
«Крестовина»

№ операции	Наименование и краткое описание содержания операции	Операционный эскиз
05	<p><b>Токарная с ЧПУ</b></p> <p>Подрезать торец 4 окончательно                      Расточить отверстие 5 предварительно                      Подрезать торец 19 предварительно и окончательно                      Расточить отверстие 5 окончательно</p>	<p>The sketch shows a vertical shaft with a central hole. Key features include a top cylindrical section, a central section with a hole of diameter <math>\phi 120 \pm 2</math>, and a bottom section with a hole of diameter <math>\phi 160 \pm 2</math>. A horizontal dimension of 260 is shown at the bottom. A vertical dimension of <math>146 \pm 0.63</math> is shown for a specific section. Circled numbers 4, 5, and 19 indicate specific features or surfaces to be processed.</p>

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

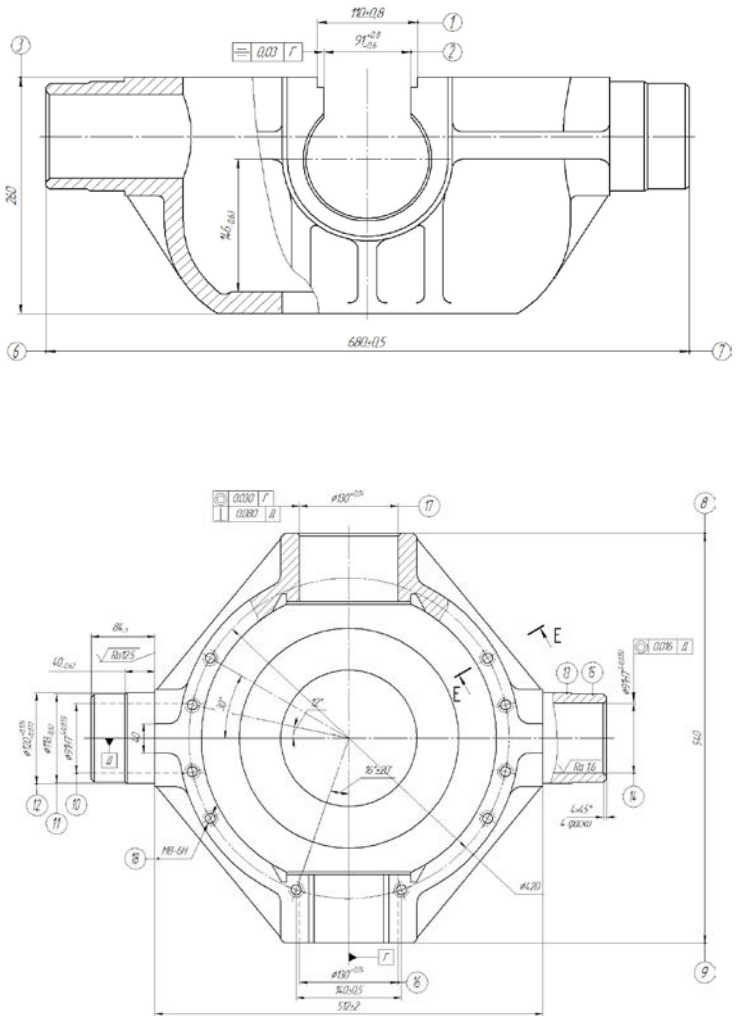
ДП 44.03.04.767 ПЗ

Лист

27

10 **Комбинированная с ЧПУ**

Фрезеровать плоскость 3 окончательно  
 Фрезеровать торцы 6, 7, 8, 9 однократно  
 Фрезеровать диаметры 11, 12, 13, 15 предварительно  
 Фрезеровать диаметры 11, 12, 13, 15 окончательно  
 Фрезеровать паз 2, 1 окончательно  
 Расточить отверстия 10, 14 начерно  
 Расточить отверстия 16, 17 начерно  
 Расточить отверстия 10, 14 получисто  
 Расточить отверстия 16, 17 получисто  
 Расточить отверстия 10, 14 окончательно  
 Расточить отверстия 16, 17 окончательно  
 Зенковать внутренние и наружные фаски  
 Центровать 8 отверстий 18  
 Сверлить 8 отверстий 18  
 Нарезать резьбу в отверстиях 18



1.3.4. Выбор средств технологического оснащения

К средствам технологического оснащения относятся: технологическое оборудование; технологическая оснастка (в том числе инструменты и средства контроля); приспособление, средства механизации и автоматизации технологических процессов [8, с. 77].

*Выбор оборудования*

Выбор типа станка определяется его возможностями обеспечить технические требования, формы и качества обрабатываемых поверхностей.

При выборе станков особое внимание следует обратить на использование обрабатывающих центров и станков с ЧПУ, являющихся

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

одним из основных средств автоматизации механической обработки в машиностроении.

Станки выбираем так, чтобы:

- выдерживалось соответствие основных размеров станка габаритными размерами детали;
- при изготовлении деталей должны выдерживаться заданные параметры по точности изготовления и чистоте обрабатываемых поверхностей детали.

В проектируемом технологическом процессе предлагается использовать:

- на первой, токарной, операции предлагается использовать универсальный токарный станок с цикловым программным управлением EMCOMAT E-400 (рисунок 3). Станок имеет устойчивую тяжелую литую станину, которая обладает виброгасящими свойствами. Рабочая зона полностью закрыта, имеет кожухи, защищающие рабочие органы от попадания стружки, гарантирующие безопасность работы.



Рисунок 3 – Общий вид станка EMCOMAT E-400

					ДП 44.03.04.767 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		29

Таблица 8 – Технические характеристики станка EMCOMAT E-400

<b>Рабочая зона</b>	
Расстояние между центрами, м	1,5
Высота центров над станиной, мм	430
Диаметр вращения над станиной, мм	900
Диаметр вращения над поперечными салазками, мм	580
Максимальная масса заготовки, обрабатываемой в заднем патроне с задним центром, кг	3000
<b>Шпиндель</b>	
Конус шпинделя по DIN55029	S11
Максимальный диаметр патрона, мм	500
Частота вращения шпинделя (бесступенчатое регулирование), об/мин	0 – 1200
Мощность главного привода (ПВ 40/100%), кВт	33/22
Максимальный крутящий момент главного шпинделя, Н·м	3151/2101
<b>Приводы подач</b>	
Ускоренное перемещение по осям X/Z, м/мин	5

– на второй, комбинированной, операции используем 5-и осевой обрабатывающий центр от DMG MORI DMU 100 P duoBLOCK (рисунок 4), который позволяет выполнять обработку фрезерованием по 5 осям [25].



Рисунок 4 – Общий вид ОЦ DMU 100 P duoBLOCK

Таблица 9 – Технические характеристики ОЦ DMU 100 P duoBLOCK

<b>Рабочая зона</b>	
Оси X/Y/Z, мм	1000x1250x1000
<b>Стол/ зажимная поверхность/ инструменты</b>	
Поворотный стол, об/мин	35
Рабочая поверхность стола, мм	Ø1100 x 900
Максимальная нагрузка на стол, кг	2200
<b>Наклонная фрезерная голова с ЧПУ (ось В)</b>	
Наклонная фрезерная голова с ЧПУ (ось В)	Стандарт
Диапазон наклона (0= по вертикали / 180= по горизонтали, гр)	-30 / +180
Быстрый ход и подача, об/мин	30
<b>Устройство смены инструмента</b>	
Установка инструмента	SK40
Инструментальный магазин	40
<b>Линейные оси (X/Y/Z)</b>	
Скорость быстрого хода/подачи, м/мин	60
Ускорение, м/сек <sup>2</sup>	6 / 5 / 6

*Выбор технологической оснастки*

Токарная операция: двухкулачковый пневматический патрон, револьверная головка на 6 позиций.

Комбинированная операция: приспособление специальное с ручным зажимом.

*Выбор режущего инструмента*

Оба станка имеют устройства автоматической смены инструмента: револьверную головку и наклонную фрезерную голову.

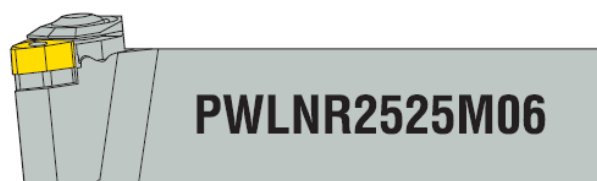
На выбор режущего инструмента влияют следующие факторы:

- тип производства;
- точность обработки;
- производительность обработки;
- материал обрабатываемой детали.

В разрабатываемой технологии используем современный высокопроизводительный металлорежущий инструмент фирмы SECO [17].

В соответствии с разработанным маршрутом обработки нам необходим инструмент токарной, фрезерной и сверлильной группы. Рассмотрите систему обозначения выбираемого инструмента.

*Токарные резцы для наружной обработки*



<b>P</b>	<b>W</b>	<b>L</b>	<b>N</b>	<b>R</b>	<b>25</b>	<b>25</b>	<b>M</b>	<b>06</b>	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

1 – Способ крепления пластин

2 – Форма пластины

3 – Тип инструмента

4 – Задний угол пластины

5 – Направление резания

6 – Высота хвостовика

7 – Ширина хвостовика

8 – Длина инструмента

9 – Длина режущей кромки

10 – Внутренние обозначения

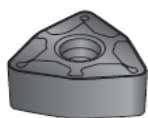
*Токарные резцы для внутренней обработки*



<b>A</b>	<b>20</b>	<b>Q</b>	<b>-</b>	<b>P</b>	<b>W</b>	<b>L</b>	<b>N</b>	<b>R</b>	<b>06</b>	<b>R</b>
1	2	3		4	5	6	7	8	9	10

- 1 – Тип державки
- 2 – Диаметр хвостовика
- 3 – Длина инструмента
- 4 – Крепление пластины
- 5 – Форма пластины
- 6 – Тип инструмента
- 7 – Задний угол пластины
- 8 – Направление резания
- 9 – Длина режущей кромки
- 10 – Внутренние обозначения

*Пластины для токарной обработки*



<b>W</b>	<b>N</b>	<b>M</b>	<b>G</b>	<b>06</b>	<b>04</b>	<b>08</b>		<b>- M3</b>
1	2	3	4	5	6	7	8	9

- 1 – Форма пластины
- 2 – Задний угол пластины
- 3 – Допуски
- 4 – Крепление и/или стружколом
- 5 – Длина режущей кромки
- 6 – Толщина
- 7 – Конфигурация угла
- 8 – Обозначение режущей кромки
- 9 – Стружколом

## Канавочные резцы



<b>C</b>	<b>E</b>	<b>R</b>	<b>25</b>	<b>25</b>	<b>M</b>	<b>14</b>	<b>Q</b>	<b>HD</b>
1	2	3	4	5	6	7	8	9

- 1 – Крепление пластины
- 2 – Наружные / Внутренние
- 3 – Версия
- 4 – Высота хвостовика
- 5 – Ширина хвостовика / Диаметр
- 6 – Длина инструмента
- 7 – Длина режущей кромки
- 8 – Прочая информация
- 9 – Внутренние обозначения

Фрезерный инструмент SECO использует специальные системы обозначений, обозначения ISO для фрез отсутствуют.

## Обозначение фрез SECO





## Пластины для фрез

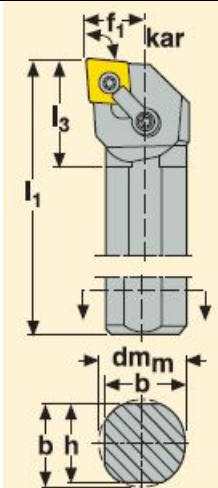
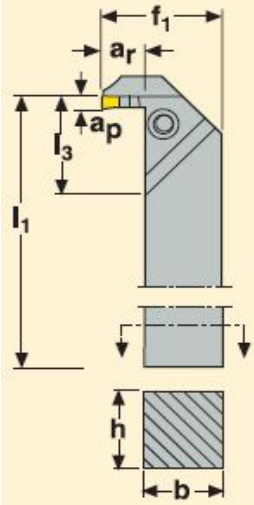
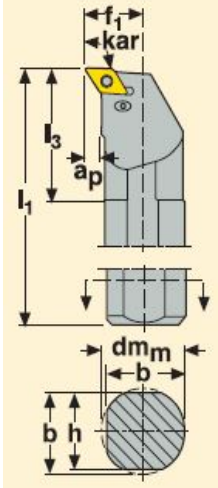
<b>S</b>	<b>E</b>	<b>M</b>	<b>X</b>	<b>12</b>	<b>04</b>	<b>AF</b>	<b>T</b>	<b>N</b>	-	<b>ME12</b>
1	2	3	4	5	6	7	8	9		10

- 1 – Форма пластины
- 2 – Задний угол пластины
- 3 – Допуски
- 4 – Крепление и/или стружколом
- 5 – Длина режущей кромки
- 6 – Толщина
- 7 – Конфигурация угла
- 8 – Обозначение режущей кромки
- 9 – Направление резания
- 10 – Внутренние обозначения

Инструмент выбираем из основного каталога фирмы SECO [17]

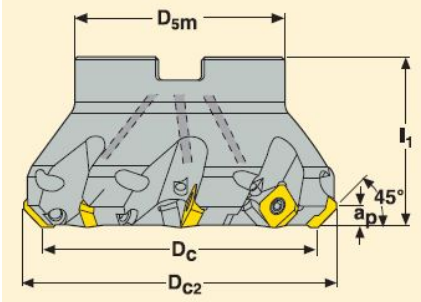
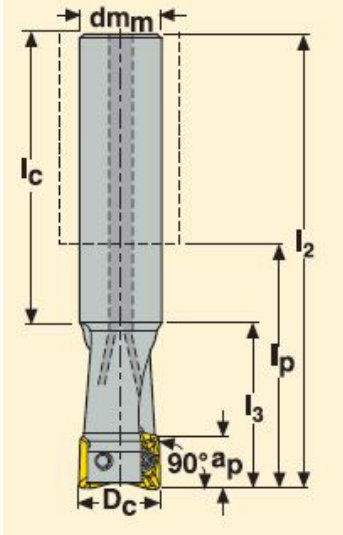
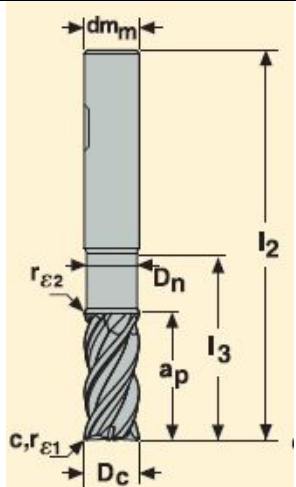
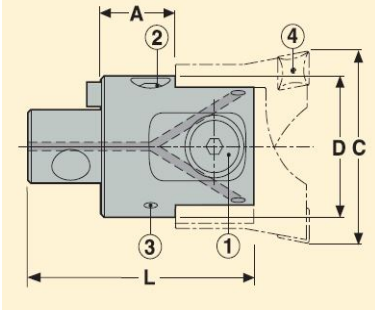
Таблица 10 – Металлорежущий инструмент для разрабатываемого ТП

Содержание перехода	Инструмент	Эскиз
<b>05 Операция «Токарная с ЧПУ»</b>		
1. Подрезать торец 4 окончательно	Резец токарный для наружной обработки  <i>Державка</i> DCLNR2525M12-M  <i>СМП</i> CNMC150408-M3	

<p>2. Расточить отверстие 5 предварительно</p>	<p>Резец расточной</p> <p><i>Державка</i> S32T-MCLNR12</p> <p><i>СМП</i> CNMC120408-M3</p>	
<p>3. Подрезать торец 19 предварительно и окончательно</p>	<p>Резец канавочный</p> <p><i>Державка</i> CGIR3225P08R110170</p> <p><i>СМП</i> LCMF300808-0800-MT</p>	
<p>4. Расточить отверстие 5 окончательно</p>	<p>Резец расточной</p> <p><i>Державка</i> S32U-PDUNL11</p> <p><i>СМП</i> DNMU110404-M3</p>	

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

**10 Операция «Комбинированная с ЧПУ»**

<p>1. Фрезеровать плоскость 3 окончательно 2. Фрезеровать торцы 6, 7, 8, 9 однократно</p>	<p>Торцевая фреза R220.53-0080-09-6A  СМП SEMХ09Т3АFTN-МЕ06</p>	
<p>3. Фрезеровать диаметры 11, 12, 14, 15 предварительно</p>	<p>Концевая фреза R217.69-2020.0-10-3A  СМП ХОМХ10Т308TR-МЕ07</p>	
<p>4. Фрезеровать диаметры 11, 12, 14, 15 окончательно  5. Фрезеровать паз 2 и уступы 1 однократно</p>	<p>Концевая твердосплавная фреза JHP951250E2R100.3Z5-SIRA</p>	
<p>6. Расточить отверстия 10, 14 начерно</p>	<p>Расточная головка черновая A75060  Резцовая вставка CC1290  СМП ССMT120408-F2</p>	
<p>7. Расточить отверстия 16, 17 начерно</p>	<p>Расточная головка черновая A75060</p>	

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

	<p>Резцовая вставка CC1690</p> <p>СМП CCMT160508-F2</p>	
<p>8. Расточить отверстия 10, 14 получисто</p> <p>9. Расточить отверстия 10, 14 окончательно</p>	<p>Расточная головка чистовая A78060</p> <p>Резцовая вставка A72560</p> <p>СМП CCMT09T304-F1</p>	
<p>10. Расточить отверстия 16, 17 получисто</p> <p>11. Расточить отверстия 16, 17 окончательно</p>	<p>Расточная головка чистовая A78060</p> <p>Резцовая вставка A72565</p> <p>СМП CCMT09T304-F1</p>	
12. Зенковать наружные и внутренние фаски	Зенковка 90° Ø40	
13 Центровать 8 отверстий 18	Центровое сверло 90° Ø12	
14. Сверлить 8 отверстий 18	Спиральное сверло Ø6,8 SD1105A-0680-043-08R1	
15. Нарезать резьбу в отверстиях 18	Метчик спиральный МТН-М8х1.25ISO6Н-BC-S015	

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

## 1.4. Технологические расчеты

### 1.4.1. Расчет припусков

Определение оптимальных припусков на обработку тесно связано с установлением предельных промежуточных и исходных размеров заготовки. Знание этих размеров необходимо для конструирования оснастки, штампов, моделей, приспособлений, специальных режущих и измерительных инструментов, а также для настройки металлорежущих станков и другого оборудования.

Припуски могут быть общие, операционные и промежуточные.

Промежуточный – припуск, удаляемый при выполнении одного технологического перехода.

Операционный – припуск, удаляемый при выполнении одной технологической операции.

Общий – припуск, который удаляется в процессе механической обработки поверхности для получения заданных чертежом размеров и определяется разностью размеров исходной заготовки и детали.

В машиностроении применяют опытно-статистический и расчетно-аналитический методы установления припусков на обработку. При опытно-статистическом методе общие и промежуточные припуски берутся по таблицам. Недостаток этого метода в том, что припуски назначаются без учета методов обработки поверхностей и конкретных условий выполнения технологических операций и переходов. Область применения опытно-статистического метода – единичное и мелко-серийное производства.

При расчетно-аналитическом методе промежуточный припуск  $Z_i$  на каждом технологическом переходе должен быть таким, чтобы при его снятии устранялись погрешности обработки и дефекты поверхностного слоя, полученные на предшествующих переходах, а также погрешности установки  $\varepsilon_y$  обрабатываемой заготовки, возникающие на выполняемом переходе. Этот метод применяют в серийном и массовом производствах, когда обработка

					ДП 44.03.04.767 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		39

ведется на настроенных станках по методу автоматического получения размеров.

Определим расчетно-аналитическим методом припуски на одну чистовую поверхность – на размер  $\varnothing 91H7^{+0,035}$ .

Технологический маршрут обработки отверстия состоит из черного, получистового и чистового растачивания. Технологический маршрут обработки записываем в расчетную таблицу 11.

Таблица 11 – Припуск на заготовку механической обработки

Технологически е переходы	Элементы припуска, мкм.				Расчетный припуск 2Zmin, мкм	Расчетный диаметр др. мм	Допуск Т, мкм	Предельный размер, мм		Предельные значения припусков, мкм.	
	Rz	h	ρ	ε				dmin	dmax	2Zmin	2Zmax
Заготовка	800		173			83,64	2,2	83,6	85,6		
Растачивание черновое	50	50	8,6	700	2*3330	90,3	0,3	90,3	90,6	6,7	49
Растачивание получистовое	20	25	0,35	42	2*278	90,862	0,12	90,8	90,92	0,5	0,32
Растачивание чистовое	5			2,1	2*68	91	0,035	91	91,035	0,2	0,115

Расчет суммарного значения пространственных отклонений для заготовки определяется по формуле[3].

$$p_z = (p_{см}^2 + p_{экс}^2)^{0,5} \quad (6)$$

$$p_z = (p_{см}^2 + p_{экс}^2)^{0,5} = (0,7^2 + 2,8^2)^{0,5} = 2,88617 \text{ мм}$$

Удельное коробление  $\Delta_{кор} = 1$  [3, с.71, табл.4.8].

Для детали типа дисков с прошивным отверстием с установкой по наружному диаметру и торцу отклонение от concentricity  $p_{\text{экс}}^2=2,8$  мм, отклонение от соосности  $p_{\text{см}}^2=0,7$  мм. [8, с.186, табл.17,18].

Остаточные пространственные отклонения на обработанных поверхностях определяются с помощью коэффициентов уточнения формы

$$\rho_i = k_{yi} \cdot \rho_z \quad (7)$$

Значение коэффициентов уточнения формы [8, с.190, табл. 29]

Величины остаточных пространственных отклонений следующие:

– после чернового растачивания

$$p_1=0,06*2886,17=173,17 \text{ мкм}$$

– после полукрестового растачивания

$$p_2=0,05*173,17=8,66 \text{ мкм}$$

– после чистового растачивания

$$p_3=0,04*8,66=0,346 \text{ мкм}$$

Погрешность установки при черновом растачивании

$$\varepsilon_1 = \sqrt{\varepsilon_0^2 + \varepsilon_3^2} \quad (8)$$

Погрешность базирования в данном случае отсутствует, так как установочная база совмещена с технологической. Погрешность закрепления  $\varepsilon_3=700$  мкм устанавливается по табличным данным.

Погрешность установки при черновом растачивании

$$\varepsilon_1=700 \text{ мкм}$$

Остаточная погрешность при полукрестовом растачивании

$$\varepsilon_2=700*0,06=42 \text{ мкм}$$

Остаточная погрешность при чистовом растачивании

$$\varepsilon_3=35*0,05=2,1 \text{ мкм}$$

					ДП 44.03.04.767 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		41

Минимальные значения межоперационных припусков определяются по формуле

$$2Z_{\min} = 2 \cdot (R_{z_{i-1}} + h_{i-1} + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2}) \quad (9)$$

Минимальный припуск:

– под черновое растачивание

$$2Z_{\min 1} = 2 \cdot (160 + 200 + (2844,29^2 + 700^2)^{0,5}) = 2 \cdot 3329,848 \text{ мкм} = 6,658 \text{ мм}$$

– под получистовое растачивание

$$2Z_{\min 2} = 2 \cdot (50 + 50 + (170,66^2 + 42^2)^{0,5}) = 2 \cdot 278,1909 \text{ мкм} = 0,556 \text{ мм}$$

– под чистовое растачивание

$$2Z_{\min 3} = 2 \cdot (30 + 30 + (8,534^2 + 2,1)^{0,5}) = 2 \cdot 68,06218 \text{ мкм} = 0,136 \text{ мм}$$

Расчетный размер рассчитывается путем последовательного вычитания расчетного минимального припуска каждого технологического перехода

$$D_{p3} = 91 \text{ мм};$$

$$D_{p2} = 91 - 2 \cdot 0,06891 = 90,862 \text{ мм};$$

$$D_{p1} = 90,862 - 2 \cdot 0,27819 = 90,3 \text{ мм};$$

$$D_{p \text{ заг.}} = 90,3 - 2 \cdot 3,32985 = 83,64 \text{ мм}.$$

Черновым растачиванием достигается 12 квалитет, получистовым растачиванием – 10 квалитет, чистовым растачиванием – 7 квалитет [8, с. 185, табл. 10].

Допуски на заготовку, промежуточные размеры и на размер, получаемый тонким точением, устанавливаются в соответствии с квалитетами и соответствующими им допусками [8, с. 192, табл. 32].

Наименьшие предельные размеры получают вычитанием допуска из наибольшего предельного размера

$$D_{\min 3} = 91 \text{ мм};$$

$$D_{\min 2} = 90,8 \text{ мм};$$

$$D_{\min 1} = 90,3 \text{ мм};$$

					ДП 44.03.04.767 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		42



$$D_{\min \text{ заг.}} = 83.6 \text{ мм.}$$

Наибольшие предельные размеры:

$$D_{\max 3} = 91 + 0,035 = 91,035 \text{ мм;}$$

$$D_{\max 2} = 90.8 + 0,12 = 90.92 \text{ мм;}$$

$$D_{\max 1} = 90.3 + 0,3 = 90.6 \text{ мм;}$$

$$D_{\max \text{ заг.}} = 83.6 + 2,2 = 85.8 \text{ мм.}$$

Предельные значения припусков  $2Z_{\min}^{\text{пр}}$  определяются как разность наибольших предельных размеров предшествующего и выполняемого переходов.

$$2Z_{\min}^{\text{пр}} 3 = 91 - 90.8 = 0,2 \text{ мкм;}$$

$$2Z_{\min}^{\text{пр}} 2 = 90.8 - 90.3 = 0,5 \text{ мкм;}$$

$$2Z_{\min}^{\text{пр}} 1 = 90.3 - 83.6 = 6.7 \text{ мкм.}$$

Предельные значения припусков  $2Z_{\max}^{\text{пр}}$  определяются как разность наименьших предельных размеров предшествующего и выполняемого переходов.

$$2Z_{\max}^{\text{пр}} 3 = 91.035 - 90.92 = 0.115 \text{ мкм;}$$

$$2Z_{\max}^{\text{пр}} 2 = 90.92 - 90.6 = 0,32 \text{ мкм;}$$

$$2Z_{\max}^{\text{пр}} 1 = 90.6 - 85.8 = 49 \text{ мкм.}$$

На остальные обрабатываемые поверхности детали припуски, допуски и предельные отклонения на операционные размеры определяем по справочным данным, и результаты заносятся в таблицу 12.

Расчет припусков ведется по ГОСТ 26645-85.

Точность отливки 9-0-0-7: класс размерной точности 9, класс точности массы отливки 7.

					ДП 44.03.04.767 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		43

Таблица 12 – Припуски и допуски на обрабатываемые поверхности

Поверхность	Размер, мм	Припуск, мм	Допуск, мм	Предельные отклонения, мм
2	91	2,7	2,2	±1,1
3	260	3,1	3,2	±1,6
4	260	3,1	3,2	±1,6
5	120	3,3	2,4	±1,2
6	680	3,3	4,0	±2
7	680	3,3	4,0	±2
8	540	3,3	3,6	±1,6
9	540	3,3	3,6	±1,6
12	120	3,3	2,4	±1,2
13	120	3,3	2,4	±1,2
16	130	3,9	2,4	±1,2
17	130	3,9	2,4	±1,2
19	146	3,3	2,4	±1,2

#### 1.4.2. Расчет режимов резания

Установление рациональных режимов резания заключается в выборе оптимального сочетания глубины резания, подачи и скорости резания, обеспечивающих наибольшую производительность, при соблюдении всех требований, предъявляемых к обрабатываемой детали.

Значения режимов резания выбираем из таблиц по основному каталогу SECO [17].

Таблица 13 – Режимы резания

Наименование операции, перехода	f, мм/об	a <sub>p</sub> , мм	V <sub>c</sub> , м/мин	n, об/мин
<i>Операция 05 «Токарная с ЧПУ»</i>				
1. Подрезать торец 4 окончательно	0,2	1,3	280	500
2. Расточить отверстие 5 предварительно	0,2	1,4	280	790
3. Подрезать торец 19 предварительно и окончательно	0,2	1,4	140	300
4. Расточить отверстие 5 окончательно	0,1	0,5	450	1200
<i>Операция 10 «Комбинированная с ЧПУ»</i>				
1. Фрезеровать плоскость 3 окончательно	0,11	3,1	400	1500
2. Фрезеровать торцы 6, 7, 8, 9 однократно	0,11	3,3	400	1500
3. Фрезеровать диаметры 11, 12, 14, 15 предварительно	0,11	9	400	6400

4. Фрезеровать диаметры 11, 12, 14, 15 окончательно	0,13	15	200	2500
5. Фрезеровать паз 2 и уступы 1 однократно	0,13	5	200	2500
6. Расточить отверстия 10, 14 начерно	0,15	5	200	700
7. Расточить отверстия 16, 17 начерно	0,2	7	200	500
8. Расточить отверстия 10, 14 получисто	0,15	0,01-0,3	900	3200
9. Расточить отверстия 10, 14 окончательно	0,1	0,01-0,3	900	3200
10. Расточить отверстия 16, 17 получисто	0,15	0,01-0,3	900	2200
11. Расточить отверстия 16, 17 окончательно	0,1	0,01-0,3	900	2200
12. Зенковать наружные и внутренние фаски	0,3	4	150	1200
13. Центровать 8 отверстий 18	0,2	4	35	1000
14. Сверлить 8 отверстий 18	0,12	3,4	50	2300
15. Нарезать резьбу в отверстиях 18	1,25	1,25	36	1400

#### 1.4.3. Расчет технических норм времени

Технические нормы времени в условиях серийного и массового производства устанавливаются расчетно-аналитическим методом [20, с.99].

1. В серийном производстве определяется норма штучно-калькуляционного времени  $T_{ш-к}$

$$T_{ш-к} = \frac{T_{n-3}}{n} + T_{шт} , \quad (10)$$

где  $T_{n-3}$  – подготовительно-заключительное время на партию деталей, шт;

$n$  – количество деталей в настроенной партии, шт.

2. В массовом производстве определяется норма штучного времени  $T_{шт}$

$$T_{шт} = t_o + t_v + t_{об} + t_{от} , \quad (11)$$

где  $t_o$  – основное время, мин;

$t_v$  – вспомогательное время, мин;

$t_{об}$  – время на обслуживание рабочего места, мин;

$t_{от}$  – время перерывов на отдых и личные надобности, мин.

Вспомогательное время состоит из затрат времени на отдельные приемы:

$$t_{\text{в}} = t_{\text{у.с.}} + t_{\text{з.о.}} + t_{\text{уп}} + t_{\text{из}}, \quad (12)$$

где  $t_{\text{у.с.}}$  – время на установку и снятие детали, мин;

$t_{\text{з.о.}}$  – время на закрепление и открепление детали, мин;

$t_{\text{уп}}$  – время на приемы управления, мин;

$t_{\text{из}}$  – время на измерение детали, мин.

Время на обслуживание рабочего места  $t_{\text{об}}$  в массовом и серийном производстве складывается из времени на организационное обслуживание  $t_{\text{орг}}$  и времени на техническое обслуживание  $t_{\text{тех}}$  рабочего места

$$t_{\text{об}} = t_{\text{тех}} + t_{\text{орг}}. \quad (13)$$

Время технического обслуживания  $t_{\text{тех}}$  устанавливается в процентах от основного или оперативного времени.

Время организационного обслуживания  $t_{\text{орг}}$  устанавливается в процентах от оперативного времени.

Время перерывов в работе на отдых  $t_{\text{отд}}$  устанавливается от оперативного времени.

Основное (технологическое) время  $t_o$  рассчитывается по формуле

$$t_o = \frac{l \cdot i}{n \cdot S_o}, \quad (14)$$

где  $l$  – расчетная длина обрабатываемой поверхности, мм;

$i$  – количество проходов;

$n$  – число оборотов шпинделя, об/мин;

$S_o$  – подача на оборот, мм/об.

В общем случае расчетная длина обрабатываемой поверхности равна

$$l = l_o + l_{\text{вр}} + l_n + l_{\text{сх}}, \quad (15)$$

где  $l_o$  – длина обрабатываемой поверхности в направлении подачи, мм;

$l_{\text{вр}}$  – длина врезания инструмента, мм;

$l_n$  – длина подвода инструмента к заготовке, мм;

$l_{сх}$  – длина перебега (схода) инструмента, мм.

Сумму основного и вспомогательного времени называют оперативным временем:

$$t_{on} = t_o + t_v. \quad (16)$$

Подготовительно-заключительное время  $t_{п-з}$  – период времени, затраченного на подготовку исполнителей и средств технологического оснащения к выполнению технологической операции и на приведение их в порядок после окончания смены или выполнения этой операции.

Рассчитаем нормы времени для 05 операции.

1. Основное (технологическое) время обработки  $T_o$  для каждого перехода:

Переход 1. 
$$t_o = \frac{l \cdot i}{n \cdot S_o} = \frac{38.5 \cdot 2}{500 \cdot 0.2} = 0.77 \text{ мин.}$$

Переход 2. 
$$t_o = \frac{l \cdot i}{n \cdot S_o} = \frac{35 \cdot 2}{790 \cdot 0.2} = 0.44 \text{ мин.}$$

Переход 3. 
$$t_o = \frac{l \cdot i}{n \cdot S_o} = \frac{24 \cdot 3}{300 \cdot 0.2} = 1.2 \text{ мин.}$$

Переход 4. 
$$t_o = \frac{l \cdot i}{n \cdot S_o} = \frac{27 \cdot 1}{1200 \cdot 0.1} = 0.23 \text{ мин.}$$

Основное время на операцию  $t_o = 2,64$  мин.

2. Вспомогательное время обработки  $T_v$  определяется как время, затрачиваемое на холостые перемещения инструмента относительно заготовки, на поворот револьверной головки для смены инструмента.

Время на холостые ходы,  $t_{х.х.}$

Переход 1. 
$$t_{х.х.} = \frac{l}{S_{мин}} = \frac{0,143}{5} = 0.029 \text{ мин.}$$

$$\text{Переход 2. } t_{x.x.} = \frac{l}{S_{мин}} = \frac{0,173}{15} = 0,034 \text{ мин.}$$

$$\text{Переход 3. } t_{x.x.} = \frac{l}{S_{мин}} = \frac{0,254}{15} = 0,05 \text{ мин.}$$

$$\text{Переход 4. } t_{x.x.} = \frac{l}{S_{мин}} = \frac{0,136}{5} = 0,027 \text{ мин.}$$

Вспомогательное время на смену инструмента составляет 0,03 мин.

Вспомогательное время на операцию  $t_v = 0,26$  мин.

Оперативное время  $T_{оп} = 2,64 + 0,26 = 2,9$  мин.

Вспомогательное время на обслуживание рабочего места

$$T_{обб} = \frac{T_{оп} \cdot a_{обс}}{100} = \frac{2,9 \cdot 4}{100} = 0,12 \text{ мин.}$$

Вспомогательное время на отдых и личные надобности

$$T_{отп} = \frac{T_{отд} \cdot a_{отд}}{100} = \frac{2,9 \cdot 4}{100} = 0,12 \text{ мин.}$$

Штучное время  $T_{шт} = 2,64 + 0,26 + 0,12 + 0,12 = 3,14$ .

Подготовительно заключительное  $T_{п-з} = 40$  мин.

Штучно-калькуляционное время  $T_{ш-к} = \frac{40}{100} + 3,14 = 3,54 \text{ мин}$

Нормы времени для операции 10 рассчитаем аналогичным образом и данные сведем в таблицу 14.

					ДП 44.03.04.767 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		48

Таблица 14 – Технические нормы времени

Наименование операции, перехода	t <sub>о</sub>	t <sub>в</sub>			t <sub>обс</sub>	t <sub>отд</sub>	t <sub>шт</sub>	t <sub>п-з</sub>	t <sub>шт-к</sub>
		t <sub>х.х.</sub>	t <sub>повор</sub>	t <sub>см.и</sub>					
<b>Операция 05 «Токарная с ЧПУ»</b>									
1. Подрезать торец 4 начерно	0,77	0,029		0,03	0,12	0,12	3,14	40	3,54
2. Расточить отверстие 5 предварительно	0,44	0,034		0,03					
3. Подрезать торец 19 предварительно и окончательно	1,2	0,05		0,03					
4. Расточить отверстие 5 окончательно	0,23	0,027		0,03					
<b>Операция 10 «Многоцелевая с ЧПУ»</b>									
1. Фрезеровать плоскость 3 окончательно	1,62	0,001		0,05	1,19	1,19	32,2	105	33,25
2. Фрезеровать торцы 6, 7, 8, 9 однократно	1,83	0,01	0,5	0,05					
3. Фрезеровать диаметры 11, 12, 14, 15 предварительно	3,92	0,01	0,4	0,05					
4. Фрезеровать диаметры 11, 12, 14, 15 окончательно	2,31	0,01	0,4	0,05					
5. Фрезеровать паз 2 и уступы 1 однократно	2,39	0,01	0,1	0,05					
6. Расточить отверстия 10, 14 начерно	2,86	0,01	0,3	0,05					
7. Расточить отверстия 16, 17 начерно	2,2	0,01	0,2	0,05					
8. Расточить отверстия 10, 14 получисто	0,62	0,01	0,2	0,05					
9. Расточить отверстия 10, 14 окончательно	0,94	0,01	0,2	0,05					
10. Расточить отверстия 16, 17 получисто	0,67	0,01	0,2	0,05					
11. Расточить отверстия 16, 17 окончательно	1,0	0,01	0,2	0,05					
12. Зенковать наружные и внутренние фаски	1,61	0,02	0,2	0,05					
13. Центровать 12 отверстий 18	2,88	0,02		0,05					
14. Сверлить 12 отверстий 18	1,0	0,05		0,05					
15. Нарезать резьбу в отверстиях 18	0,08	0,05		0,05					
<b>ИТОГО</b>	<b>28,57</b>	<b>0,38</b>	<b>2,9</b>	<b>0,87</b>	<b>1,31</b>	<b>1,31</b>	<b>35,34</b>	<b>145</b>	<b>36,79</b>

## 2. РАЗРАБОТКА УПРАВЛЯЮЩЕЙ ПРОГРАММЫ

Проектируемый технологический процесс механической обработки детали «Крестовина» предполагает использование универсального токарного станка EMCOMAT E-400. Данный станок оснащен системой ЧПУ SinuTrain f. SINUMERIK Operate. Данная система ЧПУ имеет простое, ориентированное на пользователя управление, которое позволяет достаточно быстро составлять программы и обладает следующими возможностями:

- программирование возможно непосредственно на ЧПУ или на внешних носителях (CAD/CAM);
- нет необходимости в знании G- и M-кодов команд;
- токарные циклы: обработка резанием, выточки, канавки, нарезание резьбы, обработка контуров;
- циклы сверления: простое сверление, сверление с выдержкой по времени, сверление глубоких отверстий, нарезание резьбы метчиком, зачистка;
- высверливание рисунков: ряды отверстий, отверстия по кругу /сегменту, свободное позиционирование отверстия, прямоугольник/.

Запись информации в УП осуществляется по определенным правилам, которые указывают, как записывать информацию в каждом кадре УП, а также правила записи слов внутри каждого кадра.

К структуре кадра УП предъявляют определенные требования, в частности следующие [13, 21]:

- кадр должен содержать слова «номер кадра»;
- информационные слова в кадре рекомендуется записывать в определенной последовательности:
  - слово (или слова) «подготовительная функция»;
  - слова «размерные перемещения» рекомендуется записывать в последовательности X, Y, Z;



- слова «функция подачи», должно следовать за последним словом «размерное перемещение»;

- слова «функция главного движения»;

- слова «вспомогательная функция».

- в пределах одного кадра не должны повторяться слова «размерные перемещения» с одной кодовой буквой;

- в пределах одного кадра не должны использоваться слова «подготовительная функция», входящие в одну группу.

В дипломном проекте управляющую программу разработаем на 05 операцию «Токарная с ЧПУ». Операция состоит из четырех переходов:

1. Подрезать торец окончательно в размер 263,1 мм.
2. Расточить отверстие диаметром 120 предварительно.
3. Подрезать внутренний торец предварительно и окончательно.
4. Расточить отверстие диаметром 120 окончательно.

Для разработки управляющей программы необходимо:

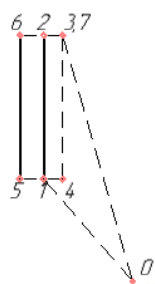
- выбрать инструмент;
- выбрать режимы резания;
- спроектировать траекторию движения инструмента;
- определить координаты опорных точек.

Выбор режущего инструмента приведен в таблице 11.

Режимы резания представлены в таблице 13.

Определим траекторию перемещения каждого инструмента и координаты каждой точки в переходе.

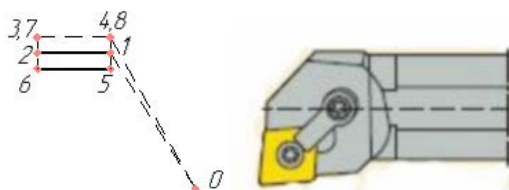
### Переход 1.



Строка обхода: 0-1-2-3-4-5-6-7-0

	0	1	2	3	4	5	6	7	0
X, мм		190	110	110	190	190	110	110	
Z, мм		264	264	265	265	263,1	263,1	265	

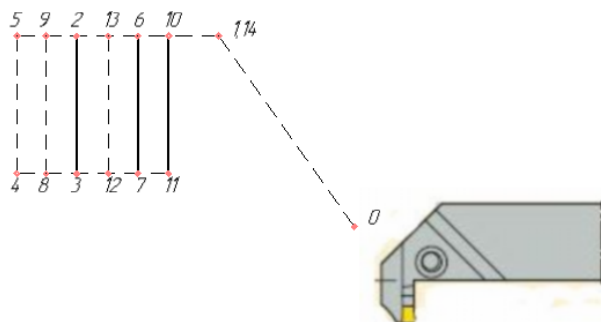
### Переход 2.



Строка обхода: 0-1-2-3-4-5-6-7-8-0

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	0
X, мм		116,2	116,2	113	113	119	119	113	113	
Z, мм		265	230	230	265	265	230	230	265	

### Переход 3.



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

ДП 44.03.04.767 ПЗ

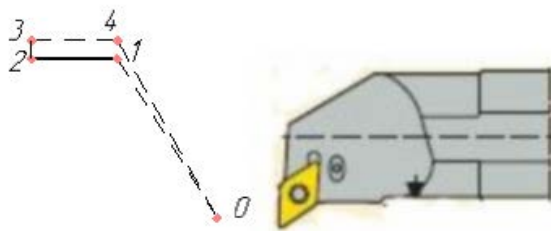
Лист

52

Строка обхода: 0-1-2-3-4-5-6-7-8-9-10-11-12-13-14-0

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	0
X, мм		113	113	161	161	113	113	161	161	113	113	161	161	113	113	
Z, мм		265	237,2	237,2	230	230	238,6	238,6	230	230	239,1	239,1	230	230	265	

Переход 4.



Строка обхода: 0-1-2-3-4-0

	0	1	2	3	4	0
X, мм		120	120	116	116	
Z, мм		265	238	238	270	

Далее присвоим инструментам номера:

Переход 1. Черновой проходной резец – T1.

Переход 2. Черновой расточной резец – T2.

Переход 3. Канавочный резец – T3.

Переход 4. Чистовой расточной резец – T4.

Перечень используемых подготовительных и вспомогательных функций при разработке управляющей программы представлен в таблице 15 [13, 21].

					ДП 44.03.04.767 ПЗ		Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата			53

Таблица 15 – Перечень используемых функций G и M

Код функции	Описание назначения функции
<b>Подготовительные функции</b>	
G00	Ускоренное перемещение
G01	Линейная интерполяция
G90	Абсолютная система отсчета координат
G96	Постоянная скорость резания, м/мин
G54	Активация ноля детали
<b>Вспомогательные функции</b>	
M08	Включает подачу СОЖ в зону обработки в виде струи
M09	Выключает подачу СОЖ
M30	Конец управляющей программы

Управляющая программа для Операции 05 представлена в таблице 16.

Таблица 16 – Управляющая программа для Операции 05

Кадр УП	Содержание кадра УП
1	2
№1 G0 X500 Z500	Отвод револьверной головы в т. смены инструмента
№2 T="ROUGNING_T80 A"	Резец проходной черновой T1
№3 G96 S280 LIMS=500 M3	Включить вращение шпинделя по часовой стрелке со скоростью 280 м/мин, ограничение оборотов шпинделя 500 об/мин
№4 G54 G18 G90	Активация первого смещения ноля детали в плоскости XZ, перемещения в абсолютных координатах
№5 G0 X190 Z264 M8	Подвод инструмента на безопасное расстояние
№6 G1 X110 F0.2	Подрезка торца на рабочей подаче 0,2 мм/об
№7 G0 Z265	Отвод инструмента по оси Z в т.3
№8 G0 X190	Отвод инструмента по оси X в т.4
№9 G0 Z263.1	Подвод инструмента на размер в т. 5
№10 G1 X110 F0.1	Окончательная подрезка торца на подаче 0,1 мм/об
№11 G0 Z265 M9	Отвод инструмента на безопасное расстояние в т. 7
№12 G0 X500 Z500	Отвод револьверной головки в т. сены инструмента
№13 T="ROUGNING_T80 I"	Резец расточной черновой T2
№14 G96 S280 LIMS=790 M3	Включить вращение шпинделя по часовой стрелке со скоростью 280 м/мин, ограничение оборотов шпинделя 790 об/мин

№15 G54 G18 G90	Активация первого смещения ноля детали в плоскости XZ, перемещения в абсолютных координатах
№16 G0 X116.2 Z265	Подвод инструмента на безопасное расстояние
№17 G1 Z230 F0.2 M8	Предварительная расточка на рабочей подаче 0,2 мм/об
№18 G0 X113	Отвод инструмента в т. 3
№19 G0 Z265	Перемещение инструмента в т.4
№20 G0 X119	Перемещение инструмента на диаметр 119, в т.5
№21 G1 Z230	Получистовое растачивание
№22 G0 X113	Перемещение инструмента в т.7
№23 G0 Z265 M9	Отход на безопасное расстояние в т.8
№24 G0 X500 Z500	Отвод револьверной головки в т. сены инструмента
№25 T=’’PLUNGE_CUTTER_8 I’’	Канавочный резец T3
№26 G96 S140 LIMS=300 M3	Включить вращение шпинделя по часовой стрелке со скоростью 280 м/мин, ограничение оборотов шпинделя 790 об/мин
№27 G54 G18 G90	Активация первого смещения ноля детали в плоскости XZ, перемещения в абсолютных координатах
№28 G0 X113 Z265	Подвод на безопасное расстояние в т.1
№29 G0 Z237.2 M8	Перемещение инструмента в отверстие на глубину
№30 G1 X161 F0.2	Подрезка торца предварительно
№31 G0 Z230	Отход от торца
№32 G0 X113	Возврат на безопасное расстояние
№33 G0 Z238.6	Перемещение на величину припуск в т.6
№34 G1 X161	Подрезка торца получисто
№35 G0 Z230	Отход от торца
№36 G0 X113	Возврат на безопасное расстояние
№37 G0 Z239.1	Перемещение на величину припуск в т.10
№38 G1 X161	Подрезка торца окончательно
№39 G0 Z230 M9	Отход от торца
№40 G0 X113	Возврат на безопасное расстояние
№41 G0 Z265	Перемещение на безопасное расстояние
№40 G0 X500 Z500	Отвод револьверной головки в т. сены инструмента
№42 T=’’FINISHING_T55 I’’	Резец расточной чистовой T4
№43 G96 S450 LIMS=1200 M3	Включить вращение шпинделя по часовой стрелке со скоростью 280 м/мин, ограничение оборотов шпинделя 790 об/мин
№44 G54 G18 G90	Активация первого смещения ноля детали в плоскости XZ, перемещения в абсолютных

	координатах
№45 G0 X120 Z265 M8	Подвод на безопасное расстояние в т.1
№46 G1 Z238 F0.1	Расточка чистовая на рабочей подаче
№47 G0 X116	Отвод инструмента в т. 3
№48 G0 Z270 M9	Перемещение инструмента в т.4
№49 G0 X500 Z500	Отвод револьверной головки в т. сены инструмента
№50 M5	Останов шпинделя
№51 M30	Конец программы

### 3. КОНСТРУКТОРСКАЯ ЧАСТЬ

#### 3.1. Назначение приспособления для комбинированной операции

Спроектируем приспособление для операции 10 «Комбинированная с ЧПУ». Операция выполняется на обрабатывающем центре DMU 100 R duoBLOCK. На данной операции выполняются следующие переходы:

1. Фрезеровать плоскость 3 окончательно
2. Фрезеровать торцы 6, 7, 8, 9 однократно
3. Фрезеровать диаметры 11, 12, 14, 15 предварительно
4. Фрезеровать диаметры 11, 12, 14, 15 окончательно
5. Фрезеровать паз 2 и уступы 1 однократно
6. Расточить отверстия 10, 14 начерно
7. Расточить отверстия 16, 17 начерно
8. Расточить отверстия 10, 14 получисто
9. Расточить отверстия 10, 14 окончательно
10. Расточить отверстия 16, 17 получисто
11. Расточить отверстия 16, 17 окончательно
12. Зенковать наружные и внутренние фаски
13. Центровать 8 отверстий 18
14. Сверлить 8 отверстий 18
15. Нарезать резьбу в отверстиях 18

Обрабатываемые поверхности изображены на плакате.

#### 3.1.1 Описание конструкции приспособления

Заготовка устанавливается на плиту и палец приспособления предварительно обработанными плоскостью и отверстием, от проворота заготовка удерживается упором. По внутреннему торцу диаметром 160 заготовку прижимает винтовой зажим. Винтовой зажим является основным

					ДП 44.03.04.767 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		57

зажимным механизмом, который предотвращает смещение заготовки в направлении оси пальца.

Выбор направления основной силы зажима выполнялся в соответствии со следующими правилами:

– сила зажима должна быть направлена перпендикулярно поверхности установочных элементов, чтобы обеспечить контакт с ними технологической базы заготовки;

– при базировании по нескольким базовым поверхностям сила зажима должна быть направлена на тот установочный элемент, с которым заготовка имеет наибольшую площадь контакта;

– направление силы зажима должно совпадать с направлением веса заготовки, это облегчает работу зажимного устройства;

– сила зажима не должна опрокидывать или сдвигать заготовку по установочным элементам, для этого необходимо, чтобы точка приложения силы зажима проектировалась на установочный элемент, по возможности ближе к его центру.

Приспособление имеет 4 паза для крепления на столе станка.

В процессе обработки стол станка с приспособлением совершает возвратно – поступательные движения вдоль горизонтальной оси и поворот вокруг оси стола. Данное обстоятельство не позволяет применить механизированное зажимное приспособление.

### 3.1.2 Анализ схемы базирования

Схема базирования заготовки изображена на рисунке 2.

1. Базирование на плоскость лишает заготовку перемещения вдоль оси Z и вращения вокруг осей X и Y.

2. Упор лишает заготовку вращения вокруг оси Z

3. Палец лишает заготовку перемещения вдоль осей X и Y.

Заключение: схема базирования является полной.

					ДП 44.03.04.767 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		58



### 3.2. Силовой расчет приспособления

*Расчёт необходимой силы зажима заготовки в приспособлении W.*

Определение силы зажима заготовки в приспособлении W производится в следующей последовательности:

- составляется расчётная схема для определения W;
- на основании расчётной схемы составляются и рассчитываются уравнения равновесия заготовки в процессе резания;
- определяется значение силы зажима W.

Для определения потребной силы закрепления составляем силовую схему силы резания и сил закрепления (рис 5). При этом делаем допущение, что процесс находится в статике и система уравновешенна.

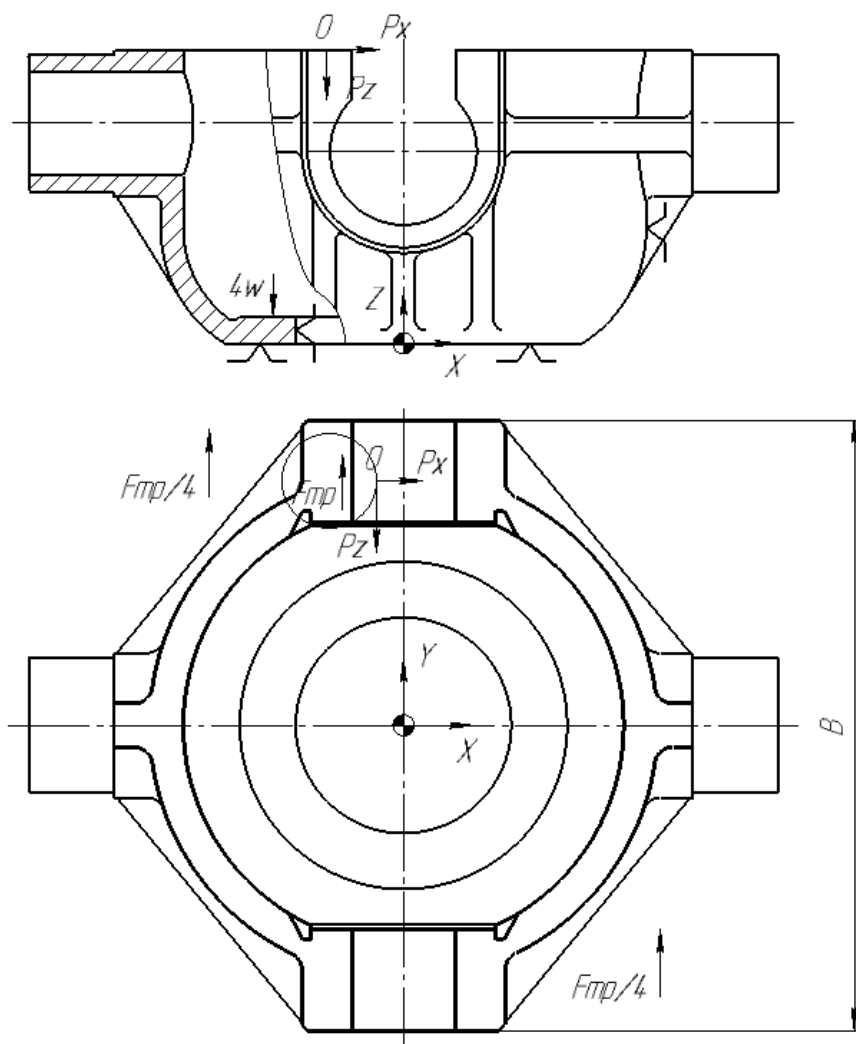


Рисунок 5 – Расчетная схема для определения силы зажима заготовки W

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

Главный вид. Составляющая силы резания  $P_x$  действует на опорные пластины приспособления. Смещения заготовки в направлении действия составляющей силы резания  $P_x$  в процессе резания не произойдёт. Составляющая силы резания  $P_y$  также действует на установочные элементы и основные опоры. Смещения заготовки в этом направлении также не произойдет.

Вид сверху. Составляющая силы резания  $P_z$  стремится сместить заготовку. Удерживают заготовку в равновесии две силы трения  $F_{тр1}/2$ , возникающие между зажимными элементами зажимного устройства приспособлении и поверхностью заготовки. Составляем уравнение равновесия для предотвращения смещения заготовки под действием составляющей силы резания  $P_z$ .

Составляющая силы резания при фрезеровании.  $P_z$  может быть определена по зависимостям, приведённым в технической и справочной литературе [26].

$$P_z = \frac{10C_p t^x S_z^y B^n z}{D^q n^w} \times K_{mp} ,$$

$$P_z = \frac{10 \times 54,5 \times 3,1^{0,9} \times 0,11^{0,74} \times 160^1 \times 6}{80^{1,0} \times 1500^0} \times 1 = 335 H$$

$$C_p = 54,5 \quad [38]$$

$$t = 2,4$$

$$S_z = 0,24$$

$$B = 160$$

$$z = 6$$

$$D = 80$$

где  $C_p$  – коэффициент [26];

$t$  – глубина резания, мм;

$S_z$  – подача на зуб, мм/зуб;

$B$  – ширина фрезерования, мм;

- $z$  – количество зубьев;
- $D$  – диаметр фрезы, мм;
- $n$  – частота вращения шпинделя, об/мин;
- $K_{MP}$  – поправочный коэффициент, учитывающий качество обрабатываемого материала [26].

Показатели степеней определяются по [26].

$$x=0,9$$

$$y=0,74$$

$$u=1,0$$

$$q=1,0$$

$$w=0$$

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

Поскольку обработка ведётся по замкнутому криволинейному контуру, то в различных его точках векторы сил резания будут иметь различное направление, поэтому для определения потребной силы закрепления берём векторную сумму окружной и радиальной сил резания и считаем, что она направлена противоположно силам, удерживающим заготовку.

Радиальная сила  $P_y$  определяется в процентном отношении от окружной:

$$P_y = (0,3 - 0,4) \cdot P_z, \quad (17)$$

Выбираем большее значение:

$$P_y = 0,4 \cdot 350 = 140 \text{ Н}$$

Векторную сумму окружной и радиальной сил (Н) равняется

$$P_{рез} = \sqrt{P_y^2 + P_z^2}, \quad (18)$$

$$P_{рез} = \sqrt{350^2 + 140^2} = 376.9 \text{ Н}$$

Как отмечалось выше, заготовку от смещения будут удерживать силы трения, возникающие под действием силы закрепления. Уравнение силового баланса будет иметь следующий вид:

$$P_{рез} = (F_{mp1} + F_{mp2}) + (F_{mp1} + F_{mp2}),$$

Сила трения имеет следующую зависимость от силы, приложенной по нормали к поверхности:

$$F_{mp} = f \cdot N = f \cdot W$$

где  $f$  – коэффициент трения

Тогда

$$P_{рез} = (f_1 + f_2) \cdot W/2 + (f_1 + f_2) \cdot W/2 = (f_1 + f_2) \cdot W$$

Потребная сила закрепления, приведённая к одному технологическому прижиму:

$$W = \frac{P_{рез}}{f_1 + f_2}$$

Одна из сил трения возникает между обработанной поверхностью технологического прилива и гладкой поверхностью опоры, другая между литой поверхностью прилива и поверхностью зажима с насечкой.

Коэффициенты трения для этих случаев соответственно равны:

$$f_1 = 0,16$$

					ДП 44.03.04.767 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		62

$$f_2 = 0,70$$

Тогда уравнение примет вид

$$W = \frac{P_{рез}}{0,16 + 0,7} = \frac{P_{рез}}{0,86}$$

Подставим числовые значения:

$$W = \frac{376,9}{0,86} = 438,25 \text{ Н}$$

Так как выше было сделано допущение о статике процесса, то реальная величина силы закрепления может существенно отличаться вследствие различных причин присущих динамике. В связи с этим, для получения проектного значения силы закрепления необходимо ввести поправочный коэффициент, который равен:

$$K = K_0 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5 \cdot K_6$$

$$K P_z = F_{тр1}$$

где:  $K$  – коэффициент надёжности закрепления заготовки.

$$K = K_0 K_1 K_2 K_3 K_4 K_5 K_6 = 1,5 \times 1,6 \times 1,2 = 2,88$$

$$K_1 = 1,5$$

$$K_2 = 1,6$$

$$K_3 = 1,2$$

$$K_4 = 1$$

$$K_5 = 1$$

$$K_6 = 1$$

Все составляющие формулы подставляются в соответствии с выбранными параметрами торцевого фрезерования в операции 10 и по таблицам справочной литературы [17].

$$\text{Сила трения } F_{тр1} = 4 W_1 f_1,$$

					ДП 44.03.04.767 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		63

где:  $f_1$  – коэффициент трения между зажимным элементом приспособления и поверхностью заготовки. Значение  $f_1$  может быть выбрано в соответствии с рекомендациями, приведёнными в [26].

Таким образом, уравнение равновесия заготовки в процессе обработки имеет вид:  $K P_z = 4 W f_1$ .

$$\text{Отсюда: } W = \frac{K P_z}{4 f_1} = \frac{2,88 \times 350}{4 \times 0,16} = 1575 \text{ Н}.$$

Для предотвращения смещения заготовки в процессе обработки ее необходимо зажать с силой 1575Н.

Анализ схемы на рисунке 5 показывает следующее. Составляющая силы резания  $P_z$  смещает заготовку в процессе резания. Расчёт силы зажима, предотвращающий смещение заготовки, выполнен выше.

Равнодействующая составляющих силы резания  $P_z$  и  $P_x$  стремится развернуть (опрокинуть) заготовку относительно точки С. Точки или линии, относительно которых может произойти разворот заготовки, являются общими для базирующих поверхностей заготовки и базирующих поверхностей установочных элементов приспособления. Составляем уравнение моментов относительно точки С для предотвращения опрокидывания заготовки в процессе резания:

$$K P_z n - K P_x m - 2 W_2 m = 0,$$

где:  $m$  и  $n$  плечи, на которых действуют силы  $W_2$ ,  $P_x$  и  $P_z$ .

Отсюда:

$$W_2 = \frac{K(P_z n - P_x m)}{2m} = \frac{2,88(350 \cdot 120 - 140 \cdot 80)}{2 \cdot 60} = 256 \text{ Н}$$

Значение составляющей силы резания  $P_x$  может быть определено из таблицы относительных значений составляющих силы резания при фрезеровании [26].

Из двух рассчитанных значений сил зажима выбираем большую –  $W_1$ . Чтобы обеспечить неподвижность заготовки на операции, ее необходимо зажать силой не менее  $W=1575$  Н.

					ДП 44.03.04.767 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		65

#### 4. ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

##### 4.1. Описание предмета экономического обоснования

Наименование детали – «Крестовина», изготавливается из стали 40Л, чистая масса составляет 94,2 кг, имеет следующие габариты: 686x546x266 мм. При этом масса заготовки составляет 98 кг.

Деталь «Крестовина» является частью тормозной системы электрокара. Деталь располагается на задней оси электрокара, крепясь к его фланцу, и служит для размещения на нем гидравлического тормозного цилиндра и тормозных колодок. Также на ось электрокара устанавливается подшипник и колесо с тормозным барабаном. При нажатии на педаль тормоза тормозной цилиндр приводит в контакт колодки с барабаном и колесо перестает вращаться.

Деталь «Крестовина» относится к типу корпусных деталей. Корпусные детали – это базовые детали, служащие для размещения в них сборочных единиц и отдельных деталей.

Данный проект заключается в проектировании наиболее эффективного варианта технологии. Сутью расчета является оценка экономической эффективности проектируемого варианта.

Предметом экономического обоснования является расчёт экономической эффективности проектируемого варианта. Поэтому расчёт экономической эффективности проводится по следующей методике: оценка эффективности капитальных вложений и новой техники (метод приведенных затрат).

##### 4.2. Исходные данные, необходимые для выполнения экономического обоснования

1. Годовая программа выпуска продукции N=1000 шт.
2. Нормы времени по операциям занесены в таблицу 14 (берутся из технологической части диплома).

					ДП 44.03.04.767 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		66



Таблица 17 – Нормы времени по операциям в технологии

Вариант	операция	станок	модель станка	t, мин.
Базовый вариант	05	Токарный	16К40П	12,06
	10	Горизонтально-расточной	2М615	16,29
	15	Обрабатывающий центр	Агрегатный	18,79
	<b>ИТОГО:</b>			<b>47,14</b>
Проектируемый вариант	05		EMCOMAT E-400	3,54
	10	Обрабатывающий центр	DMG MORI DMU 100 P duoBLOC	33,25
	<b>ИТОГО:</b>			<b>36,79</b>

3. Режим работы предприятия (цеха)

Режим работы оборудования двухсменный.

4. Характеристики оборудования приведены в таблице 18.

Таблица 18 – Стоимость и мощность оборудования

Вариант	Наименование оборудования	Мощность главного привода, кВт	Стоимость оборудования, тыс.руб.
Базовый вариант	16К40П	18,5	1 095
	2М615	11	1 500
	Агрегатный	25	5 000
	<b>ИТОГО:</b>		<b>7 595</b>
Проектируемый вариант	EMCOMAT E-400	33	1 500
	DMG MORI DMU 100 P duoBLOC	35	12 000
	<b>ИТОГО:</b>		<b>13 500</b>

5. Часовые тарифные ставки на предприятии приведены в таблице 19.

Таблица 19 – Часовые тарифные ставки, применяемые на предприятии

Разряд	Часовая тарифная ставка, руб./час
2	52,20
3	67,46
4	73,38
5	80,04
6	87,53

6. Нормативы отчислений на ремонт оборудования

Процент отчислений в ремонтный фонд  $K_p=2\%$  (по данным предприятия)

7. Стоимость электроэнергии и применяемых видов топлива

Стоимость 1 кВт-ч электроэнергии  $Цэ=5$  руб./кВт-ч.

8. Годовой фонд времени одного рабочего

Статьи баланса	Продолжительность
1. Календарное время, дни	366
2. Нерабочее время, дни	119
3. Номинальный фонд рабочего времени, дни	247
4. Невыходы на работу, дни	
а) основной и дополнительный отпуска, дни	28
б) болезни, декретные отпуска, дни	9
в) выполнение государственных и общественных обязанностей, дни,	1
г) отпуска по учебе, дни	1
5. Внутрисменные регламентированные потери рабочего времени, дни	1
6. Число рабочих дней в году, дни	207
7. Средняя продолжительность рабочего дня, час	8
8. Действительный годовой фонд времени одного рабочего, час (-2 ч, предпраздничные дни)	1654

9. Нормы обслуживания станков вспомогательными рабочими (наладчиками, электронщиками):

Наладчики – 5 станков

Электронщики – 3 станка.

#### 4.3. Расчет технико-экономических показателей

##### 4.3.1. Определение капитальных вложений

Определение капитальных вложений определяется по формуле (19):

$$K = K_{об} + K_{прс} + K_{прг}, \quad (19)$$

где  $K_{об}$  – капитальные вложения в оборудование, р.;

$K_{прс}$  – капитальные вложения в приспособления, р.;

$K_{прг}$  – капитальные вложения в программное обеспечение, р.

*Капитальные вложения в оборудование*

Определение количества технологического оборудования определяется по формуле (20):

$$q = \frac{t \cdot N_{год}}{F_{об} \cdot k_{вн} \cdot k_з \cdot 60}, \quad (20)$$

где  $t$  – штучно-калькуляционное время операции, мин.;

$N_{год}$  – годовая программа выпуска деталей, шт.;

$F_{об}$  – действительный фонд времени работы оборудования, ч.;

$k_{вн}$  – коэффициент выполнения норм времени (по данным предприятия  $k_{вн}=1,0-1,2$ );

$k_з$  – коэффициент загрузки оборудования (по данным предприятия  $k_з=0,7-0,8$ ).

Действительный годовой фонд времени работы единицы оборудования рассчитывается следующим образом (21):

$$F_{об} = F_n \cdot \left( 1 - \frac{k_p}{100} \right), \quad (21)$$

где  $F_n$  – номинальный фонд работы единицы оборудования, ч.

$k_p$  – потери номинального времени работы единицы оборудования на ремонтные работы, % [26].

Номинальный фонд времени работы единицы оборудования определяется по производственному календарю на текущий год (366 дней в году за исключением праздничных и выходных дней, с учетом предпраздничных дней) с учетом установленного режима работы (при трехсменном – 24 ч.).

Результаты вычислений заносятся в таблицу 20.

$$F_H = (366 - 119) * 24 - 4 = 5924 \text{ ч}$$

$$k_p = 3,6 \%$$

$$F_{об} = 5924 * (1 - 3,6/100) = 5710 \text{ ч.}$$

Для станка EMCOMAT E-400

$$q = (3,54 * 1000) / (5710 * 1,2 * 0,75 * 60) = 0,011 \text{ ед. обор.}$$

$$q = (3,54 * 1000) / (5710 * 1,2 * 0,8 * 60) = 0,12 \text{ ед. обор.}$$

Таблица 20 – Сводная ведомость оборудования

Наименование оборудования	Количество оборудования, шт.		Суммарная мощность, кВт		Стоимость одного станка, тыс.р.			Стоимость оборудования, на операциях обработки тыс.р.	
	Базовый вариант	Проектируемый вариант	Одного станка	Всех станков	Цена	Затраты на монтаж	Первоначальная стоимость	Базовый вариант	Проектируемый вариант
16K40П	0,058		18,5	1,073			1095	63,51	
2M615	0,079		11	0,869			1500	118,50	
Агрегатный	0,09		25	2,25			5000	450,00	
EMCOMAT E-400		0,011	33	0,561	1 500	15	1 515		25,50
DMG MORI DMU 100 P duoBLOC		0,12	35	5,6	12 000	120	12120		1454,4
<b>ИТОГО:</b>	<b>0,227</b>	<b>0,131</b>	<b>122,50</b>	<b>10,35</b>	<b>13500</b>	<b>135</b>	<b>21230</b>	<b>632,01</b>	<b>1 479,9</b>

С учетом загрузки оборудования для реализации проекта требуется  
(12120x0,12)=1454,4тыс.руб.

#### 4.3.2. Расчет технологической себестоимости детали

Технологическая себестоимость складывается из следующих элементов  
(22):

$$C = Z_M + Z_{ЗП} + Z_Э + Z_{об} + Z_{осн} + Z_{и}, \quad (22)$$

где  $Z_M$  – затраты на материалы (заготовки), р.;

$Z_{ЗП}$  – затраты на заработную плату, р.;

$Z_Э$  – затраты на электроэнергию, р.;

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

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

$Z_{и}$  – затраты на малоценный инструмент, р..

**Затраты на материалы** рассчитываются по формуле (23):

$$Z_M = Z_з + Z_p, \quad (23)$$

где  $Z_з$  – затраты на основные материалы для заготовки, р. (рассчитывается по формуле (24));

$Z_p$  – затраты на заработную плату основных рабочих, изготавливающих заготовку, р. (рассчитывается по формуле (24)).

$$Z_з = (M_з \cdot Q_з - M_{отх} \cdot Q_{отх}) \cdot k_{тр}, \quad (24)$$

где  $M_з$  – вес заготовки, кг;

$Q_з$  – цена за один килограмм материала заготовки, р.;

$M_{отх}$  – вес отходов, кг.;

$Q_{отх}$  – цена за один килограмм отходов, р.;

$k_{тр}$  – коэффициент транспортно-заготовительных расходов.

$$Z_з = (98 \cdot 43,6 - 3,8 \cdot 5) \cdot 1 = 4\,253,8 \text{ руб.}$$

					ДП 44.03.04.767 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		71

$$Z_p = k_{есн} \cdot k_{ПР} \cdot k_{ДОП} \cdot k_{П} \cdot \sum(t^i \cdot C_i), \quad (25)$$

где  $k_{есн}$  – коэффициент, учитывающий единый социальный налог ( $k_{есн} = 1,3$ );

$k_{ПР}$  – коэффициент, учитывающий премиальные выплаты;

$k_{ДОП}$  – коэффициент, учитывающий дополнительную заработную плату ( $k_{ДОП} = 1,05 \div 1,15$ )

$k_{Р}$  – районный коэффициент ( $k_{Р} = 1,15$ );

$t^i$  – штучно-калькуляционное время на выполнение заготовки, ч.;

$C_i$  – часовая тарифная ставка рабочего, изготавливающего заготовку, р.

$$Z_p = 1,3 \cdot 1,2 \cdot 1,1 \cdot 1,15 \cdot (2 \cdot 67,46) = 266,25 \text{ руб.}$$

Коэффициент использования материала рассчитан в технологической части и равен  $k_{ИМ} = 0,96$

**Затраты на заработную плату** рассчитываются по формуле (26):

$$Z_{ЗП} = Z_{ПР} + Z_{Н} + Z_{ЭЛ} + Z_{К} + Z_{ТР} \quad (26)$$

где  $Z_{ПР}$  – основная и дополнительная заработная плата с отчислениями на социальное страхование производственных рабочих, руб.;

$Z_{Н}$  – то же, наладчиков, руб.;

$Z_{Э}$  – то же, электронщиков, руб.;

$Z_{К}$  – то же, контролеров, руб.;

$Z_{ТР}$  – то же, транспортных рабочих, руб.

При сдельной оплате труда используется формула 27:

$$Z_{ПР} = C_T \cdot t \cdot k_{МН} \cdot k_{ДОП} \cdot k_{ЕСН} \cdot k_{Р} \quad (27)$$

где  $C_T$  – часовая тарифная ставка производственного рабочего и операции, р.;

$t$  – штучно-калькуляционное время на операцию, ч.;

$k_{\text{мн}}$  – коэффициент, учитывающий многостаночное обслуживание ( $k_{\text{мн}}=0,49$ ) – не учитывается, т.к. один рабочий, за одним станком;

$k_{\text{доп}}$  – коэффициент доплат ( $k_{\text{доп}} = 1,2$ );

$k_{\text{есн}}$  – коэффициент единого социального налога ( $k_{\text{есн}}=1,3$ );

$k_{\text{р}}$  – поясной коэффициент (для Урала  $k_{\text{р}}=1,15$ ).

Численность станочников (операторов) вычисляется по формуле (28):

$$Ч_{\text{ст}} = \frac{t \cdot N_{\text{год}} \cdot k_{\text{мн}}}{F_{\text{р}} \cdot 60}, \quad (28)$$

где  $t$  – штучно-калькуляционное время на операцию, ч.;

$k_{\text{мн}}$  – коэффициент, учитывающий многостаночное обслуживание ( $k_{\text{мн}}=0,49$ ) – не учитывается, т.к. один рабочий, за одним станком;

$F_{\text{р}}$  – действительный годовой фонд времени работы одного рабочего, ч.;

$N_{\text{год}}$  – годовая программа выпуска деталей, шт.

Базовый вариант 16К40П:

$$Ч_{\text{ст}}=(1000*12,06)/(1654*60)=0,122 \text{ чел.}$$

Проектируемый вариант ЕМСОМАТ Е-400:

$$Ч_{\text{ст}}=(1000*3,54)/(1654*60)=0,036 \text{ чел.}$$

Принимаемая численность рабочих, а также затраты на заработную плату производственных рабочих заносятся в таблицы 21 и 22.

Таблица 21 – Затраты на заработную плату производственных рабочих (базовый вариант)

Наименование операции	Ст, р.	t, мин	Зпр, р.	Чст, чел.
05 токарная	73,38	12,06	26,46	0,122
10 координатно-расточная	80,04	16,29	38,99	0,164
15 агрегатная	80,04	18,79	44,97	0,189
<b>ИТОГО:</b>			<b>110,42</b>	<b>0,48</b>

Таблица 22 – Затраты на заработную плату производственных рабочих (проектируемый вариант)

Наименование операции	Ст, р.	t, мин	Зпр, р.	Чст, чел.
05 токарная	67,46	3,54	7,14	0,036
10 комбинированная	67,46	33,25	67,07	0,335
<b>ИТОГО:</b>			<b>74,21</b>	<b>0,371</b>

Оплата труда вспомогательных рабочих, как правило, осуществляется по повременной, либо по повременно-премиальной системе. Основная и дополнительная заработная плата вспомогательных рабочих (наладчиков, электронщиков) находится по формуле (29):

$$Z_{всп} = \frac{C_{всп} \cdot F_d \cdot \chi_{всп} \cdot k_{доп} \cdot k_{есн} \cdot k_p}{N_{год}} \quad (29)$$

где  $C_{всп}$  – часовая тарифная ставка, руб.;

$\chi_{всп}$  – численность рабочих соответствующей категории, чел.;

$k_{доп}$  – коэффициент доплат ( $k_{доп} = 1,2$ );

$k_{есн}$  – коэффициент единого социального налога ( $k_{есн} = 1,3$ );

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

$N_{год}$  – годовая программа выпуска деталей, шт..

Численность вспомогательных рабочих соответствующей специальности определяется по формуле:

$$\chi_{всп} = \frac{q_p \cdot n}{H} \quad (30)$$

где  $q_p$  – расчетное количество оборудования, шт.;

$n$  – число смен работы оборудования;

$H$  – число станков, обслуживаемых одним наладчиком/электронщиком.

Базовый вариант:

В базовом варианте наладчики не предусмотрены, т.к. наладку станков производят сами станочники.



$$Ч_{эл} = \frac{0,227}{3} = 0,091 \text{ чел.}$$

Проектируемый вариант:

$$Ч_{н} = \frac{0,177 \cdot 2}{5} = 0,071 \text{ чел.}$$

$$Ч_{эл} = \frac{0,177 \cdot 2}{3} = 0,118 \text{ чел.}$$

Численность транспортных рабочих составляет 5% от числа станочников, численность котроллеров – 7% от числа станочников.

$$Ч_{т} = 0,371 \cdot 5\% = 0,019 \text{ чел.}$$

$$Ч_{к} = 0,371 \cdot 7\% = 0,026 \text{ чел.}$$

Наладчики (проектируемый вариант):

$$З_{всп} = \frac{80,04 \cdot 1654 \cdot 0,071 \cdot 1,2 \cdot 1,3 \cdot 1,15}{200} = 16,86 \text{ руб.}$$

Данные о численности вспомогательных рабочих и заработной плате, приходящейся на одну деталь сводятся в таблицу 23 и 24.

Таблица 23 – Затраты на заработную плату вспомогательных рабочих (базовый вариант)

Специальность рабочего	Ст, р.	Чвсп, чел.	Звсп, р
Слксарь-ремонтник	80,04	0,118	25,98
Электронщик	73,38	0,091	19,81
Транспортный рабочий	52,2	0,024	3,72
Контролер	52,2	0,033	5,11
<b>Итого:</b>		<b>0,266</b>	<b>54,62</b>

Таблица 24 – Затраты на заработную плату вспомогательных рабочих (проектируемый вариант)

Специальность рабочего	Ст, р.	Чвсп,чел.	Звсп, р
Наладчик	80,04	0,071	6,86
Электронщик	73,38	0,118	15,69
Транспортный рабочий	52,2	0,019	2,94
Контролер	52,2	0,026	4,03
<b>Итого:</b>		<b>0,234</b>	<b>29,52</b>

Затраты на электроэнергию рассчитываются по формуле (31):

$$Z_{\text{э}} = \frac{N_y \cdot k_N \cdot k_{\text{вр}} \cdot k_{\text{од}} \cdot k_w \cdot t}{\eta \cdot k_{\text{вн}} \cdot 60} \cdot Ц_{\text{э}} \quad (31)$$

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

$k_N$  – средний коэффициент загрузки электродвигателя по мощности (для металлообрабатывающих станков  $0,2 \div 0,4$ );

$k_{\text{вр}}$  – средний коэффициент загрузки электродвигателя по времени (для серийного взят средний между мелкосерийным и крупносерийным производствами равный  $0,55$ );

код – средний коэффициент одновременности работы всех электродвигателей станка (код =  $0,6 - 1,3$ );

$k_w$  – 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);

$Ц_{\text{э}}$  – стоимость 1 кВт·ч электроэнергии (принимается по данным предприятия).

Результаты расчетов сводятся в таблицы 25 и 26.

Базовый вариант 16К40П:

$$З_э = ((18,5*0,3*0,55*1*1,06*12,06)/(0,9*1,2*60))*5 = 3,01 \text{ руб.}$$

Проектируемый вариант EMCOMAT E-400:

$$З_э = ((33*0,4*0,55*1*1,08*3,54)/(0,95*1,2*60))*5 = 1,49 \text{ руб.}$$

Таблица 25 – Затраты на электроэнергию (базовый вариант)

Модель станка	Ну, кВт	t, мин	ЗЭ, руб.
16К40П	18,5	12,06	3,01
2М615	11	16,29	2,42
Агрегатный	25	18,79	6,34
<b>ИТОГО:</b>			<b>11,77</b>

Таблица 26 – Затраты на электроэнергию (проектируемый вариант)

Модель станка	Ну, кВт	t, мин	ЗЭ, руб.
EMCOMAT E-400	33	3,54	1,49
DMG MORI DMU 100 P duoBLOC	35	33,25	14,88
<b>ИТОГО:</b>			<b>16,37</b>

**Затраты на содержание и эксплуатацию технологического оборудования** вычисляются по формуле 32:

$$З_{об} = C_{ам} + C_{рем}, \quad (32)$$

где  $C_{ам}$  – амортизационные отчисления от стоимости технологического оборудования, р;

$C_{рем}$  – затраты на ремонт технологического оборудования, р.

Амортизационные отчисления на каждый вид оборудования определяют по формуле 33:

$$C_{ам} = \frac{Ц_{об} \cdot N_A \cdot t}{F_{об} \cdot k_3 \cdot k_{вн} \cdot 60} \quad (33)$$

где  $Ц_{об}$  – цена единицы оборудования, р;

$N_A$  – Норма амортизационных отчислений;

$F_{об}$  – годовой действительный фонд времени работы оборудования, ч.;

$k_з$  – нормативный коэффициент загрузки оборудования;

$k_{вн}$  – коэффициент выполнения норм;

$t$  – штучно-калькуляционное время, мин.

Начисление амортизации в отношении объекта амортизируемого имущества осуществляется в соответствии с нормой амортизации, определенной для данного объекта исходя из срока его полезного использования (СПИ). При применении линейного метода сумма амортизации в отношении объекта амортизируемого имущества рассчитывается как произведение от первоначальной стоимости и нормы амортизации, определенной для данного объекта исходя из срока полезного использования (1/СПИ).

Базовый вариант 16К40П (СПИ от 7 до 10 лет): [26]

$$N_A = 1/\text{СПИ} = 1/15 = 0,07$$

$$C_{\text{ам}} = \frac{Ц_{\text{об}} \cdot N_A \cdot t}{F_{\text{об}} \cdot k_з \cdot k_{\text{вн}} \cdot 60} = \frac{1095000 \cdot 0,07 \cdot 12,06}{3830 \cdot 1,2 \cdot 0,06 \cdot 60} = 77,77 \text{ руб}$$

Проектируемый вариант ЕМСОМАТ Е-400 (СПИ от 15 до 20 лет): [26]

$$N_A = 1/\text{СПИ} = 1/15 = 0,07$$

$$C_{\text{ам}} = \frac{Ц_{\text{об}} \cdot N_A \cdot t}{F_{\text{об}} \cdot k_з \cdot k_{\text{вн}} \cdot 60} = \frac{1500000 \cdot 0,07 \cdot 3,54}{3830 \cdot 1,2 \cdot 0,75 \cdot 60} = 1,79 \text{ руб}$$

Затраты на ремонт технологического оборудования, приходящиеся на одну деталиеоперацию определяются по формуле 34:

$$C_{\text{рем}} = \frac{Ц_{\text{т.о}} \cdot K_p \cdot q_p}{N_{\text{гпр}} \cdot 100} \quad (34)$$

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

Результаты расчетов затрат на содержание и эксплуатацию технологического оборудования заносятся в таблицу 27.

Таблица 27 – Затраты на содержание и эксплуатацию технологического оборудования по базовому варианту

Модель станка	Цоб, р	q <sub>р</sub> , шт	СПИ	N <sub>А</sub> , р	t, мин	Сам, р.	Срем, р.
16К40П	1 095 000	0,058	15	0,07	12,06	55,87	21,9
2М615	1 500 000	0,079	15	0,07	16,29	208,06	30
Агрегатный	5 000 000	0,09	7	0,1	18,79	475,11	100
<b>ИТОГО:</b>						<b>739,04</b>	<b>151,90</b>

Общие затраты на содержание и эксплуатацию технологического оборудования:

$$Зоб = 739,04 + 151,90 = 890,94 \text{ руб.}$$

**Затраты на эксплуатацию инструмента (малоценный инструмент)**

вычисляются по формуле (35):

$$З_{и} = \frac{Ц_{и} \cdot \beta_{п} \cdot Ц_{п}}{T_{ст} \cdot (\beta_{п} + 1)} \cdot T_{м} \cdot \eta_{и}, \quad (35)$$

где Ц<sub>и</sub> – цена единицы инструмента, р.;

β<sub>п</sub> – число переточек;

Ц<sub>п</sub> – стоимость одной переточки, р.;

T<sub>ст</sub> – период стойкости инструмента, мин.;

T<sub>м</sub> – машинное время, мин.;

η<sub>и</sub> – коэффициент случайной убыли инструмента.

Затраты на сверло d=6,5

$$З_{и} = \frac{6548,7 + 0 \cdot 0}{1030 \cdot (0 + 1)} \cdot 3,67 \cdot 0,98 = 6,23 \text{ руб.}$$

Результаты по расчету затрат на эксплуатацию инструмента заносятся в таблицу 28.

Таблица 28 – Затраты на эксплуатацию инструмента по проектируемому варианту

Наименование инструмента	Ци, руб.	βП	Цп, руб.	Тст, мин.	Тм, мин.	ηИ	Зи, руб.
Резец проходной черновой	1 456,50	0,00	0,00	950,00	3,67	0,98	<b>5,51</b>
Резец расточной черновой	1 489,60	0,00	0,00	1 020,00	3,34	0,98	<b>4,77</b>
Резец проходной чистовой	1 526,40	0,00	0,00	1 000,00	4,10	0,98	<b>6,13</b>
Резец расточной чистовой	1 578,90	0,00	0,00	970,00	3,13	0,98	<b>4,98</b>
Резец канавочный	2 016,30	0,00	0,00	990,00	1,20	0,98	<b>2,40</b>
Сверло d=6,5	6 548,70	0,00	0,00	1 030,00	1,00	0,98	<b>6,23</b>
Метчик М8	1 196,50	0,00	0,00	985,00	0,08	0,98	<b>0,10</b>
Фреза концевая d=25	12 564,80	0,00	0,00	1 024,00	2,39	0,98	<b>28,74</b>
Фреза торцевая d=20	14 698,10	0,00	0,00	1 057,00	6,23	0,98	<b>84,90</b>
Фреза торцевая d=80	48 750,30	0,00	0,00	995,00	3,45	0,98	<b>165,65</b>
<b>Итого:</b>	<b>91 826,10</b>				<b>28,57</b>		<b>309,40</b>

Результаты по расчету технологической себестоимости обработки детали сводятся в таблицу 29.

Таблица 29 – Технологическая себестоимость обработки детали

Статья затрат	Базовый вариант	проектный вариант
Заработная плата с начислениями	165,04	103,73
Затраты на технологическую электроэнергию	11,77	16,37
Затраты на содержание и эксплуатацию оборудования	890,94	193,45
Затраты на инструмент	11,37	309,40
<b>ИТОГО:</b>	<b>1079,12</b>	<b>622,95</b>

#### 4.4. Определение годовой экономии от изменения техпроцесса

Одним из основных показателей экономического эффекта от спроектированного варианта технологического процесса является годовая экономия (формула 36), полученная в результате снижения себестоимости:

$$\mathcal{E}_{\text{год}} = (C_{\text{б}} - C_{\text{пр}}) \cdot N_{\text{год}}, \quad (36)$$

где  $C_{\text{б}}$ ,  $C_{\text{пр}}$  – технологическая себестоимость одной детали по базовому и проектируемому вариантам соответственно, р.;

$N_{\text{год}}$  – годовая программа выпуска деталей, шт.

$$\mathcal{E}_{\text{год}} = (1061,97 - 649,92) \cdot 1000 = 412,050$$

Коэффициент роста производительности труда:

$$K_{\text{пр}} = T_{\text{ш-кп}} / T_{\text{ш-кб}} = 36,79 / 47,14 = 0,78$$

#### 4.5. Определение экономических показателей разрабатываемого технологического процесса

Расчет уровня механизации труда на программных операциях вычисляется по формуле (37):

$$k_{\text{мех}} = \frac{T_{\text{о}} + T_{\text{всп}}}{t}, \quad (37)$$

где  $T_{\text{о}}$  – основное (машинное) время обработки детали на программных станках, мин.;

$T_{\text{всп}}$  – вспомогательное время механизированных приемов, мин.;

$T$  – штучно-калькуляционное время, мин.

Рассчитывается только для станков с ЧПУ:

$$T_{\text{о}} = 28,57 \text{ мин}$$

$$T_{\text{всп}} = 4,15$$

$$t = 36,79$$

$$k_{\text{мех}} = 100 * (28,57 + 4,15) / 36,79 = 88,94$$

					ДП 44.03.04.767 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		81

*Производительность труда на программных операциях* рассчитывается по формуле (38):

$$B = \frac{F_{\partial} \cdot k_{\text{вн}} \cdot 60}{t}, \quad (38)$$

где  $F_{\partial}$  – действительный фонд времени одного рабочего, ч.;

$k_{\text{вн}}$  – коэффициент выполнения норм;

Базовый вариант

Проектируемый вариант

*Рост производительности труда* рассчитывается по формуле (39):

$$\Delta B = \frac{B_{\text{пр}} - B_{\text{б}}}{B_{\text{б}}} \cdot 100\%, \quad (39)$$

где  $B_{\text{пр}}$ ,  $B_{\text{б}}$  – производительность труда соответственно проектируемого и базового вариантов.

$$\Delta B = \frac{B_{\text{пр}} - B_{\text{б}}}{B_{\text{б}}} \cdot 100\%$$

В результате проведенных технико-экономических расчетов были получены результаты (таблица 30).

**Вывод:** Произведя технико-экономические расчеты для проектируемого дипломного проекта целью, которого было совершенствование технологического процесса механической обработки детали «Крестовина» можно сделать вывод о проделанной работе. В проектируемом дипломном проекте внедрено новое технологическое оборудование, новый современный металлорежущий инструмент.



Таблица 30 – Техничко-экономические показатели обработки детали «Крестовина»

Наименование показателя	Значение показателя по вариантам		Изменение показателя
	Базовый вариант	Проектируемый вариант	
Годовой выпуск деталей, шт.	1000	1000	0
Количество видов оборудования, шт.	3	2	1
Количество рабочих, чел.	0,475	0,371	-0,104
Сумма капитальных вложений, р.	632,01	1 479,9	847,89
Трудоемкость изготовления 1-го изделия, н-ч	0,79	0,61	-0,17
Технологическая себестоимость детали, р.	1050,65	649,97	-400,68
В том числе:			
• затраты на заработную плату рабочих, руб	147,89	130,70	-17,19
Технологическая себестоимость годового выпуска, р.	1 050 650	649 972	-400 678
Условно-годовая экономия, р.	-	400 677,56	-
Уровень механизации труда, %	-	88,94	-
Рост производительности труда, %	100	161	61%
Срок окупаемости капитальных вложений	-	2	-

## 5. РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ПРОВЕДЕНИЯ УРОКА ТЕОРЕТИЧЕСКОГО ОБУЧЕНИЯ ОПЕРАТОРА СТАНКОВ С ПРОГРАММНЫМ УПРАВЛЕНИЕМ 2-ГО РАЗРЯДА

Деталь «Крестовина» обрабатывается на многоцелевом станке с ЧПУ. Для эффективного использования многоцелевых станков с ЧПУ необходимо, чтобы обслуживающий персонал (наладчики, операторы) обладали глубокими знаниями техники и могли творчески решать сложные производственные задачи. Такие высококвалифицированные кадры готовят учебные заведения среднего образования и учебные центры дополнительного профессионального образования.

В соответствии с профессиональным стандартом по профессии «Оператор-наладчик станков с программным управлением», рабочий должен знать принцип работы обслуживаемых станков, правила управления ими; назначение, устройство и принцип работы устройств ЧПУ (УЧПУ); назначение, устройство и условия применения наиболее распространенных приспособлений, режущего, вспомогательного и контрольно-измерительного инструмента; правила запуска УП, программирование обработки и т.д.

Для подготовки квалифицированных операторов станков с программным управлением 2-го разряда была выбрана тема программы «Технологический процесс обработки деталей на станках с программным управлением». Обучение проводится в УЧДПО, учебном центре дополнительного профессионального образования «Уралмашзавод». Срок обучения – 4 месяца.

В методической части дипломного проекта разработан урок теоретического обучения по дисциплине «Спецтехнология», где учащиеся смогут узнать о технологическом процессе обработки деталей на станках с программным управлением, что является актуальным для подготовки высококвалифицированных кадров.

## 5.1. Квалификационная характеристика

Учебное заведение – учебный центр «Уралмашзавод»

Профессия – оператор станков с программным управлением.

Срок обучения – 4 месяца

Оператор станков с программным управлением 2-го разряда должен знать:

- 1) принцип работы обслуживаемых станков с программным управлением,
- 2) правила управления обслуживаемого оборудования;
- 3) наименование, назначение, устройство и условия применения наиболее распространенных приспособлений, контрольно-измерительных инструментов, режущего инструмента;
- 4) признаки затупления режущего инструмента;
- 5) наименование и основные механические свойства обрабатываемых материалов;
- 6) основы гидравлики, механики и электротехники в пределах выполняемой работы;
- 7) условную сигнализацию, применяемую на рабочем месте;
- 8) назначение условных знаков на панели управления станком;
- 9) правила установки перфолент в считывающее устройство;
- 10) способы возврата программносителя к первому кадру,
- 11) систему допусков и посадок, квалитеты и параметры шероховатости,
- 12) назначение и свойства охлаждающих и смазывающих жидкостей;
- 13) правила чтения чертежей обрабатываемых деталей.

Оператор станков с программным управлением 2-го разряда должен уметь:

- 1) вести с пульта управления процесс обработки простых деталей по 12 - 14-му квалитетам на налаженных станках с программным управлением с одним видом обработки;

					ДП 44.03.04.767 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		85

- 2) устанавливать приспособление с выверкой исходных точек согласно технологическому процессу;
- 3) устанавливать и снимать детали после обработки;
- 4) наблюдать за работой систем обслуживаемых станков по показаниям цифровых табло и сигнальных ламп;
- 5) проверять качество обработки деталей контрольно-измерительным инструментом и визуально,
- 6) подналаживать отдельные простые и средней сложности узды и механизмы под руководством оператора более высокой квалификации.

## 5.2. Анализ тематического плана

Профессия – оператор станков с программным управлением.

Срок обучения – 4 месяца.

Дисциплина – Специальная технология

В таблице 31 представлен тематический план дисциплины Спецтехнология.

Таблица 31 – Тематический план специальной технологии

№	Тема	Кол-во часов
1	Введение	2
2	Гигиена труда, производственная санитария и профилактика травматизма	4
3	Охрана труда, электробезопасность и пожарная безопасность на предприятии	6
4	Процесс резания металлов и режущий инструмент	18
5	Устройство металлорежущих станков с программным управлением	40
6	<b>Технологический процесс обработки деталей на станках с программным управлением</b>	<b>42</b>
7	Оборудование рабочего места оператора станков с ЧПУ, обслуживание и настройка станков с программным управлением	6
8	Охрана окружающей среды	2
	<b>ИТОГО</b>	<b>120</b>

### 5.3. Анализ темы программы

Дисциплина – Специальная технология

Тема программы: Технологический процесс обработки деталей на станках с программным управлением

По тематическому плану на тему программы отводится 42 часа.

Тема программы включает в себя:

1. Технологический процесс обработки деталей. Понятие о структуре и проектировании технологического процесса при работе на металлорежущих станках с ПУ: операции, установки, переходы, проходы и позиций, их особенности (4 ч.).

2. Характеристика принципиально нового элемента технологического процесса, в отличие от станков с ручным управлением - числовой управляющей программы (14 ч.).

3. Технологическая документация, ее формы, назначение и содержание. Соблюдение технологической дисциплины (4 ч.).

4. Способы и особенности базирования заготовок на станке с программным управлением (6 ч.).

5. Применение специальной технологической оснастки к станкам с программным управлением, вызванное особенностями технологии обработки (4 ч.).

6. Особенности управления процессом обработки на станках с программным управлением, исходя из требований при обработке простых деталей, по 12 - 14 квалитетам (6 ч.).

7. Требование к организации труда операторов на рабочем месте (2 ч.).

8. Возможные виды брака при данном технологическом процессе и его причины. Способы предупреждения и устранения брака при ведении обработки на станках с ЧПУ (4 ч.).

9. Организация технического контроля на предприятии (2 ч.).

					ДП 44.03.04.767 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		87

Выберем тему № 1 «Технологический процесс обработки деталей. Понятие о структуре и проектировании технологического процесса при работе на металлорежущих станках с ПУ». На тему отведено 4 часа. Это 2 урока теоретического обучения по 2 часа каждый.

Разделим тему на уроки:

Урок № 1 - «Технологический процесс обработки деталей. Понятие о структуре и проектировании технологического процесса при работе на металлорежущих станках с ПУ: операции, установки».

Урок № 2 - «Технологический процесс обработки деталей. Понятие о структуре и проектировании технологического процесса при работе на металлорежущих станках с ПУ: переходы, проходы и позиций, их особенности».

Для этой темы разработаем план-конспект урока теоретического обучения, а также средства обучения.

Урок проходит в учебном классе.

#### 5.4. Разработка плана-конспекта урока теоретического обучения

Тема урока: «Технологический процесс обработки деталей. Понятие о структуре и проектировании технологического процесса при работе на металлорежущих станках с ПУ: операции, установки».

Цели урока:

Обучающая: сформировать знания о структуре и проектировании технологического процесса при работе на металлорежущих станках с ПУ, операциях, установках, их особенностях.

Воспитательная: воспитать у учащихся интерес к будущей профессии.

Развивающая: развить прилежность, внимательность

Тип урока: усвоения новых знаний

Методы обучения: объяснительно-иллюстративный

Средства обучения: учебник, плакаты, раздаточный материал.

					ДП 44.03.04.767 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		88

Форма обучения: фронтальная

Продолжительность занятия – 2 академических часа.

В таблице 32 представлена модель взаимодействия субъектов педагогического процесса.

Таблица 32 – Модель взаимодействия субъектов педагогического процесса

Этапы урока	Распределение времени (мин.)	Деятельность преподавателя	Деятельность учащихся	Средства обучения
1. Организационная часть	5	Приветствие учащихся. Проверка посещаемости Объявление темы и целей занятия.	Приветствуют преподавателя	
2. Мотивация учащихся	2	Рассказ о важности темы, о том, что без знаний о проектировании тех. процесса невозможно обработать деталь на станке	Слушают	
3. Актуализация опорных знаний	10	Задаёт вопросы	Думают. Отвечают на вопросы.	
4. Изложение нового материала	45	Раздаёт каждому учащемуся раздаточный материал (схемы и таблицы, которые будут использоваться на уроке) Объясняет новый материал.	Учащиеся слушают преподавателя, пользуются раздаточным материалом, делают записи в тетради	Учебник, плакаты, раздаточный материал
5. Закрепление пройденного материала	20	Задаёт вопросы для закрепления пройденного материала	Отвечают на вопросы, дополняют друг друга	Плакаты, раздаточный материал, конспекты
6. Подведение итогов занятия	8	Подводит итоги занятия	Слушают	
7. Домашнее задание	2	Задаёт задание	Пишут	Доска

В таблице 33 представлен перечень вопросов для актуализации опорных знаний учащихся.

Таблица 33 – Вопросы для актуализации опорных знаний

Вопрос	Предполагаемый ответ
Что такое металлорежущий станок?	машина для размерной металлообработки заготовок в основном путем снятия стружки.
Из каких узлов состоит металлорежущий станок?	главный привод, привод подачи, привод позиционирования, манипулирующие устройства, устройство управления
Для чего нужен главный привод?	главный привод металлорежущий станка сообщает движение инструменту или заготовке для осуществления процесса резания с соответствующей скоростью.
Что является главной функциональной областью металлорежущего станка?	является его рабочая зона, т.е. пространство, где непосредственно происходит процесс резания.
Для чего необходим привод подачи?	Привод подачи необходим для перемещения инструмента относительно заготовки для формирования обрабатываемой поверхности.
Для чего необходим привод позиционирования?	Привод позиционирования необходим для перемещения того или иного узла металлообрабатывающего оборудования из некоторой исходной позиции в другую заданную позицию.
Каким может быть устройство управления?	Устройство управления может быть с ручным обслуживанием оператором, с механической системой управления или с ЧПУ.
На какие основные группы разделяют металлообрабатывающие станки?	токарные станки, сверлильные станки и расточные станки, фрезерные станки, шлифовальные станки.
Что означает Числовое программное управление?	Числовое программное управление (ЧПУ) означает компьютеризованную систему управления, считывающую инструкции специального языка программирования и управляющую приводами металлообрабатывающих станков и станочной оснасткой.



Изложение нового материала:

Для работы учащимся выдается комплект схем и таблиц, распечатанный на бумаге. Схемы и таблицы расположены в порядке предоставления нового материала – раздаточный материал.

Раздаточным материалом нужно пользоваться на уроке, чтобы не зарисовывать рисунки и таблицы в тетрадь (для экономии времени).

#### 5.4.1. Конспект учебного материала

##### 1) Маршрут обработки деталей:

Маршрут обработки деталей на станке с ЧПУ определяется последовательностью выполнения операций обработки. От него зависит точность изготовления детали и производительность обработки. Для обеспечения заданной точности необходимо соблюдать принцип деления процесса обработки на стадии: черновую, чистовую, отделочную.

Однако в отдельных случаях на станках с ЧПУ приходится объединять черновую и чистовую операции, так как повышенная жесткость таких станков позволяет совмещать эти операции и обеспечивает высокую точность.

При определении последовательности обработки в целях уменьшения погрешности базирования следует, по возможности, придерживаться принципа постоянства технологической базы. Принятие решения о последовательности обработки должно начинаться с определения количества установок детали, необходимых для ее полной обработки.

Первая установка выбирается из условия наиболее удобного базирования заготовки на черновые или заранее подготавливаемые чистовые базы. На ней желательно произвести обработку поверхностей, образующих технологические базы при последующих установках.

После выяснения требуемого количества и последовательности установок детали определяется последовательность ее обработки по зонам. В каждой зоне выделяются элементы, для которых устанавливаются вид обработки (черновая, чистовая) и требуемые типоразмеры режущих инструментов.

Отдельные элементы, обрабатываемые одним инструментом, группируются как внутри каждой зоны, так и для разных зон. Такое группирование позволяет выявить количество типоразмеров режущих инструментов для обработки всей детали.

Последовательность обработки по зонам определяется конструкциями детали и заготовки. При этом необходимо обеспечить максимально возможную жесткость на каждом участке обработки. Так, обработку корпусной детали с ребрами целесообразно начинать с фрезерования торцов ребер до обработки контура детали. Внутренний контур детали следует обрабатывать от центра к периферии.

При точении детали обработку нужно начинать с более жесткой части (большого диаметра) и заканчивать в зоне малой жесткости.

Отправным моментом при проектировании маршрута обработки является анализ существующего технологического опыта обработки данной детали (или групп деталей) на станках с ручным управлением. В ходе анализа преследуется цель максимально использовать апробированные технологические приемы, существующие оснастку и инструменты. Если деталь ранее не обрабатывалась, то для ознакомления подбирается аналогичная, находящаяся в производстве.

## 2) Структура операционного технологического процесса:

Переходы на станках с ЧПУ подразделяют на элементарные, инструментальные, позиционные и вспомогательные (рисунок 5).

					ДП 44.03.04.767 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		92

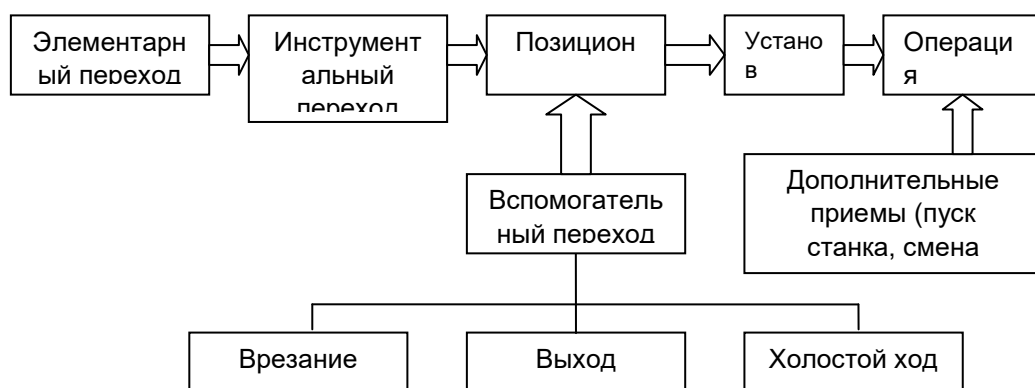


Рисунок 6 – Классификация элементов операции

Элементарный переход — непрерывный процесс обработки одной элементарной поверхности одним инструментом по заданной программе.

Из элементарных переходов образуется инструментальный переход, представляющий собой законченный процесс обработки одной или нескольких поверхностей одним инструментом при его непрерывном движении по заданной программе.

Вспомогательный переход — часть траектории движения инструмента, не связанная с образованием поверхности (врезание, выход, холостые ходы).

Позиционный переход — совокупность инструментальных и вспомогательных переходов, выполняемых при неизменности позиции или положения обрабатываемой детали относительно рабочих органов станка.

Из совокупности переходов складывается операция.

Операцией механической обработки детали на станке с ЧПУ называется часть технологического процесса, выполняемая над определенной деталью непрерывно на одном рабочем месте по заданной программе и при одной настройке станка.

Понятие «операция на станке с ЧПУ» ограничено условием «при постоянной настройке станка».

Операция может разбиваться на установки.

Установом называется часть технологической операции, выполняемая при неизменном закреплении детали.

Операция механической обработки детали на станке с ЧПУ включает также ряд других приемов: измерение детали, смена инструмента, пуск станка.

Проектирование технологической операции начинают с выбора последовательности технологических переходов. При обработке деталей на токарных станках с ЧПУ с закреплением их в патроне рекомендуется следующий порядок обработки:

1. центрование (для отверстий диаметром менее 20 мм);
2. сверление сверлом меньшего диаметра (если используются два сверла);
3. сверление сверлом большего диаметра;
4. черновая обработка основных поверхностей, подрезание внешнего торца предварительно и окончательно, обработка основных внутренних и наружных поверхностей;
5. чистовая обработка основных внутренних и наружных поверхностей;
6. обработка дополнительных поверхностей, расположенных в отверстии, на торце и снаружи.

При обработке с закреплением в патроне и поджатием задним центром порядок обработки следующий:

1. черновая обработка основных форм наружной поверхности;
2. черновая и чистовая обработка дополнительных форм поверхности;
3. чистовая обработка основных форм;
4. чистовая обработка дополнительных форм, не нуждающихся в черновой обработке.

При обработке корпусных деталей на многооперационных станках рекомендуется следующий порядок выполнения операций:

1. черновая обработка деталей с двух-трех сторон (в качестве базы используются достаточно большие плоскости);

					ДП 44.03.04.767 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		94

2. черновая обработка остальных сторон детали с установкой по обработанным поверхностям, создание баз для последующей обработки;

3. чистовая обработка базовой и противобазовой поверхностей и всех элементов (пазов, уступов, отверстий) на этих плоскостях;

4. чистовая обработка остальных сторон детали.

Последовательность выполнения переходов зависит от их назначения (сверление, фрезерование, растачивание и др.), количества переходов, выполняемых одним инструментом, требуемой точности обработки, точности позиционирования узлов станка и многих других факторов.

Токарные операции обычно начинают с черновой обработки, содержащей несколько прямолинейных проходов. При чистовой обработке основные поверхности формируются, как правило, за один проход контурным резцом, а дополнительные — в специальных циклах.

Общий подход к выбору последовательности выполнения переходов на многооперационном станке показан в таблице 34.

Таблица 34 – Последовательность выполнения переходов на многооперационном станке

Номер перехода	Содержание перехода	Инструмент
1	Черновое, получистовое, чистовое фрезерование внешних поверхностей	Фрезы торцовые
2	Сверление (рассверливание) отверстий диаметром свыше 30 мм в сплошных стенках: сквозное — основных отверстий, глухое — для ввода концевых фрез	Сверла
3	Фрезерование пазов, отверстий, окон, карманов	Фрезы концевые
4	Фрезерование внутренних поверхностей, перпендикулярных к оси шпинделя	Фрезы торцовые, концевые
5	Черновое зенкерование и растачивание основных отверстий в сплошных стенках после перехода № 2	Зенкеры, резцы расточные
6	Обработка дополнительных поверхностей (каналок, уступов, фасок и др.) расположенных в основных отверстиях и концентричных его оси	Фрезы и резцы различного назначения, зенковки
7	Обработка дополнительных поверхностей на	Фрезы концевые, шпоночные

	внешних и внутренних плоскостях и необрабатываемых поверхностях	
8	Обработка крепежных и других вспомогательных отверстий диаметром свыше 15 мм	Сверла, зенкеры, метчики
9	Снятие фасок	Фрезы угловые
10	Перезакрепление детали, проверка положения рабочих органов станка	—
11	Окончательное фрезерование плоскостей	Фрезы торцовые
12	Обработка точных поверхностей основных отверстий	Резцы расточные, развертки
13	Обработка точных отверстий малого диаметра	Сверла, резцы расточные, развертки
14	Обработка точных и точно расположенных в отверстиях дополнительных поверхностей (канавок, выемок, уступов)	Резцы расточные, фрезы дисковые трехсторонние
15	Обработка дополнительных поверхностей (выемок, пазов, карманов, прорезей), расположенных асимметрично относительно основных отверстий	Фрезы и резцы различного назначения
16	Обработка обратных фасок и других поверхностей, связанных с основными отверстиями	Фрезы дисковые, угловые, резцы канавочные, фасочные
17	Обработка крепежных и других отверстий малого диаметра	Сверла, зенкеры, зенковки, метчики

Сочетание черновых и чистовых технологических переходов выбирается в зависимости от размеров, формы соответствующих поверхностей и требований к точности и качеству их обработки. Так, при обработке отверстий возможны две основные технологические схемы:

1) параллельная — каждый инструмент обрабатывает все отверстия одного диаметра, затем производится смена инструмента, и цикл повторяется;

2) последовательная — одно отверстие обрабатывается всеми необходимыми инструментами, затем после изменения позиционирования — следующее отверстие и т.д.

Первый вариант используется при низких требованиях к точности отверстий, второй — при высоких.

Фрезерование отверстий вместо растачивания более целесообразно при длине отверстия, не превышающей длины режущей части фрезы. Его эффективность повышается при обработке отверстий с большими и неравномерными припусками.

### 3) Межоперационные припуски и допуски

При обработке деталей на станках с ЧПУ уменьшаются количество операций обработки большинства поверхностей детали, количество ее установок на станке, погрешности установки деталей. Это позволяет уменьшить припуск на получистовую и чистовую обработку на 15. ..20 %, на черновую — на 20. ..25 % и суммарные величины припусков. Значения припусков приведены в справочной литературе.

Межоперационные допуски на обработку устанавливаются исходя из допусков на изготовление детали и принятой технологии ее обработки.

### 4) Выбор траекторий движения режущих инструментов

Траектория формируется из отдельных геометрических элементов (рис. 8). Это отрезки прямых, дуг окружностей, другие кривые.

Различные геометрические элементы соединяются в точках пересечения или касания. Точки соединения называют опорными точками (точки 1, 3—10). Опорными точками считаются также точки перехода дуги из одного квадранта в другой. Кроме того, на траектории выделяются точки, в которых изменяются технологические параметры (скорость резания, подача инструмент и т.д.). Они называются технологическими опорными точками.

При обработке сложных контуров возникает необходимость проверки точности изготовления детали. Для этого на траектории определяются точки, в которых можно измерить положение обрабатываемого контура относительно базовых поверхностей детали. Такие точки называют контрольными (рисунок 6, точка 2). Местоположение контрольных точек

					ДП 44.03.04.767 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		97

определяют с таким расчетом, чтобы инструмент не находился в контакте с деталью.

Информация о перемещении инструмента от одной точки траектории к другой записывается в одном кадре управляющей программы.

При разработке траектории необходимо учитывать тип интерполятора системы ЧПУ станка. В условиях использования высокоскоростной обработки очень важны также точность отсчета координат по соответствующим осям и быстродействие системы управления станком.

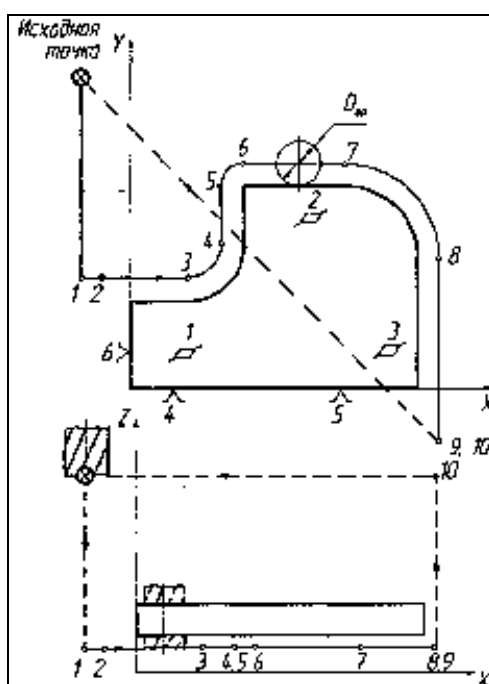


Рисунок 7– Траектория движения центра фрезы  
(штриховой линией обозначены траектории холостых ходов)

Построение траекторий рабочих перемещений:

При разработке технологии обработки на станках с ЧПУ одной из наиболее сложных проблем является рациональный выбор траектории рабочих перемещений инструмента на переходах. Так, при обработке криволинейной поверхности рациональной с точки зрения уменьшения программирования является траектория, показанная на схеме, приведенной на рисунке 7, а. Это обусловлено тем, что на большей части своего пути



инструмент совершает прямолинейные перемещения. В случае обработки по схеме, приведенной на рисунке 7, б, инструмент движется в основном по криволинейным траекториям, что сложнее для программирования.

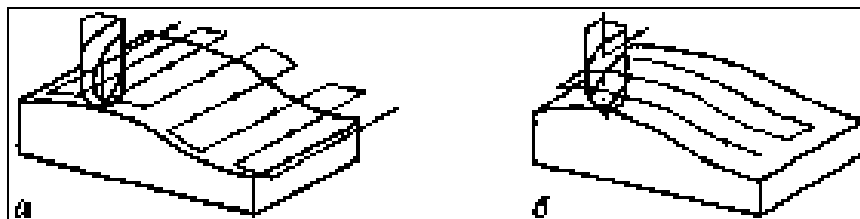


Рисунок 8 – Схемы обработки криволинейной поверхности детали:  
а — облегченное программирование; б — сложное программирование

Правильный выбор траекторий движения режущих инструментов позволяет сократить основное время обработки и количество инструментов в наладке.

Токарную операцию обычно начинают с черновой обработки, которая содержит несколько прямолинейных черновых проходов, выполняемых вдоль оси детали, перпендикулярно или под углом к ней с постоянной по возможности глубиной резания. После каждого прохода инструмент отводится в исходное положение (рисунок 9).

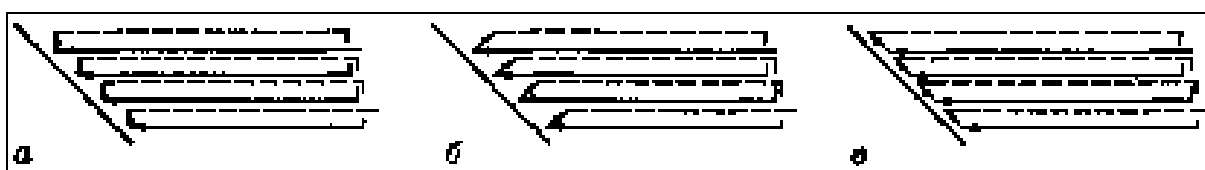


Рисунок 9 – Отвод резца перпендикулярно к оси детали (а),  
под углом к ней (б), параллельно профилю (в)

При обработке отверстий стержневыми инструментами важное значение имеет правильный выбор подвода и перебега. Эти величины выбирают с учетом обеспечения минимальных холостых перемещений

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

рабочей подачей и плавного входа инструмента в обрабатываемое отверстие и вывода из него, характера предварительной обработки, геометрии инструмента.

В качестве исходной координаты принимается координата точки касания нижнего торца или перемычки инструмента с плоскостью, на которой расположено обрабатываемое отверстие.

Перемещение фрезерных инструментов с рабочей подачей включает подвод к детали для врезания, резание и перебег для обеспечения полной обработки поверхности детали. Для выбора траекторий и величин врезания и перебега можно воспользоваться типовыми схемами перемещений.

Предварительное фрезерование открытых плоскостей шириной  $B < 0,8 \cdot D$  выполняется за один проход (рисунок 10, а). Направление движения выбирается так, чтобы деталь прижималась к опорам. Обработку контурных плоскостей шириной  $B < 0,65 \cdot D$  производят по схеме, приведенной на рисунке 9, б. Для фрезерования плоскостей используется схема (рисунок 10, в), позволяющая осуществлять перемещения от участка к участку на быстром ходу. Схема, приведенная на рисунке 10, г, применяется при обработке плоскостей концевой фрезой.

Обработка пазов концевой, дисковой или шпоночной фрезой выполняется за один-три прохода. Неточные пазы шириной  $B = D$  обрабатываются за один проход (рисунок 11, а), а шириной  $D < B < 2D$  — за два прохода (рисунок 11, б, в). Если ширина паза  $2D < B < 3D$ , то сначала обрабатывается центральная часть паза, а затем его боковые стороны. Обработка пазов шириной  $B > 3D$  осуществляется так, что боковые стороны обрабатываются концевой фрезой за два прохода, а средняя часть — торцевой фрезой по схеме, приведенной на рисунке.

					ДП 44.03.04.767 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

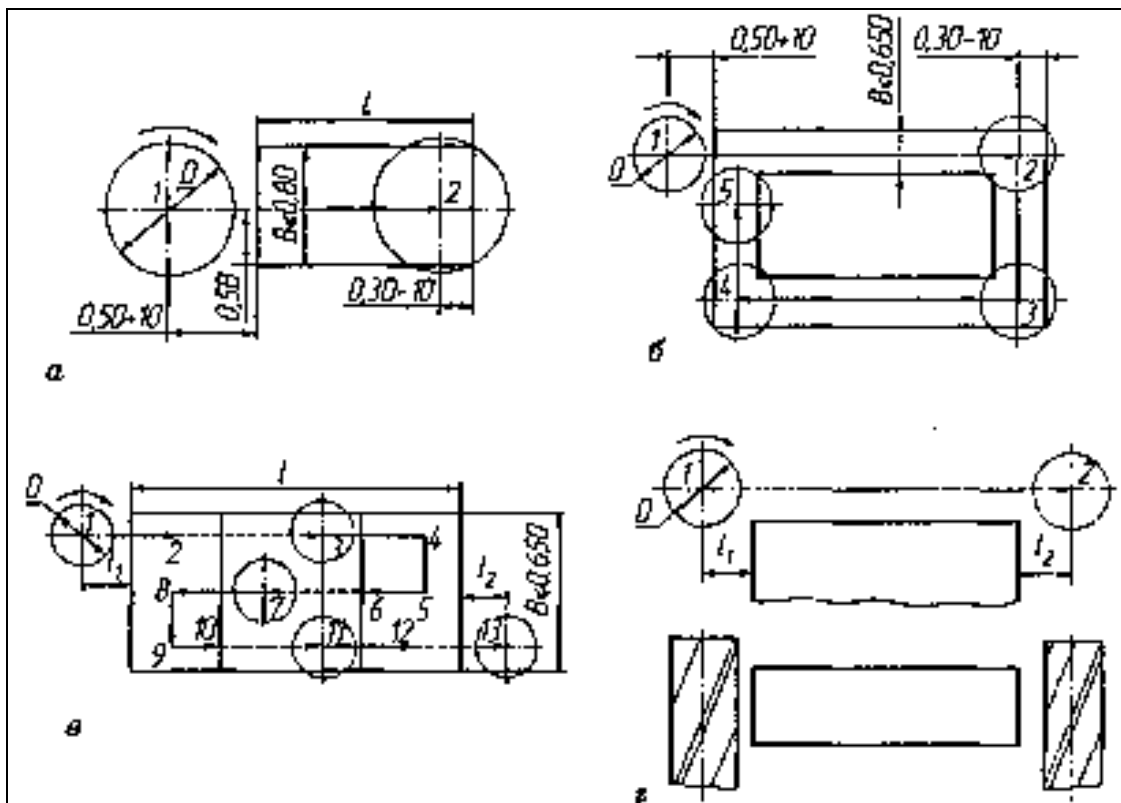


Рисунок 10 – Схема перемещения инструмента при предварительной обработке открытых плоскостей

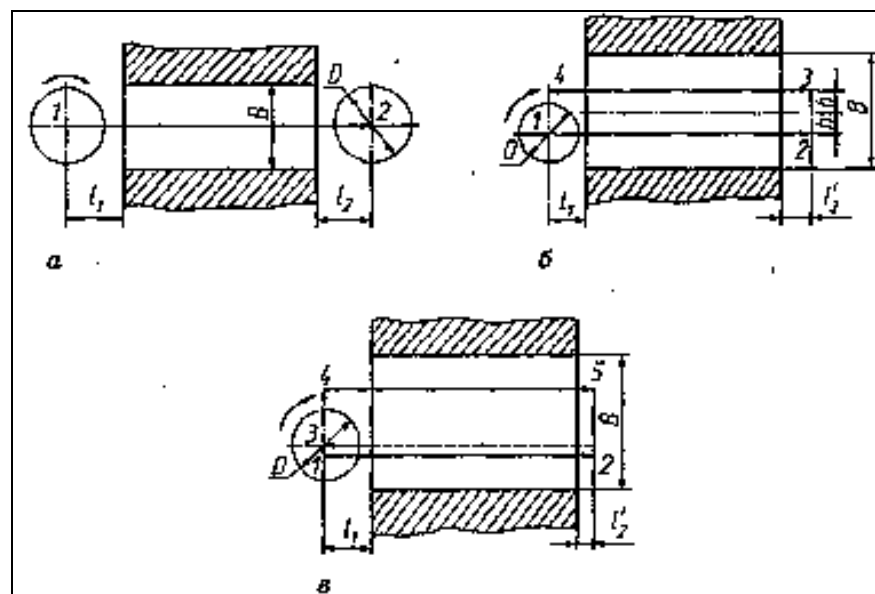


Рисунок 11 – Схемы перемещения фрез при обработке пазов

С позиций проектирования траектории инструментов при фрезерной контурной обработке можно выделить два семейства поверхностей. В первое входят поверхности, обрабатываемые с приданием траектории вида

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

замкнутой строки, которой обводится обрабатываемый контур. Такой путь инструмента получил название строка. Строкой обрабатываются криволинейные контуры плоских деталей. Во второе семейство входят поверхности, которые обрабатываются движением инструмента по траекториям, представляющим собой параллельные строки с противоположными направлениями или спиралеобразные. Этот вид пути инструмента получил название обход. Обходом обрабатываются выпуклые и вогнутые поверхности пространственно-сложных форм (пуансоны, матрицы и т.д.).

#### 5.4.2. Закрепление пройденного материала

Вопросы:

1. Чем определяется маршрут обработки деталей на станке с ЧПУ?
2. Назовите стадии процесса обработки детали.
3. С чего должно начинаться принятие решения о последовательности обработки?
4. Что позволяет выявить количество типоразмеров режущих инструментов для обработки всей детали?
5. Что является отправным моментом при проектировании маршрута обработки?
6. Что является наиболее мелкой составляющей частью технологического процесса

Задания:

- 1) Каждому учащимся выдается рисунок с изображением заготовки, которую нужно обработать одним из металлорежущих инструментов. Учащимся предлагается построить траекторию рабочих перемещений.

Пример рисунка с изображением заготовки представлен на рисунке 12:

					ДП 44.03.04.767 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

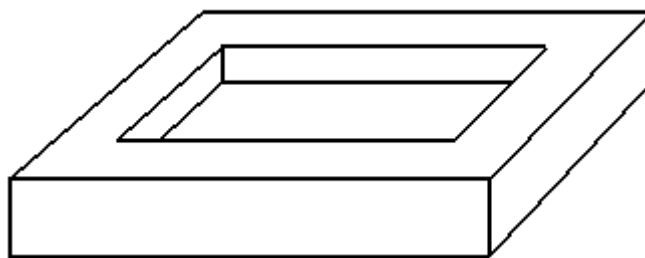


Рисунок 12 – Изображение заготовки

2) Каждому учащемуся выдается таблица, в которую нужно вписать недостающий инструмент для обработки или содержание перехода. Пример задания представлен в таблице 35.

Таблица 35 – Последовательность выполнения переходов на многооперационном станке

Номер перехода	Содержание перехода	Инструмент
1	Черновое, полуступенчатое, чистовое фрезерование внешних поверхностей	
2	Сверление (рассверливание) отверстий диаметром свыше 30 мм в сплошных стенках: сквозное — основных отверстий, глухое — для ввода концевых фрез	
3	Фрезерование пазов, отверстий, окон, карманов	
4		Фрезы торцовые, концевые
5	Черновое зенкерование и растачивание основных отверстий в сплошных стенках после перехода № 2	
6	Обработка дополнительных поверхностей (канавок, уступов, фасок и др.). расположенных в основных отверстиях и концентричных его оси	
7	Обработка дополнительных поверхностей на внешних и внутренних плоскостях и необрабатываемых поверхностях	Фрезы концевые, шпоночные
8		Сверла, зенкеры, метчики
9	Снятие фасок	
10	Переукрепление детали, проверка положения рабочих органов станка	

11	Окончательное фрезерование плоскостей	
12	Обработка точных поверхностей основных отверстий	
13		Сверла, резцы расточные, развертки
14	Обработка точных и точно расположенных в отверстиях дополнительных поверхностей (канавок, выемок, уступов)	
15	Обработка дополнительных поверхностей (выемок, пазов, карманов, прорезей), расположенных асимметрично относительно основных отверстий	
16		Фрезы дисковые, угловые, резцы канавочные, фасочные
17	Обработка крепежных и других отверстий малого диаметра	

**Домашнее задание:**

Повторить пройденный материал. Изучить траектории инструментов при различных видах обработки. Приготовиться к тестовому контролю знаний (10 минут), который будет проведен на следующем уроке.

**Вывод.** Разработанная методика проведения урока теоретического обучения направлена на подготовку квалифицированных операторов станков с программным управлением, обучение которых производится с целью последующей работы на станках с ЧПУ. Именно такой станок используется в дипломном проекте для обработки детали «Крестовина».

После обучения рабочие обладают знаниями и могут творчески решать сложные производственные задачи.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. В выпускной работе была разработана новая технология механической обработки детали «Крестовина» на участке механической обработки в условиях среднесерийного производства.

Разработанный технологический процесс обеспечивает технико-экономические показатели выпуска продукции высокого качества, максимальное использование новейшего прогрессивного оборудования и приемов производства, применение оригинальных и стандартных приспособлений.

При разработке проекта были учтены: свойства и особенности обрабатываемого материала, точность размеров, шероховатость поверхностей, действующие стандарты и нормативы.

Основной характеристикой техпроцесса является:

- среднесерийный тип производства;
- используемая заготовка из материала 40Л - литейный сплав ГОСТ 977-88, полученная литьем в кокиль Rz 80;
- деталь обрабатывается растачиванием, сверлением; подвергается фрезерной, сверлильной обработке;
- технологическое оснащение включает в себя: технологическое оборудование; технологическую оснастку (в том числе инструменты и средства контроля).

2. Для операции 05 «Токарная с ЧПУ» определена траектория перемещения каждого инструмента, координаты опорных точек. По рассчитанным координатам и режимам резания разработана управляющая программа.

3. В экономической части разрабатываемого проекта был выполнен расчет капитальных затрат и себестоимости детали по коэффициенту загрузки использования станков.

4. Разработанный проект является реальным, т. к. содержит технологические разработки, разработку управляющей программы экономические расчеты, имеющие практическую ценность.

					ДП 44.03.04.767 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

## 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.

					ДП 44.03.04.767 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		



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. Основной Каталог SECO 2015
18. Панов А.А. Обработка металлов резанием : Справочник технолога [Текст] / Под ред. А.А. Панова: - М.: Машиностроение. 1988.-736с.
19. 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.
20. Руденко П.А. Проектирование технологических процессов в машиностроении [Текст] / П.А Руденко. - К. : Вища шк. Головное изд-во, 1985.-255с.

					ДП 44.03.04.767 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

- 21.Серебrenицкий, П.П. Программирование автоматизированного оборудования [Текст] / П.П. Серебrenицкий, А.Г. Схиртладзе - М.: Дрофа, 2008. – Ч1. 576 с.
- 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.- 1т- 656с.
- 23.. 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.
- 24.Справочник технолога машиностроителя [Текст]. Т. 1 / Под ред. А.Н. Малова. В 2т. - 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1972 – 568 с.
- 25.Техническое описание станка [Электронный ресурс] DMG.com
- 26.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.
27. Эрганова Н.Е. Основы методики профессионального обучения: Учебное пособие. – 2-е изд., испр. и доп. – Екатеринбург: Изд-во Рос. гос. проф.-пед. ун-та, 1999. 138 с.

					ДП 44.03.04.767 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Тут должен быть лист задания!

					ДП 44.03.04.767 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

ПЕРЕЧЕНЬ ЛИСТОВ ГРАФИЧЕСКИХ ДОКУМЕНТОВ

Наименование документа	Обозначение документа	Формат	Кол-во листов	Примечания
1. Крестовина (отливка)	ДП 44.03.04.767.01	A2	1	
2. Крестовина	ДП 44.03.04.767.02	A1	1	
3. Операционные эскизы	ДП 44.03.04.767. Д01	A1	1	
4. Операционные эскизы	ДП 44.03.04.767. Д02	A1	1	
5. Операционные эскизы	ДП 44.03.04.767. Д03	A1	1	
6. Плакат по экономике	ДП 44.03.04.767. Д04	A1	1	
7. Тематический план программы		A4	1	Электронная презентация
8. План занятия		A4	1	Электронная презентация
9. Презентация «Технологический процесс обработки деталей...»		A4	8	Электронная презентация







ГОСТ 3.1404-86 форма 3											
Дубл.											
Взам.											
Подл.											
Разраб.	Чернышев А.А.										
Рук.	Штерензон В.А.										
Утв.	Бородин Н.В.										
Н.контр.	Суриков В.П.										
		РГППУ						60141.XXXX			
						ДП				005	
Наименование операции		Материал		Твердость	ЕВ	МД	Профиль и размеры		МЗ	КОИД	
Токарная с ЧПУ		Сталь 40Л ГОСТ 977-88				94,2	690x550x266		98	1	
Оборудование, устройство ЧПУ		Обозначение программы		То	Тв	Тпс	Тшт.	СОЖ			
EMCOMAT E-400				2,64	0,14	40	3,14				
Р		ПИ	Д или В	L	t	i	S	n	V		
001	1. Установить и закрепить заготовку									0,1	
T02	396110 двухкулачковый самоцентрирующий патрон с пневматическим зажимом										
03											
004	2. Подрезать торец 4 начерно									0,77	0,059
T05	392190 Резец проходной SECO DCLNR2525M12-M; пластина CNMC150408-M3 TP3500										
P06			.180	.34	.3,1	2	.0,2	.500	.280		
07											
008	3. Расточить отверстие 5 предварительно									0,44	0,64
T09	392190 Резец расточной SECO S32T-MCLNR12; пластина CNMC120408-M3 TP3500										
P10			.119	.35	.2,3	2	.0,2	.790	.280		
11											
012	4. Подрезать торец 19 предварительно и окончательно									1,2	0,08
T13	392190 Резец канавочный CGIR3225P08R110170; пластина LCMF300808-0800-MT CP500										
OK	Операционная карта										



Р	ПИ	Д или В	L	t	i	S	n	V	
P01		.160	.24	.3,3	.3	.0,2	.300	.140	
02									
O03	5. Расточить отверстие 5 окончательно							.0,23	.0,057
T04	392190 Резец расточной SECO S32U-PDUNL11; пластина DNMU110404-M3 TP2500								
P05		.120	.24	.0,5	.1	.0,1	.1200	.450	
06									
07									
08									
09									
10									
11									
12									
13									
14									
15									
16									
17									
<b>OK</b>	Операционная карта								

ДП 44.03.04.767 ПЗ

Лист

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



ГОСТ 3.1404-86 форма 3											
Дубл.											
Взам.											
Подл.											
Разраб.	Чернышев А.			РГППУ	ДП 44.03.04.767					60141.XXXX	
Рук.	Штерензон В.А.										
Утв.	Бородина Н.В.										
Н.контр.	Суриков В.П.							ДП		010	
Наименование операции		Материал		Твердость	ЕВ	МД	Профиль и размеры			МЗ	КОИД
Комбинированная		Сталь 40Л ГОСТ 977-88				94,2	690x550x266			98	1
Оборудование, устройство ЧПУ		Обозначение программы		То	Тв	Тпс	Тшт.	СОЖ			
DMU 100 P duoBLOCK				25,93	0,24	105	32,2				
Р	ПИ	Д или В	L	t	i	S	n	V			
O01	А Установить и закрепить заготовку									0,1	
T02	396181 приспособление сборное переналаживаемое										
O04	1. Фрезеровать плоскость 3 окончательно									.1,62 .0,051	
T05	391890 Фреза торцевая SECO R220.53-0080-09 пластина SEMX09T3AFTN-ME06 MP2500										
P06			.260		3,1	1	.0,11	.1500	.400		
O08	2. Фрезеровать торцы 6, 7, 8, 9 однократно									.1,83 .0,56	
T09	391890 Фреза торцевая SECO R217.69-2020.0-10-3A; пластина XOMX10T308TR-ME07 MP2500										
P10			.120/160		3,3	.4	.0,11	.1500	.400		
O12	3. Фрезеровать диаметры 11, 12, 14, 15 предварительно									.3,92 0,09	
T13	391890 Фреза торцевая SECO R217.69-2020.0-10-3A; пластина XOMX10T308TR-ME07 MP2500										
OK	Операционная карта										

Р	ПИ	D или B	L	t	i	S	n	V		
P01		.119/121		.8	.22	.0,11	.6400	.400		
02										
O03	4. Фрезеровать диаметры 11, 12, 14, 15 окончательно							.2,31	.0,46	
T04	391820 Фреза концевая твердосплавная JHP951250E2R100.3Z5-SIRA MP2500									
P05		.118/120		.8	.22	.0,13	.2500	.200		
06										
O07	5. Фрезеровать паз 2 и уступы 1 однократно							.2,39	.0,16	
T08	391820 Фреза концевая твердосплавная JHP951250E2R100.3Z5-SIRA TP2500									
P09		.91/110	.110	.5	.9	.0,13	.2500	.200		
10										
O11	6. Расточить отверстия 10, 14 начерно							.2,86	.0,36	
T12	Расточная головка черновая A75060; Резцовая вставка CC1290; пластина CCMT120408-F2 TP2500									
P13		.90,45	.150	.3,5	.1	.0,15	.700	.200		
14										
O15	7. Расточить отверстия 16, 17 начерно							.2,2	.0,26	
T16	Расточная головка черновая A75060; Резцовая вставка CC1690; пластина CCMT160508-F2 TP2500									
P17		.127	.110	.3,5	.1	.0,2	.500	.200		
<b>OK</b>		Операционная карта								

Р	ПИ	Д или В	L	t	i	S	n	V	
001	8. Расточить отверстия 10, 14 получисто							.0,62	.0,26
T02	Расточная головка чистовая А78060; Резцовая вставка А72560; пластина ССМТ09Т304-Ф1 ТР2500								
P03	.90,85	.150	.0,2	.1	.0,15	.3200	.900		
04									
005	9. Расточить отверстия 10, 14 окончательно							.0,94	.0,26
T06	Расточная головка чистовая А78060; Резцовая вставка А72565; пластина ССМТ09Т304-Ф1 ТР2500								
P07	.91,015	.150	.0,08	.1	.0,1	.3200	.900		
08									
009	10. Расточить отверстия 16, 17 получисто							.0,67	.0,26
T10	Расточная головка чистовая А78060; Резцовая вставка А72560; пластина ССМТ09Т304-Ф1 ТР2500								
P11	.129,8	.110	.1,4	.1	.0,15	.2200	.900		
12									
013	11. Расточить отверстия 16, 17 окончательно							.1,0	.0,26
T14	Расточная головка чистовая А78060; Резцовая вставка А72565; пластина ССМТ09Т304-Ф1 ТР2500								
P15	.130	.110	.0,1	.1	.0,1	.2200	.900		
16									
17									
<b>OK</b>	Операционная карта								

ДП 44.03.04.767 ПЗ

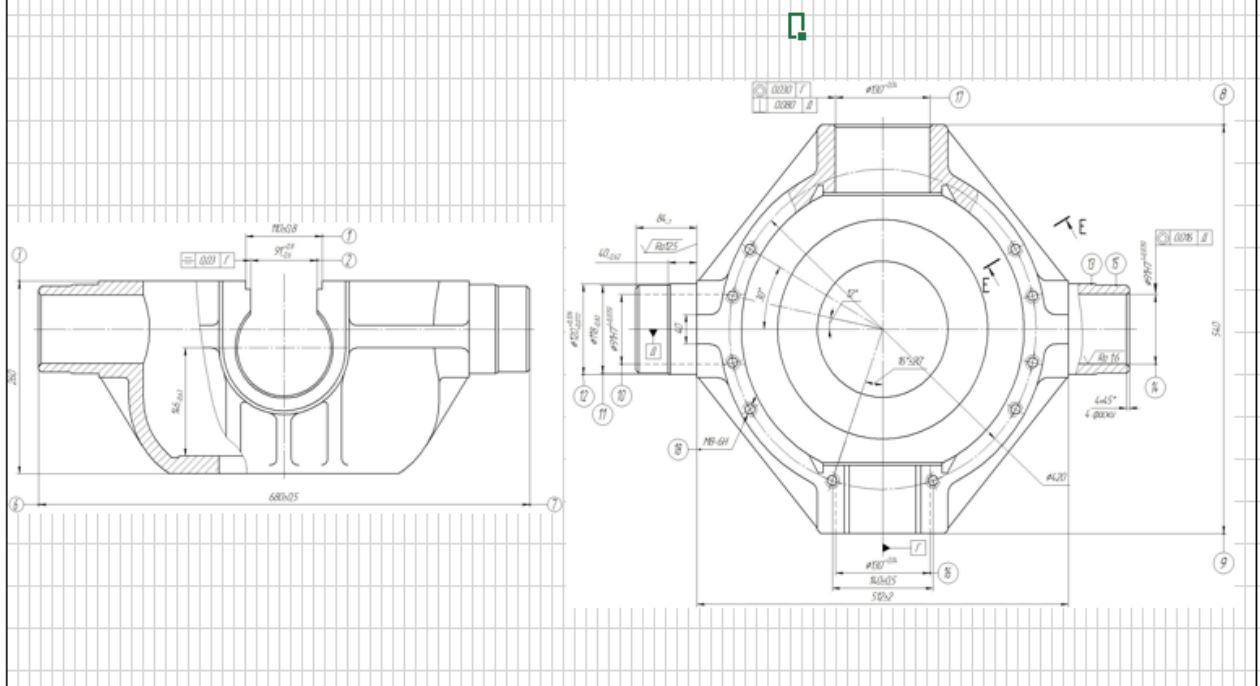
Лист

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

Р	ПИ	Д или В	L	t	i	S	n	V
001	12. Зенковать наружные и внутренние фаски						.1,61	.0,27
T02	Зенковка диаметр 40 мм P6M5							
P03	.91/120/130		.4	.6	.0,3	.1200	.150	
04								
005	13. Центровать 12 отверстий 18						.2,88	.0,07
T06	391290 Центровое сверло диаметр 12мм P6M5							
P07	.8		.4	.12	.0,2	.1000	.35	
08								
009	14. Сверлить 12 отверстий 18						.1,0	.0,1
T10	391290 Сверло спиральное 6,8 SD1105A-0680-043-08R1							
P11	.6,8		.21	.3,4	.12	.0,12	.2300	.50
12								
013	15. Нарезать резьбу в отверстиях 18						.0,08	.0,1
T14	391350 Метчик спиральный MTH-M8x1.25ISO6H-BC-S015							
P15	.8		.16	.12	.1,25	.1400	.36	
16								
17								
<b>OK</b>	Операционная карта							

Дубл.  
Взам.  
Подл.

Разраб.	Чернышев А.	РГППУ	ДП 44.03.04.767	20141XXXX
	Штерензон В.А.			
Н.контр.	Бородин Н.В.			
	Суриков В.П.			10



**КЭ** Карта эскизов

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ДП 44.03.04.767 ПЗ

## ПРИЛОЖЕНИЕ Г

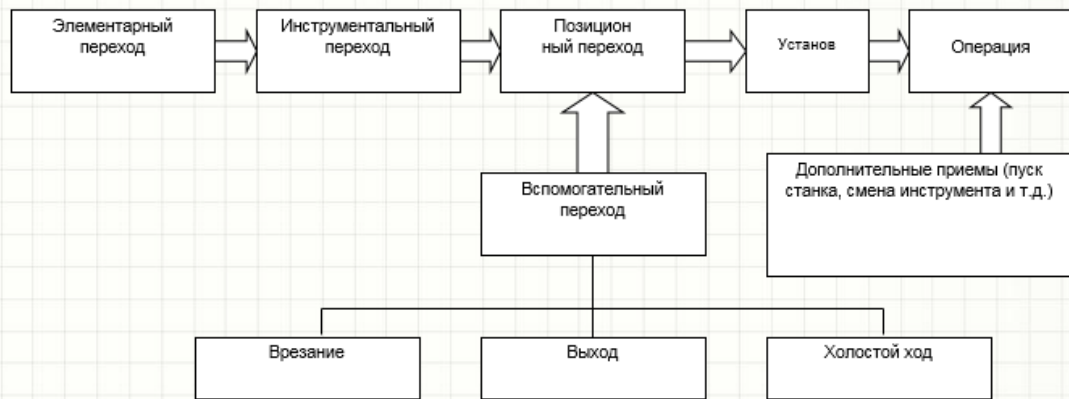
Презентация к методической части



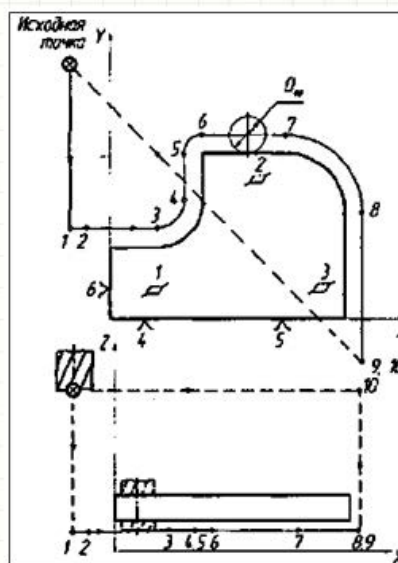
					ДП 44.03.04.767 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		



## Классификация элементов операции



## Траектория движения центра фрезы (штриховой линией обозначены траектории холостых ходов)



Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ДП 44.03.04.767 ПЗ

Лист



## Последовательность выполнения переходов на многооперационном станке

9	Снятие фасок	Фрезы угловые
10	Перезакрепление детали, проверка положения рабочих органов станка	—
11	Окончательное фрезерование плоскостей	Фрезы торцовые
12	Обработка точных поверхностей основных отверстий	Резцы расточные, развертки
13	Обработка точных отверстий малого диаметра	Сверла, резцы расточные, развертки
14	Обработка точных и точно расположенных в отверстиях дополнительных поверхностей (канавок, выемок, уступов)	Резцы расточные, фрезы дисковые трехсторонние
15	Обработка дополнительных поверхностей (выемок, пазов, карманов, прорезей), расположенных асимметрично относительно основных отверстий	Фрезы и резцы различного назначения
16	Обработка обратных фасок и других поверхностей, связанных с основными отверстиями	Фрезы дисковые, угловые, резцы канавочные, фасочные
17	Обработка крепежных и других отверстий малого диаметра	Сверла, зенкеры, зенковки, метчики

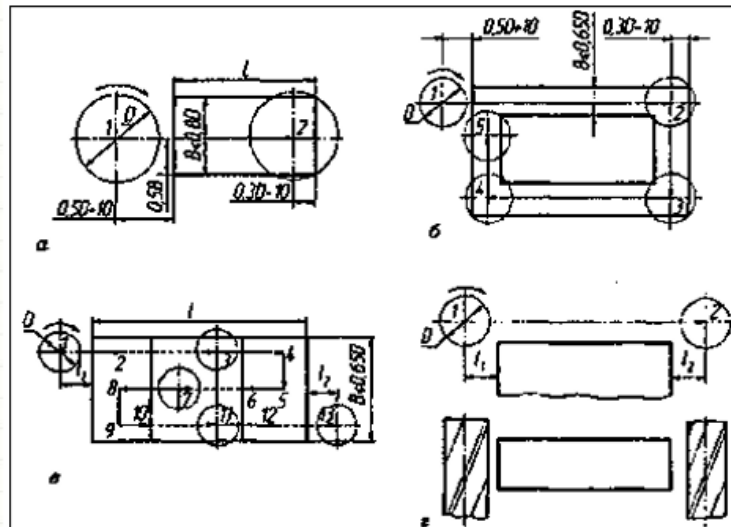
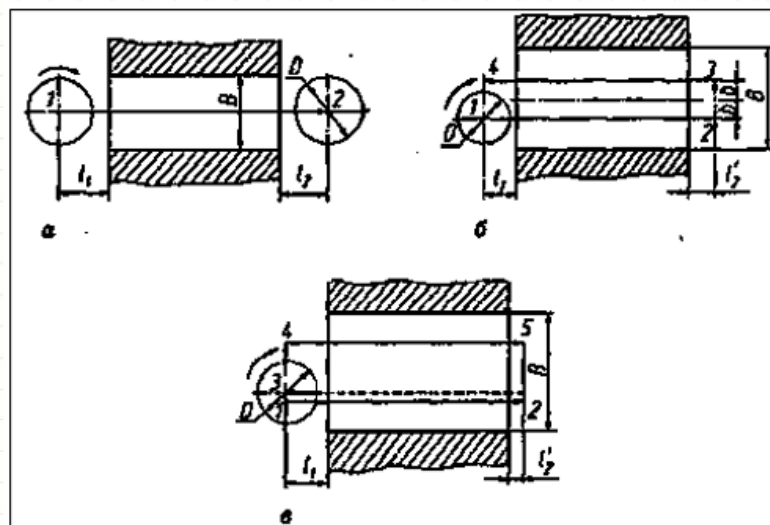


Схема перемещения инструмента при предварительной обработке открытых плоскостей ( $J_j = 12 = 0,5D + 10$ ); сплошной линией показаны перемещения с рабочей подачей, штриховой — на быстром ходу; 1-13 — номера опорных точек из отдельных удаленных друг от друга участков



Схемы перемещения фрез при обработке пазов: а — за один проход; б - за два прохода с рабочей подачей в обе стороны; в — за два прохода с рабочей подачей в одну сторону;  $l_t = 1\tau = 0,5D + 10$ ;  $\tau_2 = 10\text{мм}$ ;  $6 = (B-\xi)/2$

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата