

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

*СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА  
МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ДЕТАЛИ «СЕКТОР ЗУБЧАТЫЙ»*

Дипломный проект  
по направлению 44.03.04 Профессиональное обучение (по отраслям)  
профиля «Машиностроение и материалобработка»  
специализации «Технология и оборудование машиностроения» (44.03.04)

Идентификационный код ВКР: 182

Екатеринбург

2016

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 «СЕКТОР ЗУБЧАТЫЙ»*

Пояснительная записка к дипломному проекту  
по направлению подготовки 44.03.04  
Профессиональное обучение (по отраслям)  
профиля подготовки «Машиностроение и металлообработка»  
профилизации «Технологии и оборудование машиностроения» (44.03.04)

Идентификационный код ВКР: 182

Исполнитель:  
студент группы ТО-401 (подпись)

Е.С. Гараев

Руководитель:  
доцент, к. т. н. (подпись)

Д.Г. Мирошин

Екатеринбург 2016

					ДП 44.03.04.182.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		2

## РЕФЕРАТ

Дипломный проект содержит 97 листов машинописного текста, 28 таблиц, 23 использованных источника, приложения на 28 листах, графическую часть на 9 листах.

Ключевые слова: ТЕХНОЛОГИЯ, ШТАМПОВКА, РАСЧЕТ ПРИПУСКОВ, РЕЖИМОВ РЕЗАНИЯ, УПРАВЛЯЮЩАЯ ПРОГРАММА, ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПРОЦЕСС, ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ.

В дипломном проекте разработаны предложения по совершенствованию технологического процесса механической обработки детали «Сектор зубчатый». Разработана управляющая программа на механическую обработку детали «Сектор зубчатый».

В экономической части дипломного проекта выполнен расчет экономической эффективности от внедрения нового оборудования.

В методической части представлена разработка урока теоретического обучения для переподготовки операторов станков с программным управлением.

					ДП 44.03.04.182.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		3

## СОДЕРЖАНИЕ

<b>ВВЕДЕНИЕ И ЗАДАЧИ ПРОЕКТА</b> .....	6
<b>1. ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ</b> .....	7
1.1. Анализ конструкции детали, назначения и технических требований к детали.....	7
1.2. Анализ заводского технологического процесса обработки детали.....	9
1.3. Технологические задачи .....	14
1.4. Определение типа производства.....	16
1.5. Разработка технологического маршрута обработки детали.....	18
1.6. Выбор исходной заготовки и метода получения ее изготовления.....	21
1.8. Выбор металлообрабатывающего оборудования.....	23
1.10. Выбор инструмента и оснастки .....	30
1.11. Разработка операций технологического процесса.....	34
1.12. Технологические расчеты .....	37
1.12.1. Выбор и расчет режимов резания.....	37
1.12.2. Расчет припусков.....	43
1.12.3. Расчет технических норм времени .....	48
1.13. Разработка управляющей программы.....	52
<b>2. ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ</b> .....	55
2.1. Определение капитальных вложений.....	56
2.2. Определение количества технологического оборудования.....	56
2.3. Определение капитальных вложений в приспособления. ....	57
2.4. Расчет технологической себестоимости детали.....	57
2.5. Определение годовой экономии от изменения технологического процесса.....	66

					ДП 44.03.04.182.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		4

2.6. Определение экономических показателей разрабатываемого мероприятия.....	68
<b>3. МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ.....</b>	<b>70</b>
3.1. Анализ нормативной документации .....	71
3.2. Разработка методики и методического обеспечения урока по теме: «Программирование фрезерной обработки на станках с ЧПУ» .....	79
<b>ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....</b>	<b>90</b>
<b>СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ .....</b>	<b>91</b>
ПРИЛОЖЕНИЕ А. Лист задания на проектирование.....	90
ПРИЛОЖЕНИЕ Б. Перечень листов графических документов.....	91
ПРИЛОЖЕНИЕ В. Технологическая документация.....	92
ПРИЛОЖЕНИЕ Г. Комплект слайдов.....	97

## ВВЕДЕНИЕ И ЗАДАЧИ ПРОЕКТА

В наше время существует очень много различных механизмов, обыденных, к которым мы привыкли, без которых, по существу, мы не сможем вести привычный для нас комфортный образ жизни. Механизмы состоят из комплектующих деталей, которые необходимо производить с необходимой точностью, необходимыми требованиями. Исходя из этого, в нашей жизни машиностроение играет большую и значимую роль. Машиностроение считается как одна из значимых отраслей промышленности, так как оно создает наиболее активную часть производственных фондов.

В настоящее время в машиностроении все больше современные станки с ЧПУ заменяют устаревшие универсальные станки. Данный факт обосновывается тем, что такие станки наиболее эффективны, точны, надежны, экономически выгодны, так как заменяют большое количество времени человеческого труда, а также из-за постепенного перехода большинства предприятий к серийному типу производства.

Целью дипломного проекта являлось совершенствование технологического процесса механической обработки “Сектор зубчатый” и переход от единичного типа производства к серийному. Исходя из цели, были поставлены задачи:

1. Проанализировать исходные данные;
2. Разработать технологический процесс, учитывающий все предложенные решения по устранению недостатков базового технологического процесса;
3. Определить способ получения заготовки в новом технологическом процессе;
4. Разработать операцию механической обработки детали;
5. Разработать управляющую программу на операцию;
6. Экономически обосновать проектируемый технологический процесс;
7. Разработать методическую часть.

					ДП 44.03.04.182.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		6

# 1. ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

1.1. Анализ конструкции детали, назначения и технических требований к детали

Деталь “Сектор зубчатый” используется в рулевом механизме тяжелых машин. Она имеет участок с зубьями, с помощью которого происходит зубчатое зацепление с рейкой, а именно: с поворотом рулевого колеса происходит вращение винта, перемещающего надетую на него гайку, при этом происходит циркуляция шариков, далее гайка с помощью зубчатой рейки перемещает зубчатый сектор, что перемещает рулевую сошку, после этого перемещается тяга рулевого привода, что поворачивает колеса.

Деталь изготовлена из материала Сталь 20Х13 по ГОСТ 5632-72. Этот материал применяется для изделий, подвергающихся воздействию слабо агрессивных сред. Такую сталь используют в тех случаях, когда изделия должны обладать достаточно высокой прочностью, а также высокой пластичностью и вязкостью, она является нержавеющей, жаропрочной.

Химический состав:

Таблица 1- Химический состав стали 20Х13

<b>C</b>	<b>Cr</b>	<b>Fe</b>	<b>Mn</b>	<b>P</b>	<b>S</b>	<b>Si</b>
0,16-0,25	12-14,0	Осн.	≤0,8	≤0,030	≤0,025	≤0,8

Данный материал оптимально подходит для изготовления детали “Зубчатый сектор”, т.к. соответствует эксплуатационным характеристикам детали.

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

На основании анализа исходной информации, можно сделать вывод о том, что метод получения исходной заготовки как мерная заготовка из проката нецелесообразен, т. к. при обработке детали большее количество металла уйдет в стружку, следует перейти к другому методу получения заготовки.

Деталь является ассиметричной, ступенчатой, со сложными нестандартными выступами. Деталь имеет посадочное отверстие, которое в свою очередь должно быть выполнено под углом на поверхности нестандартного выступа, образованного округлыми поверхностями. Можно сделать вывод, что обработка детали достаточно сложная, конструкция имеет сложные места обработки.

Хорошо совмещается конструкторская база Б, с технологической, поэтому при обработке возможно обеспечить точность размеров.

Конструкция детали позволяет вести одновременную обработку нескольких заготовок на одном станке, ввиду того, что деталь имеет ассиметричную сложную форму.

Заданные допуски и технические требования хорошо соответствуют служебному назначению детали, технологическим возможностям оборудования.

В качестве технологической базы возможно взять отверстие Ø8 и торцы детали. Такой вариант размещения баз наиболее эффективен, т.к. обеспечивается совмещение конструкторской и технологической базы, что позволит с наименьшей погрешностью выполнить другие размеры детали.

Коэффициент использования материала:

$$K = \frac{M_d}{M_z} = \frac{0,1}{0,38} = 0,25,$$

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

					ДП 44.03.04.182.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		8

$M_3$  - масса материала, расходуемого на изготовление детали, кг;

Коэффициент точности обработки детали

$$K = \frac{T_n}{T_o} = \frac{2}{16} = 0,125, \text{ где}$$

$T_n$  - число размеров необоснованной степени точности обработки;

$T_o$  - общее число размеров, подлежащих обработке;

Коэффициент шероховатости поверхностей детали

$$K = \frac{Ш_n}{Ш_o} = \frac{2}{16} = 0,125,$$

где  $Ш_n$  - число поверхностей, не обоснованной шероховатости, шт;

$Ш_o$  - общее число поверхностей детали, подлежащих обработке, шт.

Деталь является нетехнологичной, имеет сложные выступы, округлые внешние поверхности, является ассиметричной. Такая конструкция требует особого подхода в решении вопросов технологии ее обработки, но изменить конструкцию нельзя, исходя из служебного назначения детали.

## 1.2. Анализ заводского технологического процесса обработки детали

Заготовкой данного технологического процесса является мерная заготовка из проката  $\frac{h11-MД-56-GОСТ7417-75}{20X13-B-GОСТ5950-2000}$  массой 0,38 кг с шероховатостью поверхности  $\sqrt{R_a} 3,2$  мкм с исходной базой заготовки поверхностью  $\varnothing 56$ , является оптимальной с точки зрения технологии обработки заготовки, но при этом большее количество металла уходит в стружку, так как коэффициент использования материала равен 0,25. Такой метод неэкономичен, поэтому целесообразно перейти к другому виду получения заготовки - штамповка.

Данный технологический процесс представляет собой операционно-маршрутную карту, является рабочим, индивидуальных технологическим процессом, общее число операций которого равно 35-ти, включая термообработку. Недостатком является отсутствие нормы времени в техпроцессе на выполнение каждой операции.

								ДП 44.03.04.182.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата					9

В технологическом процессе обработки детали методы обработки поверхностей были выбраны правильно. При базировании заготовки были реализованы принципы базирования: постоянства и совмещения баз: отверстие Ø8- является технологической базой на протяжении всего технологического процесса обработки детали, а также является конструкторской базой на чертеже, это значит, что отверстие Ø8 в качестве технологической базы было выбрано верно. В связи с этим возникает наименьшая погрешность при обработке поверхностей.

В маршрутно- операционной карте технологического процесса механической обработки детали, фактические припуски на обработку соответствуют чертежу, последовательность операций выполнена верно: чистовые операции следуют за черновыми, в соответствии с технологическими базами и оптимальными режимами резания, вначале идут токарные подготовительно- черновые операции, далее чистовые, затем слесарные, фрезерные и зубодолбежная.

Были изучены маршрутные технологические карты анализируемого техпроцесса и было установлено, что маршрут обработки детали последователен, а именно:

- 1) сначала обрабатываются технологические базы, а затем исполнительные;
- 2) Обработка второстепенных поверхностей ведется параллельно с обработкой исполнительных поверхностей.

Заводской маршрут не является оптимальным, но является последовательным, присутствует термообработка: закалка. HRC 28...32

Маршрутная карта оформлена в соответствии с ГОСТ 3.1118-82.

Недостатки маршрутной карты:

- 1) Не указано норма времени на каждую операцию
- 2) Почти в каждой операции есть переход слесарная обработка, что занимает много времени на обработку детали, является

					ДП 44.03.04.182.ПЗ	Лист
						10
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

нецелесообразным, не выгодным с точки зрения экономической составляющей.

Для анализа станочных операций была выбрана операция 015 “Токарная”.

Таблица 2- Анализ токарной операции

№ операции	Наименование операции и содержание по переходам	Структура операции				Технологическая база	Способ уст. И закрепления	Наименование и модель станка	Схема построения операции
		Количество установок	Количество позиций	Количество переходов	Количество рабочих ходов				
015	Токарная  Подрезать торец Ø51,5 в р-р 22В7  Обточить Ø51,5 до Ø14В7 с подрезкой торца Ø51,5 в р-р 8+0,3	1	1	2	3	Ось заготовки	Трехкулачковый патрон	Токарный станок 111201	последовательная

Анализ станочных операций показал, что операционная карта заводского технологического процесса соответствует ГОСТ 3.1404-86 ф. 3. Все надписи и

таблицы заполнены верно, выбор технологической оснастки соответствует ГОСТ 14.305-703.

В данном технологическом процессе отсутствуют эскизы, но не в полной мере: присутствует 2 промежуточных эскиза между 36 операциями. При этом положение заготовки в эскизе не соответствует действительному положению заготовки на станке, не изображены на эскизах установочные зажимы, базирование.

Таблица 3- Анализ поверхностей детали по чертежу

№ поверхности	Вид поверхности	Квалитет точности	Шероховатость конечная Ra, мкм	МОП в МК	МОП экономической точности	Примечание
1	2	3	4	5	6	7
1	20 плоская	8	3,2	Предварительное обтачивание	0,63-0,32	соотв.
2	5 плоская	9	3,2	Черновое чистовое фрезерование	20-1,25 2,5-0,63	соотв.
3,4	8,4 торцевые плоские	8	3,2	Предварительное Чистовое точение	5-2,5	Не соотв.
5	Торцевые плоские	9	3,2	Черновое Чистовое фрезерование	20-1,25 2,5-0,63	соотв.
6	Ø8 цилиндрическое отверстие	6	1,25	Сверление Растачивание	40-20 10-2,5	Не соотв.
7	R7 цилиндрическая поверхность	14	3,2	Обтачивание однократное	10-5	Не соотв.
8	Ø49	8	1,25	Обтачивание предварительное Чистовое	0,63-0,32	соотв.

				тонкое		
9	Ø2,5 2 отверстия	14	3,2	Сверление	40-20	Не соотв.
10	Ø10 отверстие	14	3,2	Фрезерование получистовое и однократное	5-1,25	Соотв.
11	30° выпуклые округлые поверхности	8	3,2	Фрезерование черновое чистовое	20-1,25 2,5-0,63	соотв.

### Окончание таблицы 3

1	2	3	4	5	6	7
12	R18 округлая	8	3,2	Фрезерование черновое чистовое	20-1,25 2,5-0,63	соотв.
13	R9 округлая	8	3,2	Фрезерование получистовое однократное	5-1,25	соотв.
14	Плоские поверхности непр. профиля	8	3,2	Фрезерование черновое чистовое	20-1,25 2,5-0,25	Соотв.
15	Ø1,5 отверстие	14	3,2	Сверление	40-20	Не соотв.
16	Ø3 отверстие	8	1,25	Сверление зенкерование	10-2,5	Не соотв.

При анализе МОП технологического процесса, было установлено, что 2 размера проставлены с необоснованной точностью из 16, а также 12 поверхностей из 16 имеют необоснованную шероховатость.

Итак, проанализировав заводской технологический процесс механической обработки детали “Зубчатый сектор”, были выявлены все его достоинства и недостатки. Данный технологический процесс соответствует единичному типу производства.

Достоинствами являются:

					ДП 44.03.04.182.ПЗ	Лист
						13
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

- Технологический процесс является последовательным, операции расположены в правильном порядке обработки, с выполнением всех требований по чертежу;

- Реализованы основные принципы базирования, совмещения и постоянства баз, на протяжении всего технологического процесса;

- Технологической базой является поверхность отверстия  $\varnothing 8$ , что минимизирует вероятность погрешности базирования;

- Маршрутно- операционная карта оформлена согласно ГОСТ 3.1118-82, соответствует общепринятым нормативам.

Недостатками являются:

- Технологический процесс последователен, но не эффективен, имеет множество переустановов, требует большое количество времени на вспомогательные операции;

- Выбор получения заготовки нецелесообразен, большое количество металла при обработке заготовки уходит в стружку;

- В маршрутно- операционной карте отсутствует норма времени на выполнение каждой операции

- Множество операций связано со слесарной обработкой;

- Большое количество поверхностей имеют необоснованную шероховатость, а именно 12 из 16.

### 1.3. Технологические задачи

Выяснив служебное назначение детали в узле и определив степень ее важности для эксплуатации узла, необходимо провести подробный анализ технических требований на изготовление детали по чертежу.

Рабочий чертеж под названием “Сектор зубчатый” содержит информацию, которой должен руководствоваться разработчик маршрута обработки детали. Он содержит полную информацию о точности размеров , точности формы,

					ДП 44.03.04.182.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		14

точности взаимного расположения поверхностей, качества поверхностного слоя обработанных поверхностей.

После анализа рабочего чертежа детали были сформулированы основные технологические задачи:

1. Обеспечить точность размеров ответственных поверхностей:  $\varnothing 8_{-0,2}^{+0,012}$ ,  $\varnothing 49^{-0,05}$ ,  $\varnothing 3^{+0,18}$ ; размеров остальных поверхностей: 3,7,23,19,4 $\pm$ 0,3; 2 $\pm$ 0,1; 4 $\pm$ 0,2; 10 $^{\circ}$  $\pm$ 1 $^{\circ}$ ; 5+0,3; 8+0,36;  $\varnothing 1,9$ +0,06; 30 $^{\circ}$ , 60 $^{\circ}$  $\pm$ 20'; 90 $^{\circ}$ , 130 $^{\circ}$ , 28 $^{\circ}$ , 45 $^{\circ}$  $\pm$ 30'; 6,  $\varnothing 13$ РН14;  $\varnothing 13$ +0,43; R7Js14; 4Н8; R18-0,18; 4,2+0,16;

2. Обеспечить точность взаимного расположения поверхностей:

1) Отверстие  $\varnothing 8$  должно быть выполнено перпендикулярно базе В с допуском 0,016 мм;

2) Поверхность  $\varnothing 49$  должна быть выполнена с допуском 0,02 мм по биению по торцу к базе Б.

3. Обеспечить необходимое качество поверхностей: отверстия  $\varnothing 8$  и  $\varnothing 3$  должны быть выполнены с  $\sqrt{R_z 1,25}$ , поверхность  $\varnothing 49$  - с шероховатостью  $\sqrt{R_z 2,5}$ , остальные поверхности с шероховатостью  $\sqrt{R_z 20}$ , кроме поверхности размером 4: она изготавливается с шероховатостью  $\sqrt{R_z 40}$ .

Базовый технологический процесс имеет целый ряд недостатков, для их устранения следует:

4. Изменить способ получения заготовки, при этом материал заготовки оставить без изменений: он назначен исходя из служебных назначений детали;

5. Переработать технологический процесс, выбрав другое оборудование, последовательность операций, сделать его наиболее эффективным;

6. Внести изменения в рабочий чертеж детали, изменить в соответствии с ГОСТ шероховатость поверхностей а также степень точности размеров;

					ДП 44.03.04.182.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		15

7. Слесарные операции следует объединить и сделать общую заключительную для всех операций.

#### 1.4. Определение типа производства

Тип производства – это классификационная категория производства, определяемая по признакам широты номенклатуры, регулярности и объема выпуска изделий. Различают три типа производства: единичное, серийное, массовое.

Одной из основных характеристик типа производства является коэффициент закрепления операций (ГОСТ 3.1121-84):

$$K_{з.о} = \frac{\sum O}{\sum P},$$

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

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

В соответствии с приведенной формулой для коэффициента  $K_{з.о}$  необходимо установить соотношение между трудоемкостью выполнения операций и производительностью рабочих мест (оборудования), предназначенных для проведения данного технологического процесса при условии загрузки этого оборудования в соответствии с нормативными коэффициентами.

Расчетное количество станков на операции вычисляется по формуле:

$$m_p = \frac{N * T_{шт(ш-к)}}{60 * F_d * \eta_{з.н}},$$

где  $N$  - годовая программа выпуска деталей, шт;

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

$F_d$  - действительный годовой фонд времени,  $F_d = 4029$  ч (при двухсменной работе);

					ДП 44.03.04.182.ПЗ	Лист
						16
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

$\eta_{з.н}$ - нормативный коэффициент загрузки оборудования.

Таблица 4- Данные для расчета  $K_{з.о}$ .

Операция	$T_{шт(ш-к)}$ , МИН	$m_p$	P	$\eta_{з.ф}$	O
1	2	3	4	5	6
Центрование, сверление отверстия 4 с последующим зенкерованием и	0,28	0,02	1	0,02	35

Окончание таблицы 4

1	2	3	4	5	6
окончательным чистовым развертыванием					
Токарная обработка правого торца детали 1 а также цилиндрических поверхностей 2, 11. Фрезерная обработка поверхностей 3, 6, 15, 21. Фрезерная обработка поверхностей, образующих контур: 16, 14, 28. Центрование, сверление отверстий 12, 13.	4,13	0,25	1	0,25	2,8
Фрезерная обработка поверхностей 5, 8, 9, 19, 20, 22, 25. Сверление отверстий 13. Центрование, сверление отверстия 18. Зенкерование, развертывание отверстия 17.	2,5	0,15	1	0,15	4,7
Долбление зубьев на поверхности 9 по нормали поверхности 11.	0,6	0,04	1	0,04	17,5
	$\sum T_{шт(ш-к)}$ = 7,51		$\sum P = 4$		$\sum O = 60$

$$\text{Расчет } K_{з.о} = \frac{60}{4} = 15,$$

10 < 15 < 20- среднесерийное производство (по табл. 3.4[9])

Групповая форма организации производства характеризуется периодическим запуском деталей партиями, что является признаком серийного производства.

Количество деталей в партии (n, шт) для одновременного запуска определяется упрощенным способом по формуле:

$$n = \frac{N * a}{254}$$

где a = 24- периодичность запуска, в днях;

254- количество рабочих дней в году.

$$n = \frac{5000 * 24}{254} = 472 \text{ шт.} - \text{партия запуска.}$$

#### 1.5. Разработка технологического маршрута обработки детали

Технологический процесс изготовления детали должен соответствовать программе выпуска, типу производства и его организационно-техническим характеристикам, которые определены выше.

В соответствии с ГОСТ 14.301-83 технологический процесс подразделяется на три вида: единичный, типовой и групповой.

Разрабатываемый технологический процесс должен быть прогрессивным и обеспечивать выполнение всех требований чертежа и технических условий, повышение производительности труда и качества изделий, сокращение трудовых и материальных затрат на его реализацию уменьшение вредных воздействий на окружающую среду, а также отличаться оригинальными технологическими решениями.

Для удобства понимания а также отражения поверхностей в технологическом процессе пронумеруем все поверхности детали (рис.1).

На начальном этапе разработки технологического процесса механической обработки необходимо определиться с маршрутом механической обработки поверхностей детали. Маршрут обработки изобразим в виде таблицы:

					ДП 44.03.04.182.ПЗ	Лист
						18
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Таблица 5- Предполагаемый маршрут обработки

Операция	Содержание	Оборудование
1	2	3
005 Вертикально-сверлильная	Центрование, сверление отверстия 4 с последующим зенкерованием и	Вертикально-сверлильный станок KSD-15

Окончание таблицы 5

1	2	3
	окончательным чистовым развертыванием.	
010 Комбинированная	Токарная обработка правого торца детали 1 а также цилиндрических поверхностей 2, 11. Фрезерная обработка поверхностей 3, 6, 15, 21. Фрезерная обработка поверхностей, образующих контур: 16, 14, 28. Центрование, сверление отверстий 12, 13.	Токарный станок с ЧПУ SP 280 SY
015 Комбинированная	Фрезерная обработка поверхностей 5, 8, 9, 19, 20, 22, 25. Сверление отверстий 13. Центрование, сверление отверстия 18. Зенкерование, развертывание отверстия 17.	Токарный станок с ЧПУ SP 280 SY
020 Зубодолбежная	Долбление зубьев на поверхности 9 по нормали поверхности 11.	BC-122-20 Полуавтомат зубодолбежный
025 Слесарная	Термическое снятие	ИТЕМ 400

заусенцев.

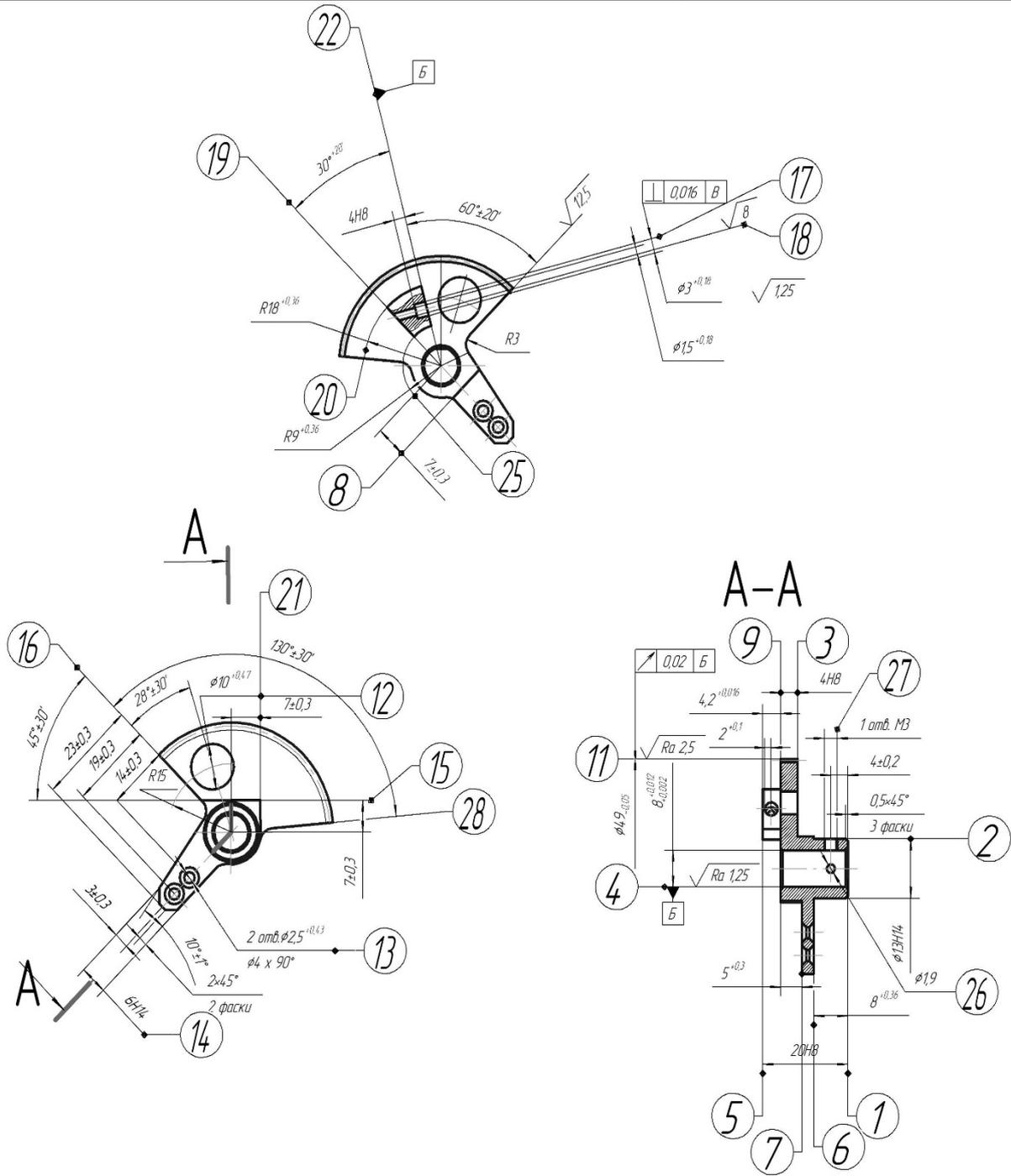


Рисунок 1- Положиции поверхностей

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ДП 44.03.04.182.ПЗ

Лист

20

## 1.6. Выбор исходной заготовки и метода получения ее изготовления

Выбор заготовки для дальнейшей механической обработки является одним из важнейших этапов проектирования технологического процесса изготовления детали. От правильности выбора заготовки, установления ее форм, размеров, припусков на обработку, точности размеров и твердости материала в значительной степени зависят характер и число операций или переходов, трудоемкость изготовления детали, величина расхода материала и инструмента, и, в итоге, стоимость изготовления детали.

На выбор заготовки влияют следующие показатели: назначение детали; материал; технические условия; объём выпуска и тип производства; тип и конструкция детали; размеры детали и оборудования, на котором оно изготавливается; экономичность изготовления заготовки. Все эти показатели должны учитываться одновременно, так как они тесно связаны. Окончательное решение принимают после экономического расчета с учетом стоимости метода получения заготовки и механической обработки.

При анализе технологического процесса было выявлено, что большое количество металла уходит в стружку, большое количество времени уходит на снятие большого припуска. Целесообразно перейти на другой метод получения заготовки- штамповка на горячештамповочных прессах.

Материал заготовки относится к группе материалов М1;

$$M_{п.р.} = M_{д} * K_{р} = 0,035 * 1,7 = 0,059 \text{ кг,}$$

где  $M_{д}$ - масса детали, кг;

$K_{р}$ - расчетный коэффициент устанавливаемый в соотв. С табл 3.7. [1, стр.49]

Степень сложности поковки:

$$K_{с} = \frac{V_{п}}{V_{фиг}} = \frac{G_{п}}{G_{фиг}} = \frac{0,059}{0,296} = 0,199$$

					ДП 44.03.04.182.ПЗ	Лист
						21
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

где  $V_{п}, G_{п}$  - объем и масса поковки;

$V_{фиг}, G_{фиг}$  - объем и масса фигуры.

Установлены четыре степени сложности поковок:

1.С1- при  $0,63 < K_c < 1$ ;

2.С2- при  $0,16 < K_c < 0,32$ ;

3.С3- при  $0,32 < K_c < 0,63$ ;

4.С4- при  $K_c < 0,16$ .

$0,16 < 0,199 < 32$ , значит степень сложности поковки С2.

По ГОСТ 7505-89 определяем класс точности поковки на горячештамповочных прессах. Класс точности поковок зависит от состояния инструмента, оборудования и может уточняться соглашением заказчика и производителя исходя из предъявленных требований к точности. Класс точности: Т5.

Для определения исходного индекса по табл. 3.8[8] в графе “Масса поковки” находят соответствующую строку и, смещаясь по горизонтали вправо или по утолщенным наклонным линиям вправо вниз до пересечения с

Размер детали, мм	Припуск на сторону, мм	Размер поковки, мм
6	1,4	8
20	1,4	24
7	1,4	9
23	1,4	23
13	1,4	17
49	1,5	51
7	1,4	11
4	1,4	8
4,2	1,4	4,2

вертикальными линиями, соответствующими заданным значениям группы

стали М, степени сложности С, класса точности Т, устанавливают исходный индекс. Исходный индекс поковки равен 10.

Основные припуски на механическую обработку штамповок определяются по табл. 3.9[8,стр. 52]

Отклонения линейных размеров от межосевого расстояние по Т5 по табл.6 ГОСТ 7505-89 составляют 0,3 мм

Изогнутость и отклонения от плоскостности и прямолинейности по Т5 по табл. 5 ГОСТ 750589 составляют 0,4 мм

Допуски и допускаемые отклонения линейных размеров штампованных по табл. 3.10 [8, стр. 54]

Размер поковки, мм	Допуск на размер, мм
7,5	+1,1;-0,5
23	+1,1;-0,5
8,5	+1,1;-0,5
23	+1,1;-0,5
16	+1,1;-0,5
52	+1,2;-0,6
10	+1,1;-0,5
7	+1,1;-0,5
4,5	+1,1;-0,5

### 1.8. Выбор металлообрабатывающего оборудования

Исходя из исходных данных, а именно из базового технологического процесса механической обработки детали “Сектор зубчатый”, можно сделать вывод о том, что оборудование является устаревшим, является не точным, исходя также из технических характеристик используемых станков, являются универсальными. В настоящее время существуют более прогрессивные станки

с ЧПУ, значительно опережающие универсальные станки во всех аспектах, а именно:

- Обеспечивают высокую точность обработки;
- Значительно сокращают время производственного цикла, количество операций и переходов;
- Сокращают основное и вспомогательное время;
- Имеют характеристики, позволяющие получить продукцию более лучшего качества, и следовательно уменьшить количество брака.

Для первой сверлильной операция, которая служит для получения технологической базы, был выбран станок KSD-15 (рис.2).

Универсальный вертикально-сверлильный станок KSD-15 предназначен для сверления, зенкования, зенкерования, развертывания отверстий, для подрезания торцов изделий и нарезания резьб метчиками. Универсальный вертикально-сверлильный станок KSD-15 легко справится с обработкой мелких



деталей из чугуна, стали, цветных сплавов.

Технические характеристики станка KSD-15 приведены в табл. 6.

Таблица 6- Технические характеристики станка KSD-15

Диаметр шпиндельного узла, мм	65
Конус шпинделя	MT2
Количество скоростей, шт.	4
Перемещение шпиндельного узла, мм	85
Расстояние от шпинделя до колонны, мм	175
Расстояние от переднего конца шпинделя до стола, мм	460
Расстояние от переднего конца шпинделя до основания, мм	640
Диапазон нарезаемых отверстий, мм	3-15
Размеры верхнего кожуха, мм	608x214x110
Диаметр основной колонны, мм	80
Диаметр рабочей поверхности стола, мм	320
Размер основания, мм	500x300
Частота вращения шпинделя при 50 Гц, об/мин	500-2300
Частота вращения шпинделя при 60 Гц, об/мин	600-2750
Мощность электродвигателя, кВт	0,4
Габариты станка, мм	680x325x1085
Масса станка, нетто, кг	90

Для токарной, фрезерной обработки поверхностей, а также получения сверлением отверстий был выбран токарный станок с ЧПУ SP 280 SY (рис.3).



Рисунок 3- Токарный станок с ЧПУ SP 280 SY

Преимущества станка:

- Тяжелое основание и станина обеспечивают высокую жесткость станка.
- Деформации механических частей станка подвергаются проверке по цифровому методу конечных элементов – МКЭ.
- Динамичность и стабильность движения осей проверяется современными методами расчета.
- Шпиндельные блоки позволяют осуществлять обработку с большой производительной мощностью.
- Синхронные вставленные моторшпиндели обеспечивают высокую динамичность функций шпинделя и мощную ротационную ось С.
- Суппорты линейных осей, правая передняя бабка или корпус задней бабки перемещаются через направляющую качения и обеспечивают высокую точность позиционирования и интерполяции движения осей суппортов.
- Жесткость трехосевого исполнения верхнего суппорта подчеркивает решение посредством виртуального движения оси Y, которое складывается из интерполяции вещественных осей X и Y' образующих угол 30 градусов.
- Программируемое движение корпуса задней бабки понижает в других случаях необходимые вмешательства обслуживающего персонала в процесс обработки.
- Оптимально применимые современные системы ЧПУ SINUMERIK 840D sl, GE FANUC 0i и GE FANUC 30i гарантируют отличные свойства регулирования и комфорт программирования.
- Данные станки удовлетворяют требованиям относительно нетрудоемкого обслуживания станка включая интегрированное программирование в мастерской.

Основные технические характеристики станка приведены в табл. 7

Таблица 7- Технические характеристики станка SP 280 SY

					ДП 44.03.04.182.ПЗ	Лист
						26
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Технические данные		SP 280		
		Y	SMC	SY
1	2	3	4	5
Рабочий диапазон				

Окончание таблицы 7

1	2	3	4	5
Макс. длина точения А6 / А8	мм	550/550	550/-	500/-
Шпиндель				
Ременный привод - А5 / А8	об/мин	4700/4000	-	-
Моторшпиндель - А6	об/мин	-	4700	
Контршпиндель - А5	об/мин	-	-	6000
Инструментальная головка				
Число позиций	-	12		
Задняя бабка				
Конус полости - MORSE	-	Мо 5		-
Габариты станка				
Длина х ширина х высота	мм	3875 х 2122 х 2345		
Масса	кг	7200	7500	7700

На зубодолбежную операцию был выбран полуавтомат зубодолбежный ВС-122-20 (рис.4). Станок предназначен для нарезания прямозубых цилиндрических колёс диаметром до 250 мм с наибольшим модулем 5 мм внешнего и внутреннего зацепления дисковыми долбьями методом обката. Полуавтоматы имеют вертикальную компоновку с подвижным столом для



изменения межцентрового расстояния.

Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата

ДП 44.03.04.182.ПЗ

Лист

27

Особенности конструкции и отличия полуавтоматов зубофрезерных ВС-122:

- Полуавтомат ВС-122 имеет релейную схему управления и мощность двигателя главного привода 4 кВт;
  - Полуавтомат исполнения ВС-122-20 оснащен приводом фирмы SIEMENS.
- Технические характеристики станка приведены в табл.8.

Таблица 8- Технические характеристика станка ВС-122

Наибольший диаметр обрабатываемых зубчатых колес, мм	250
Наибольший модуль обрабатываемых зубчатых колес, мм,	5
Наибольшая высота венца обрабатываемых зубчатых колес, мм	50
Наибольший номинальный делительный диаметр долбяка, мм	100
Диаметр цилиндрической шейки оправки для долбяка, мм	31,75, 44,45
Диаметр рабочей поверхности стола (фланца шпинделя изделия), мм	250
Расстояние между осями стола и инструмента, мм	- 60...160
Длина регулировочного перемещения шпинделя инструмента (салазок суппорта), мм	110
Частота двойных ходов шпинделя инструмента в минуту	200...1000
Диапазон круговых подач, мм/мин	20...450
Диапазон радиальных подач, мм/мин	0,5...80
Количество управляемых координат (X,B)	2*
Дискретность координаты X, мКм	5*
Дискретность координаты B, угл. Сек	7*
Суммарная мощность приводов, кВт	8,2
Габариты, мм	2500x1500x2000
Вес, кг	4500
Точность обрабатываемых зубчатых колес по DIN 3962	7 квалитет

Для удаления заусенцев был выбран станок iTEM 400 (рис. 5). iTEM 400-



Рисунок 5- iTEM 400 – станок для термического снятия заусенцев

станок для термического снятия заусенцев. Снятие заусенцев тепловой энергией представляет собой уникальный процесс, при котором все потенциально свободные заусенцы, грат и инородные частицы гарантированно и полностью удаляются. Газокислородная смесь, окружающая все поверхности детали, накаляется, и результирующая тепловая волна приводит к превышению температуры накаливания заусенцев присутствующих на деталях (металлических и неметаллических) и к их окислению. Все труднодоступные для снятия заусенцы и частицы гарантированно удаляются – без остатка.

Основные технические характеристики станка приведены в табл.8.

Таблица 8- Технические характеристики ИТЕМ 400

Диаметр барокамеры, мм / наибольшее давление заполнения газом, бар:	250 / 23, 320 / 16, 400 / 12
Высота барокамеры, мм	300
Наибольшие размеры обрабатываемого изделия, мм:	
цилиндрического	
диаметр	395
высота	280
квадратного	275x275x280
Время цикла снятия заусенцев, с	30-120
Рабочий газ	кислород, метан / водород
Индексируемый стол	5 загрузочных позиций
Система управления	SIEMENS PLC с сенсорным дисплеем
Основное напряжение, В	400
частота тока, Гц	50
управляющее напряжение, В	24
потребный ток, кВт	прибл. 30
Предохранительные устройства	провер. TUF, ATEX, CE – соответствует, встроенное устройство предупредительной сигнализации
Расстояние от пола до рабочей поверхности стола, мм	990
Габаритные размеры установки, мм:	
длина	3800
ширина (общая)	2500
высота	2600
Масса установки, кг	15000

									Лист
									29
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	ДП 44.03.04.182.ПЗ				

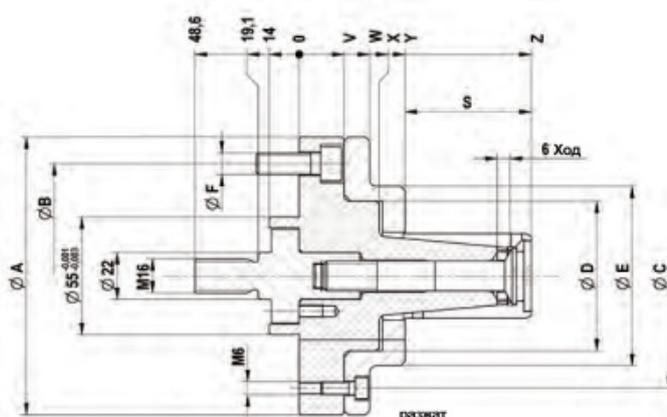
## 1.10. Выбор инструмента и оснастки

Чтобы механическая обработка детали “Сектор зубчатый” была наиболее эффективна, необходимо подобрать наиболее надежный, качественный инструмент, учитывая особенности обработки данной заготовки, ее материала, а также выбранного оборудования. При использовании современного оборудования с ЧПУ, необходимо использовать и современный режущий инструмент, оснастку.

При базировании детали на станке с ЧПУ, возникла необходимость в дополнительной оснастке. Базирование детали предполагается через центральное отверстие, поэтому, в данном случае, необходимо подобрать соответствующую оправку. Оправка КФС имеет достаточно хорошую точность, устанавливается на станок с ЧПУ вместо трехкулачкового патрона, с возможностью установки пневматического зажима. Базовым зажимом является ручной зажим через центральный винт.

Данные оправки имеют ограничения по наименьшему диаметру отверстия, где наименьший диаметр отверстия равен 14 мм. Исходя из этого, возможен только вариант специального заказа оправки производителю.

					ДП 44.03.04.182.ПЗ	Лист
						30
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		



Рисунокб- Оправка KFS

Что касается инструмента, то на заводе были проведены испытания на выявление наиболее приемлемого инструмента по критерию цена- качество. На токарные операции лучше всего применять инструмент фирмы TaeguTeg. На фрезерные, сверлильные операции – применять инструмент фирмы Guhring.

Инструмент, выбранный на токарные операции:

- На черновую обработку
  - 1) Державка TaeguTec TWLNR 2525 M08.
  - 2) Пластинка WNMG 080404 EA. Основные параметры представлены

Обозначение : TWLNR 2525 M08

h	b	l1	l2	r
25.00	25.0	150.00	25.0	32.0

materials. Обозначение : WNMG 080404 EA

d	t	r
12.70	4.760	0.40



- винтовая канавка 45 град., (Лобщ=45мм, Lрезж=10мм);
- форма хвостовика НВ (dхв=6 мм);
- цельная твердосплавная VHM с покрытием Fire.

На сверление отверстий  $\phi 2,5$  мм выбрано сверло Guhring 2463-2,5 (рис.9):

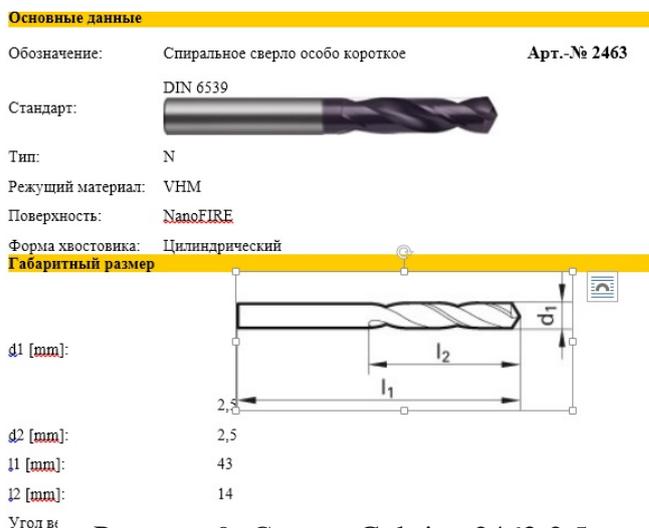


Рисунок 9- Сверло Guhring 2463-2,5

Для получения фаски в отверстиях диаметром 2,5 мм была выбрана зенковка Guhring 1326 ( рис.10)

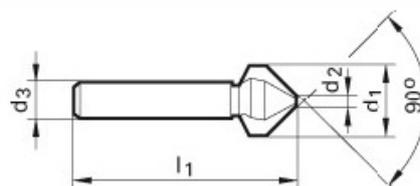
Рисунок 10- Зенковка Guhring 1326

Арт.-№	1326
Стандарт	DIN 335
Режущий материал	HSS
Поверхность	TiAlN
Хвостовик	Цилиндрический



**Габаритный размер**

d1 [mm]:	6,3
d2 [mm]:	1,5
Диаметр хвостовика d2 [mm]:	5
l1 [mm]:	45
Количество пазов:	3



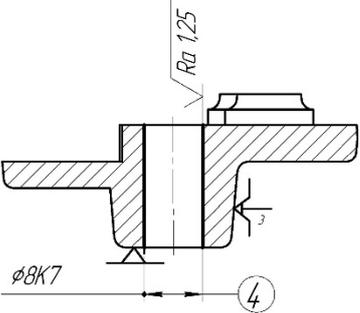
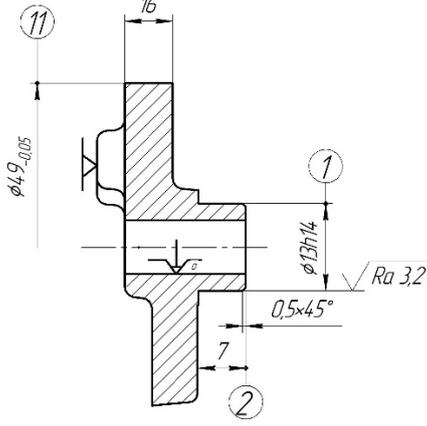
1.11. Разработка операций технологического процесса

Разработка операций технологического процесса включает себя разработку переходов в операциях согласно оборудованию, которое было выбрано для механической обработки. Необходимо определить последовательность и логичность построения переходов в операциях, максимально исключить вероятность получения поверхностей детали, неудовлетворяющих техническим задачам дипломного проекта. Вся разработка технологических операций и переходов сведена в табл. 10.

Таблица 10- Разработка технологических операций.

Операция	Переход	Эскиз	Технологическое
----------	---------	-------	-----------------

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

1	2	3	оснащение 4
005 Вертикально- сверлильная	1) Установить и закрепить заготовку. 2) Центровать отверстие 4 3) Сверлить отверстие $\varnothing 7,5$ мм напроход за 2-3 ввода сверла. 4) Зенкеровать отверстие $\varnothing 7,92$ мм. 5) Развернуть отверстие $\varnothing 8$ мм начисто.		1) Специальное приспособление с кондуктором 2) Сверло TCD 075-12S0-3D 3) Зенкер 2320-2551 $\varnothing 7,8$ ГОСТ 12489-71 4) Развертка 2363-0071 $\varnothing 8$ ГОСТ 1672-80
010 Комплексная на обрабатывающих центрах с ЧПУ	1) Установить и закрепить заготовку. 2) Подрезать торец 1 в размер 22Н10. 3) Точить поверхность 2 до $\varnothing 13H14$ на длину 8 мм. 4) Точить поверхность 11 до $\varnothing 49_{-0,005}$ мм		1) Трехкулачковый патрон 2) Державка TaeguTec TWLNR 2525 M08 Пластина WNMG 080404 EA 3) Державка TaeguTec SDJCR 2525 M11 Пластина DCGT 11T302 SA TT5080 4) Фреза Guhring 5504-20

Продолжение таблицы 10

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

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ДП 44.03.04.182.ПЗ

Лист

35

	<p>5) Фрезеровать поверхности 3, 6, 15, 21 а также поверхностей 14, 16, 28 образующих контур, согласно эскиза.</p> <p>6) Центровать отверстия 12, 13.</p> <p>7) Сверлить отверстие 12 <math>\varnothing 10H14</math> напроход за 2-3 ввода сверла</p> <p>8) Сверлить отверстия 13 напроход.</p> <p>9) Снять фаски в отверстиях 13 <math>1 \times 45^\circ</math>.</p>		<p>5) Фреза Guhring 5574-6</p> <p>6) Центровочное сверло Guhring 557</p> <p>7) Оправка разжимная KFC 00 (под заказ) диаметром 7,5 мм</p> <p>8) Сверло 2301-0028 10 P18 ГОСТ 10903-77</p> <p>9) Зенковка Guhring 1326</p> <p>10) Сверло Guhring 2463</p>
<p>015 Комплексная на обрабатывающих центрах с ЧПУ</p>	<p>1) Установить и закрепить заготовку.</p> <p>2) Фрезеровать поверхности 5, 8, 9, 19, 22, 25 согласно эскиза.</p> <p>3) Снять фаски в отверстиях 13 <math>1 \times 45^\circ</math>.</p> <p>4) Центровать отверстие 18.</p> <p>5) Сверлить отверстие <math>\varnothing 1,5H14</math> мм и <math>\varnothing 3H8</math> напроход.</p>		<p>1) Трехкулачковый патрон</p> <p>2) Оправка разжимная KFC 00 (под заказ) диаметром 7,5 мм</p> <p>2) Фреза Guhring 5504-20</p> <p>3) Фреза Guhring 5574-6</p> <p>4) Зенковка Guhring 1326</p>

Окончание таблицы 10

1	2	3	4
020 Зубодолбежная	1) Установить и закрепить заготовку. 2) Долбить зубья на поверхности 9.		1) Специальное приспособление 2) Долбяк 2532-0121 Р18 ГОСТ 9223-79
025 Слесарная	Снять заусенцы и притупить острые кромки.		

## 1.12. Технологические расчеты

### 1.12.1. Выбор и расчет режимов резания

Режимы резания определяются глубиной резания  $t$ , мм; подачей на оборот  $S_0$ , мм/об и скоростью резания  $V$ , м/мин.

Режимы резания оказывают влияние на точность и качество обработанной поверхности, производительность и себестоимость обработки.[10]

Для одной операции необходимо рассчитать :

- Глубину, подачу, скорость резания по формулам теории резания;
- Суммарную силу резания и эффективную мощность электродвигателя главного привода станка.

В дипломном проекте расчеты будут вестись для операции “Вертикально-сверлильная” для переходов:

- Сверлить отверстие  $\varnothing 7,5$  мм;
- Зенкеровать отверстие  $\varnothing 7,8$  мм;
- Развернуть отверстие  $\varnothing 8$  мм начисто.

Для расчета режимов резания необходимо руководствоваться сведениями о заготовке, характеристиками обрабатываемой детали, параметрами режущего инструмента, паспортными данными станка.

В первую очередь рассчитывают глубину резания  $t$ .

- При сверлении  $t = \frac{D}{2} = \frac{7,5}{2} = 3,75$  мм,

где D- диаметр отверстия, мм [12]

- При зенкерования  $t = \frac{D-d}{2} = \frac{7,8-7,5}{2} = 0,15$  мм;
- При чистовом развертывании  $t = \frac{8-7,92}{2} = 0,1$  мм.

Подача  $S_0$

Подача  $S_0$  при диаметре сверла до 8 мм, группе подач II рекомендуемая подача  $S_0 = 0,27 - 0,33$  мм/об [9, табл. Б8]

Подача  $S_0$  при диаметре зенкера до 12 мм, группе подач II рекомендуемая подача  $S_0 = 0,4 - 0,45$  мм/об [9, табл. Б12]

Подача  $S_0$  при диаметре развертки до 10 мм, группе подач II рекомендуемая подача  $S_0 = 0,7$  мм/об [9, табл. Б14].

Далее подачи уточняются по паспортным данным станка:

Переход 1:  $S_0 = 0,3$  об/мин;

Переход 2:  $S_0 = 0,4$  об/мин;

Переход 1:  $S_0 = 0,7$  об/мин;

Скорость резания  $V$  определяется для каждого перехода по табл. Б.9, Б.13, Б15 [9]

Переход 1. Сверление. Сверло из стали P18, при обработке углеродистой, легированной стали и по форме двойной заточки  $V = 24$  м/мин;

Переход 2. Зенкерование. Зенкер из стали P18, цельный, при подаче 0,4 мм/об  $V = 25,5$  м/мин;

Переход 3. Чистовое развертывание . Развертка из стали P18, диаметр развертки до 10 мм при подаче 0,7 мм/об, и твердости материала НВ 197-248 МПа  $V = 9,3$  м/мин.

Частота вращения  $n$  определяется по формуле  $n = \frac{1000V}{\pi D}$ , об/мин.

Переход 1.  $n = \frac{1000*24}{3,14*7,5} = 1019,1$  об/мин;

					ДП 44.03.04.182.ПЗ	Лист
						38
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

$$\text{Переход 2. } n = \frac{1000 \cdot 25,5}{3,14 \cdot 7,8} = 1041,2 \text{ об/мин;}$$

$$\text{Переход 3. } n = \frac{1000 \cdot 9,3}{3,14 \cdot 8} = 370,22 \text{ об/мин.}$$

Частота вращения корректируется по паспортным данным станка R80V.

$$\text{Переход 1. } n = 1000 \text{ об/мин;}$$

$$\text{Переход 2. } n = 1050 \text{ об/мин;}$$

$$\text{Переход 3. } n = 400 \text{ об/мин.}$$

Фактическая скорость резания определяется по формуле  $V = \frac{\pi D n}{1000}$ .

$$\text{Переход 1. } V = \frac{3,14 \cdot 7,5 \cdot 1000}{1000} = 23,55 \text{ м/мин;}$$

$$\text{Переход 2. } V = \frac{3,14 \cdot 7,8 \cdot 1050}{1000} = 25,72 \text{ м/мин;}$$

$$\text{Переход 3. } V = \frac{3,14 \cdot 8 \cdot 400}{1000} = 10,04 \text{ м/мин.}$$

Минутная подача  $S_m$  определяется по формуле  $S_m = S_0 \cdot n$

$$\text{Переход 1. } S_m = 0,3 \cdot 1000 = 300 \text{ мм/мин;}$$

$$\text{Переход 2. } S_m = 0,4 \cdot 1050 = 420 \text{ мм/мин;}$$

$$\text{Переход 3. } S_m = 0,7 \cdot 400 = 280 \text{ мм/мин.}$$

Расчет сил резания.

При сверлении, зенкерования, развертывании большую роль играют крутящий момент  $M_{кр}$  и осевая сила  $P_0$ .

$M_{кр}$  и  $P_0$  для сверления вычисляются по формулам:

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

$$P_0 = 10 \cdot C_p \cdot D^q \cdot S^y \cdot K_p. [11, \text{стр}277]$$

$M_{кр}$  и  $P_0$  для зенкерования и развертывания вычисляются по формулам:

$$M_{кр} = 10 \cdot C_M \cdot t^x \cdot S^y \cdot K_p;$$

$$P_0 = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot K_p. [11, \text{стр}277]$$

Коэффициент, учитывающий фактические условия обработки, в данном случае зависит только от материала обрабатываемой заготовки и вычисляется как:  $K_p = K_{мр}$ .

					ДП 44.03.04.182.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		39

$$K_{\text{мр}} = \left( \frac{\sigma_B}{750} \right)^n,$$

где  $n = 0,75$ ,  $\sigma_B = 647$  МПа.

$$K_{\text{мр}} = \left( \frac{647}{750} \right)^{0,75} = 0,89.$$

Таблица 11- Расчетные коэффициенты[11, табл.32]

	Крутящий момент $M_{\text{кр}}$				Осевая сила $P_0$			
	$C_m$	$q$	$x$	$y$	$C_p$	$q$	$x$	$y$
Сверление	0,0345	2	-	0,8	68	1	-	0,7
Зенкерование и развертывание	0,009	1	0,9	0,8	67	-	1,2	0,65

Переход 1. Сверление.

$$M_{\text{кр}} = 10 * 0,0345 * 7,5^2 * 0,3^{0,8} * 0,89 = 50,06 * 0,3 = 15 \text{ Н*м};$$

$$P_0 = 10 * 68 * 7,5^1 * 0,3^{0,7} * 0,89 = 260,54 \text{ Н}.$$

Переход 2. Зенкерование.

$$M_{\text{кр}} = 10 * 0,009 * 0,15^{0,9} * 0,4^{0,8} * 0,89 = 0,006 \text{ Н*м};$$

$$P_0 = 10 * 67 * 0,15^{1,2} * 0,4^{0,65} * 0,89 = 33,73 \text{ Н}.$$

Переход 3. Чистовое развертывание.

$$M_{\text{кр}} = 10 * 0,009 * 0,04^{0,9} * 0,8^{0,8} * 0,89 = 0,004 \text{ Н*м};$$

$$P_0 = 10 * 67 * 0,04^{1,2} * 0,8^{0,65} * 0,89 = 10,84 \text{ Н}.$$

Фактическая мощность  $N_e$  вычисляется по формуле  $N_e = \frac{M_{\text{кр}} * n}{9750}$ .

$$\text{Переход 1. } N_e = \frac{15 * 1000}{9750} = 1,53 \text{ кВт}.$$

$$\text{Переход 2. } N_e = \frac{0,006 * 1050}{9750} = 0,0006 \text{ кВт}.$$

$$\text{Переход 3. } N_e = \frac{0,0004 * 1000}{9750} = 0,0004 \text{ кВт}.$$

Все расчетные параметры сведем в таблицу 12.

Таблица 12- Режимы резания для первой операции

Наименование перехода	t, мм	So, мм/об	S, мм/мин	N, об/мин	V, м/мин	Ne, кВт
Сверлить отверстие Ø7,5 мм	3,75	0,3	300	1000	23,55	1,53
Зенкеровать отверстие Ø7,8 мм	0,15	0,4	420	1050	25,72	0,0006
Развернуть отверстие Ø8 начисто	0,04	0,7	280	400	10,04	0,0004

Режимы резания для остальных операций назначим по нормативам, и, также как и рассчитанные параметры, занесем в операционную карту.

Выберем подходящие режимы резания по каталогу при выборе инструмента и занесем в табл. 13.

Таблица 13- Режимы резания по всем операциям

Операция	Переход	Глубина t, мм	Подача S, мм/об	Скорость V, м/мин	Частота вращения n, об/мин	Подача S, мм/мин
1	2	3	4	5	6	7
010 Комплексная	1)Подрезать торец 1 в размер 22Н10.	2	0.24	90.5	2000	480

Продолжение таблицы 13

1	2	3	4	5	6	7
	2)Точить	1.3	0.3	90.5	2000	600

	поверхность 2 до Ø14,4 на длину 8 мм.					
	3)Точить поверхность 11 до Ø50,4 мм					
	Точить поверхность 2 до Ø13Н14 на длину 8 мм. Точить поверхность 11 до Ø49 <sub>-0,05</sub> мм	0.7	0.18	81.7	2000	360
	5)Фрезеровать поверхности 3, 6, 15, 21 а также поверхностей 14, 16, 28 образующих контур, согласно эскиза.	1.5	0.7	225	2000	1400
	6)Центровать отверстия 12,13. 7) Сверлить отверстие 12 Ø10Н14 напроход за 2-3 ввода сверла	0.5	0.53	232	3000	1590
		5	0.14	59.4	1500	210

Окончание таблицы 13

1	2	3	4	5	6	7
---	---	---	---	---	---	---

					ДП 44.03.04.182.ПЗ		Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата			42

	8)Сверлить отверстия 13 напроход.	1.25	0.02	22.7	2000	40
	9) Снять фаски в отверстиях 13 1x45°.	1.25	0.02	22.7	2000	40
015 Комплексная	1)Фрезеровать поверхности 5, 8, 9, 19, 22, 25 согласно эскиза.	1.5	0.7	225	2000	1400
		0.5	0.53	232	3000	1590
	2) Снять фаски в отверстиях 13 1x45°.	1.25	0.02	22.7	2000	40
	3) Центровать отверстие 18. 4)Сверлить отверстие Ø1,5Н14 мм и Ø3Н8 напроход.	1.5	0.1	61.8	1500	150
	020 Зубодолбежная	1)Долбить зубья на поверхности 9.	2	0,2		

### 1.12.2. Расчет припусков

При проектировании технологических процессов механической обработки заготовок необходимо установить оптимальные припуски, которые обеспечили бы заданную точность и качество обрабатываемых поверхностей и экономию материальных ресурсов.

					ДП 44.03.04.182.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		43

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 определяются разностью размеров исходной заготовки и детали. Общий припуск равен сумме операционных припусков. На припуск устанавливают допуск.

Имеются два основных метода определения припусков на механическую обработку поверхности: расчетно-аналитический и опытно-статистический (табличный).[7]

Расчетно-аналитический метод.

Технологический маршрут обработки отверстия  $\varnothing 8_{+0,001}^{+0,01}$  мм состоит из 4-х операций: сверление, зенкерование, черновое развертывание, чистовое развертывание, выполняемых при одной установке обрабатываемой детали. На данной операции базирование производится по поверхностям 1,2, 6, где 6, 2- установочные базы, а 6- направляющая база.

Расчет припусков для обработки отверстия  $\varnothing 8_{+0,001}^{+0,01}$  ведем путем составления таблицы 3, в которую последовательно записываем технологический маршрут обработки отверстия и все значения элементов припуска.

Значение  $R_z$  и  $h$ , характеризующих качество поверхности штампованных заготовок, составляет 150 мкм и 150 мкм [4, табл. 27]. Далее для каждой операции по табл. 29 [4] также определяем  $R_z$  и  $h$ . Все значения записывает в табл. 3.

Суммарное значение пространственных отклонений для заготовки данного типа определяется по формуле

					ДП 44.03.04.182.ПЗ	Лист
						44
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

$$\rho = \sqrt{\rho_{\text{см}}^2 + \rho_{\text{эксц}}^2}$$

$\rho_{\text{см}}$  и  $\rho_{\text{эксц}}$  определяются по табл. 34 и табл. 33 [4] соответственно. Для второй группы точности и массой детали менее 0,25 кг и толщиной стенок менее 50 мм :

$$\rho_{\text{см}} = 0,3 \text{ мм}, \rho_{\text{эксц}} = 1 \text{ мм}.$$

Суммарное значение пространственных отклонений заготовки равно:

$$\rho_{\text{заг}} = \sqrt{1000^2 + 300^2} = 1044 \text{ мкм}.$$

Полученное число пространственных отклонений записываем в табл.3.

Остаточные пространственные отклонения на операции вычисляются по формуле:

$$\rho_{\text{ост}} = k_y * \rho_{\text{заг}},$$

где  $k_y$ - коэффициент уточнения формы.

Определим коэффициент уточнения формы для каждой операции.

При сверлении:  $k_y = 0,6$ ;

При зенкерования:  $k_y = 0,05$ ;

При чистовом развертывании:  $k_y = 0,02$ . [4, стр. 75]

Посчитав остаточные пространственные отклонения заготовки на каждой операции, запишем в табл. 3.

Заготовка базируется в самоцентрирующихся призмах, поэтому в данном случае погрешность установки детали  $\varepsilon_y = 0$ .

Минимальные припуски на обработку внутренних поверхностей вращения рассчитывают по формуле:

$$2Z_{i_{\min}} = 2(R_{z_{i-1}} + h_{i-1} + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \varepsilon_{yi}^2}).$$

В нашем случае  $\varepsilon_y = 0$ , тогда формула принимает вид:

$$2Z_{i_{\min}} = 2(R_{z_{i-1}} + h_{i-1} + \rho_{i-1}). [4, табл. 26]$$

Рассчитаем припуски на каждой операции и запишем их в соответствующую графу в табл.14.

					ДП 44.03.04.182.ПЗ	Лист
						45
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Графа “Расчетный размер” заполняется начиная с конечного путем вычитания наименьшего расчетного минимального припуска для каждого технологического перехода.

Значения допусков каждого технологического перехода определяются по таблице в зависимости от качества точности того или иного вида обработки.

- При сверлении: 12 квалитет;
- При зенкерования: 10 квалитет;
- При чистовом развертывании: 7 квалитет.

В графе “Предельный размер” наибольшее значение  $d_{max}$  получается по расчетным размерам, округленным до точности допуска соответствующего перехода. Наименьший размер  $d_{min}$  определяются из наибольших предельных размеров путем вычитания допусков соответствующих переходов.

Минимальные предельные значения припусков  $Z_{min}^{пр}$  равны разности наибольших предельных размеров выполняемого и предшествующих переходов, а максимальные значения  $Z_{max}^{пр}$  - соответственно разности наименьших предельных размеров.

Все результаты произведенных расчетов сведены в табл. 14.

Таблица 11- Расчет припусков

Технологически е переходы обработки поверхностей отверстия	Элементы припуска, мкм				Расчетн ый припуск $2Z_{min}$ , мкм	Расчет ный размер $D_p$ , мм	Допуск Т, мм	Предельный размер, мм		Предельные значения припусков, мм	
	$R_z$	h	$\rho$	$\varepsilon$				$D_{min}$	$D_{max}$	$2Z_{min}^{пр}$	$2Z_{max}^{пр}$
Заготовка	150	150	1044	0	2*1344	4,81	0,3	4,5	4,8		
Сверление	40	60	62,64	0	2*1344	7,45	0,15	7,35	7,5	2,7	2,85
Зенкерование	32	40	5,22	0	2*162,64	7,78	0,058	7,722	7,78	0,28	0,372
Чистовое развертывание	5	10	-	0	2*40,22	8,01	0,009	8,001	8,01	0,08	0,083
ИТОГО:										3,21	3,494

Проверим правильность произведенных расчетов по формулам:

$$2Z_{max_i}^{пр} - 2Z_{min_i}^{пр} = T_{i-1} - T_i;$$

$$2Z_{max_0}^{пр} - 2Z_{min_0}^{пр} = T_{заг} - T_{дет};$$

$$0,186 - 0,15 = 0,058 - 0,022 = 0,036;$$

$$3,494 - 3,21 = 0,3 - 0,009 = 0,281.$$

Рассчитаем общий номинальный припуск  $Z_{0_{НОМ}}$  по формуле:

$$2Z_{0_{НОМ}} = 2Z_{0_{min}} + ESD_{заг} - ESD_{д};$$

$$2Z_{0_{НОМ}} = 3,21 + 0,3 - 0,001 = 3,5 \text{ мм.}$$

Изобразим схему расположения припусков, допусков и промежуточных размеров (рис.11):

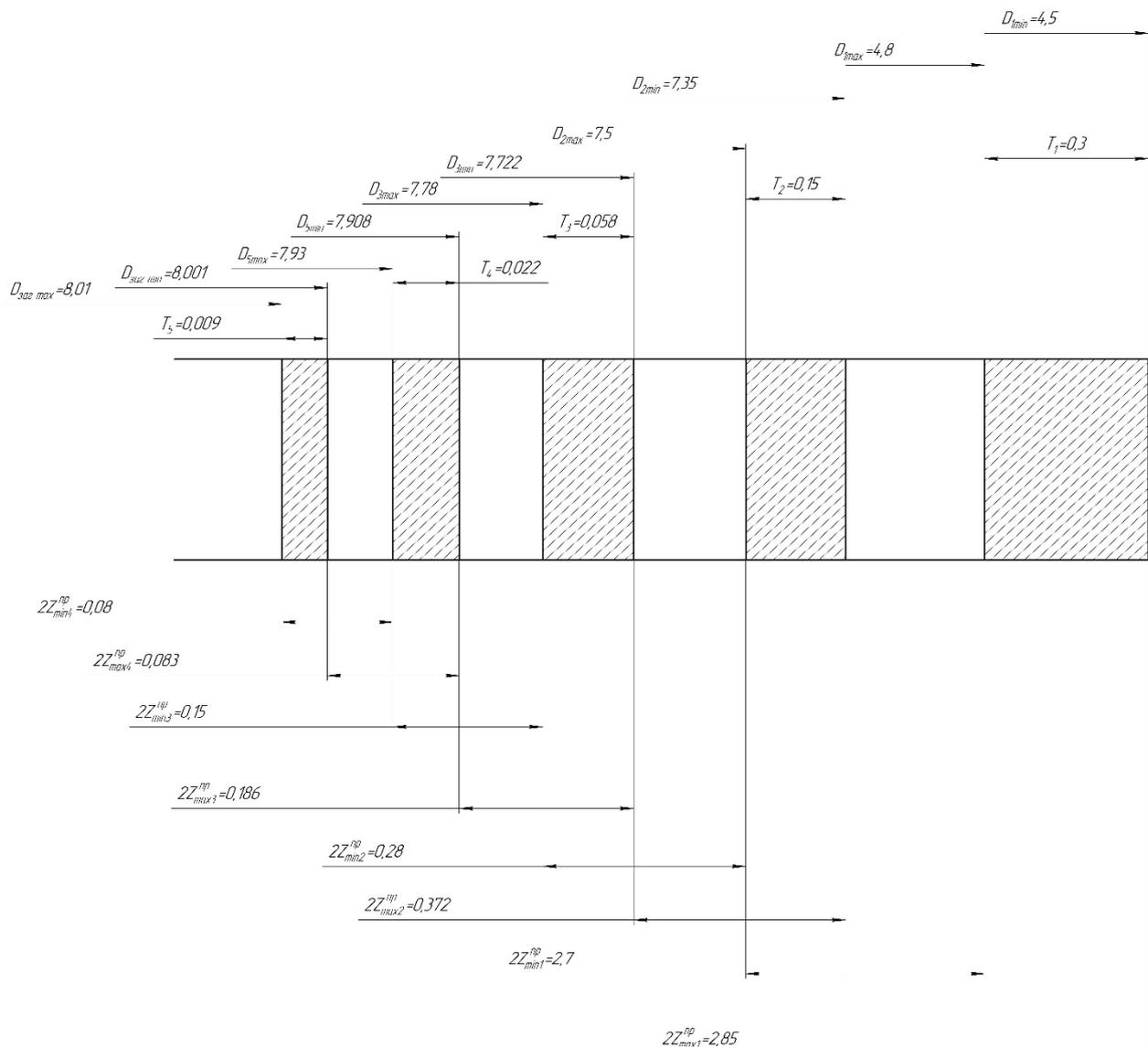


Рисунок 11- Схема расположения припусков, допусков и размеров

### 1.12.3. Расчет технических норм времени

Под технически обоснованной нормой времени понимается время, необходимое для выполнения заданного объема работы при определенных организационно-технических условиях.

Норма штучного времени- это норма времени на выполнение объема работы, равного единице нормирования, на выполнение технологической операции.

Технические нормы времени в условиях серийного и массового производств устанавливаются расчетно- аналитическим методом по формуле:

$$T_{шт} = t_0 + t_в + t_{об} + t_{от}.$$

Основное технологическое время  $t_0$  вычисляется по формуле:

$$t_0 = \frac{L * i}{S_m},$$

где L- расчетная длина обработки; i- количество проходов.

Расчетная длина обработки вычисляется по формуле:

$$L = l + l_1,$$

где l- длина обработки по чертежу, мм;  $l_1$ - длина врезания и перебега, мм.

Переход 1. По табл. В [9] при сверлении сверлом  $\varnothing 7,5$  с двойной заточкой на проход  $l_1 = 6$  мм,  $L = 15,2 + 6 = 21$ мм.

Переход 2. По табл. В [9] при зенкерования отверстия с t до 1 мм в упор  $l_1 = 0$  мм,  $L = 15,2 + 0 = 15,2$ мм.

Переход 3. По табл. В [9] при развертывании отверстия в упор и диаметром развертки до 10 мм  $l_1 = 3$  мм,  $L = 15,2 + 3 = 18,2$ мм.

Переход 4. По табл. В [9] при развертывании отверстия в упор и диаметром развертки до 10 мм  $l_1 = 3$  мм,  $L = 15,2 + 3 = 18,2$ мм.

Основное время обработки  $t_0$

Переход 1.  $t_0 = \frac{21}{300} = 0,07$  мин.

					ДП 44.03.04.182.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		48

Переход 2.  $t_0 = \frac{15,2}{420} = 0,04$  мин.

Переход 3.  $t_0 = \frac{18,2}{360} = 0,05$  мин.

Переход 4.  $t_0 = \frac{18,2}{280} = 0,06$  мин.

Основное время на операцию  $\sum T_{oi} = 0,22$  мин.

1) Вспомогательное время на установку, закрепление и снятие детали  $t_{уст}$  определяется по табл. Г.9 [9] прил. Г:

В приспособлении с накидной крышкой с рукояткой эксцентрикового зажима и при массе детали до 1 кг  $t_{уст} = 0,16$  мин

2) Вспомогательное время, связанное с переходом  $t_{пер}$  определяется по табл. Г.11 [9] прил. Г:

Переход 1. При сверлении по кондуктору с механической подачей при I группе станков при длине перемещения для обработке отверстия равной нулю  $t_{пер} = 0,07$  мин.

Переход 2. При зенкерования по кондуктору с механической подачей при I группе станков при длине перемещения для обработке отверстия равной нулю  $t_{пер} = 0,07$  мин.

Переход 3. При развертывании по кондуктору с механической подачей при I группе станков при длине перемещения для обработке отверстия равной нулю  $t_{пер} = 0,07$  мин.

Переход 4. При развертывании по кондуктору с механической подачей при I группе станков при длине перемещения для обработке отверстия равной нулю  $t_{пер} = 0,07$  мин.

3) Вспомогательное время, связанное с переходом на приемы, не вошедшие в комплексы,  $t'_{пер}$  определяется по табл. Г.12 [9] прил. Г:

Переход 1. Время на установку инструмента  $t'_{пер} = 0,12$  мин, на изменение частоты вращения шпинделя и подачи  $t'_{пер} = 0,08$  мин, на включение шпинделя  $t'_{пер} = 0,02$  мин.

					ДП 44.03.04.182.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		49

Переход 2. Время на установку инструмента  $t'_{\text{пер}2} = 0,12$  мин, на изменение частоты вращения шпинделя и подачи  $t'_{\text{пер}2} = 0,08$  мин, на включение шпинделя  $t'_{\text{пер}2} = 0,02$  мин.

Переход 3. Время на установку инструмента  $t'_{\text{пер}3} = 0,12$  мин, на изменение частоты вращения шпинделя и подачи  $t'_{\text{пер}3} = 0,08$  мин, на включение шпинделя  $t'_{\text{пер}3} = 0,02$  мин.

Переход 4. Время на установку инструмента  $t'_{\text{пер}4} = 0,12$  мин, на изменение частоты вращения шпинделя и подачи  $t'_{\text{пер}4} = 0,08$  мин, на включение шпинделя  $t'_{\text{пер}4} = 0,02$  мин.

4)Время на контрольные измерения  $t_{\text{изм}} = 0,07$  мин.

Вспомогательное время, рассчитанное по элементам, суммируется для каждого перехода операции:

Переход 1.  $t_{\text{пер}} + \sum t'_{\text{пер}} + t_{\text{изм}} = 0,07 + 0,12 + 0,8 + 0,02 + 0,07 = 1,08$  мин.

Переход 2.  $t_{\text{пер}2} + \sum t'_{\text{пер}2} + t_{\text{изм}2} = 0,07 + 0,12 + 0,8 + 0,02 + 0,07 = 1,08$  мин.

Переход 3.  $t_{\text{пер}3} + \sum t'_{\text{пер}3} + t_{\text{изм}3} = 0,07 + 0,12 + 0,8 + 0,02 + 0,07 = 1,08$  мин.

Переход 4.  $t_{\text{пер}4} + \sum t'_{\text{пер}4} + t_{\text{изм}4} = 0,07 + 0,12 + 0,8 + 0,02 + 0,07 = 1,08$  мин.

Поправочный коэффициент на вспомогательное время  $K_{tв}$  в зависимости от размера партии обрабатываемых деталей определяется по табл. Г.7 [9] прил. Г. При  $T_{\text{оп}}$  до 4 мин и количестве деталей в партии 5000 шт. коэффициент  $K_{tв} = 0,81$ .

Вспомогательное время на операцию  $t_{в} = 4,48$  мин.

					ДП 44.03.04.182.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		50

Время на обслуживание рабочего места  $a_{обс}$  и время перерывов на отдых и личные надобности  $a_{отл}$  в процентах от оперативного времени определяется по табл. Г.14 [9] прил. Г. Для станков I группы  $a_{обс} = 4\%t_{оп}$ ,  $a_{отл} = 11\%t_{оп}$ .

Штучное время  $t_{шт}$  определяется по формуле

$$t_{шт} = (t_0 + t_b) * (1 + (a_{обс} + a_{отл})/100) = (0,22 + 4,48) * \left(1 + \frac{0,008+0,02}{100}\right) = 4,7 * 1,00028 = 4,701 \text{ мин.}$$

Подготовительно-заключительное время  $t_{пз}$  определяется по табл. Г.14 [9] прил. Г:

$$t_{пз} = 13 + 7 = 20 \text{ мин.}$$

Штучно-калькуляционное время  $t_{шт.к}$  определяется по формуле

$$t_{шт.к} = t_{шт} + \left(\frac{t_{пз}}{n}\right) = 4,701 + \left(\frac{20}{5000}\right) \approx 4,7 \text{ мин.}$$

Таблица 15- Технические нормы времени на операцию 005 Вертикально-сверлильная

Наименование операции	$t_0$	$t_b$			$t_{об}$		$t_{от}$	$t_{шт}$	$t_{п-з}$	п, шт	$t_{шт.к}$
		$t_{ус}$	$t_{уп}$	$t_{из}$	$t_{тех}$	$t_{орг}$					
Сверлить отверстие $\varnothing 7,5$ мм	0,22	0,12	0,02	0,08	0,01	0,008	0,02	4,7	20	5000	4,7
Зенкеровать отверстие $\varnothing 7,8$ мм		0,12	0,02	0,08	0,01	0,008					
Развернуть отверстие $\varnothing 7,92$ мм		0,12	0,02	0,08	0,01	0,008					
Развернуть отверстие $\varnothing 8$ мм		0,12	0,02	0,08	0,01	0,008					

Таблица 16- Сводная таблица нормы времени по каждой операции

Операция	$t_0$	$t_B$			$t_{об}$		$t_{от}$	$t_{шт}$	$t_{п-з}$	п, шт
		$t_{ус}$	$t_{уп}$	$t_{из}$	$t_{тех}$	$t_{орг}$				
010 Комплексная на обрабатывающих центрах с ЧПУ	0,58	0,1	0,01	0,07	0,02	0,06	0,02	4,13	30	5000
015 Комплексная на обрабатывающих центрах с ЧПУ	0,36	0,1	0,01	0,07	0,007	0,04	0,02	2,5	30	
020 Зубодолбежная	0,25	0,16	0,02	0,8	0,01	0,03	0,02	0,6	21	

### 1.13. Разработка управляющей программы

Управляющая программа- программа, с помощью которой программируется обработка заготовки. Для станка SP 280 SY, на котором будет осуществляться 3 операции с множеством переходов, программным обеспечением является SIEMENS SINUMERIK 840D. В данном программном обеспечении обработка заготовки программируется с помощью главных G- функций, вспомогательных M- функций, циклов обработки. С учетом всех нюансов обработки (материала заготовки, способа получения заготовки, инструмента, паспортных данных и возможностей станка) была разработана программа для первой операции 010 “Комплексная на обрабатывающих центрах с ЧПУ”. Фрагмент управляющей программы, а именно для токарной обработки, представлен ниже:

WWP

T1 D1

G54 G0 G90 G18

G96 S90.5 LIMS=2000 M4

CYCLE95(“contur1”,1,0,0,0,0.24,0.05,6,0,0,1)

WWP

T1 D1

G54 G0 G90 G18

G96 S90.5 LIMS=2000 M4 M8

CYCLE95(“contur2”,1,0.7,0.7,0,0.3,0.15,1,0,0,1)

WWP

T1 D1

G54 G0 G90 G18

G96 S314 LIMS=2000 M4 M8

CYCLE95(“contur3”,1,0.7,0.7,0,0.24,0.15,1,0,0,1)

WWP

T2 D1

G54 G0 G90 G18

G96 S90.5 LIMS=2000 M4 M8

CYCLE95(“contur2”,1,0,0,0,0.18,0.05,5,0,0,1)

WWP

T2 D1

G54 G0 G90 G18

G96 S308LIMS=2000 M4 M8

CYCLE95(“contur3”,1,0,0,0,0.1,0.05,5,0,0,1)

Расшифровка элемента управляющей программы представлена в табл. 17.

Таблица 17- Управляющая программа и ее интерпритация

WWP T1 D1 G54 G0 G90 G18 G96 S90.5 LIMS=2000 M4 CYCLE95(“contur1”,1,0,0,0,0.24,0.05,6,0,0,1)	Подрезка торца заготовки в ноль детали
--	---

Окончание таблицы 17

<p>WWP T1 D1 G54 G0 G90 G18 G96 S90.5 LIMS=2000 M4 M8 CYCLE95("contur2",1,0.7,0.7,0,0.3,0.15,1,0,0,1)</p>	<p>Черновая токарная обработка торца и цилиндрической поверхности ф17 мм по контуру</p>
<p>WWP T1 D1 G54 G0 G90 G18 G96 S314 LIMS=2000 M4 M8 CYCLE95("contur3",1,0.7,0.7,0,0.24,0.15,1,0,0,1)</p>	<p>Черновая токарная обработка цилиндрической поверхности ф51</p>
<p>WWP T2 D1 G54 G0 G90 G18 G96 S90.5 LIMS=2000 M4 M8 CYCLE95("contur2",1,0,0,0,0.18,0.05,5,0,0,1)</p>	<p>Чистовая токарная обработка торца и цилиндрической поверхности ф17 мм по контуру</p>
<p>WWP T2 D1 G54 G0 G90 G18 G96 S308LIMS=2000 M4 M8 CYCLE95("contur3",1,0,0,0,0.1,0.05,5,0,0,1)</p>	<p>Чистовая токарная обработка цилиндрической поверхности ф51</p>

## 2. ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

При совершенствовании чего либо когда уже созданного, существующего, а в нашем случае существующего технологического процесса механической обработки детали “Сектор зубчатый”, возникает целый ряд вопросов о его целесообразности, актуальности, выгоды, включая также и экономическую составляющую новой разработки, на основе существующего. Экономика имеет место быть, нельзя не учитывать ее, она наглядно показывает эффективность новой разработки, ее значимости, выгоды, по отношению модернизируемой разработке.

Целью данного раздела дипломного проекта является экономическое обоснование предлагаемых технических решений. Задачами являются:

1. Рассчитать затраты на реализацию;
2. Определить экономический эффект от предлагаемых новых решений технологического процесса;
3. Определить экономическую эффективность капитальных вложений.

В дипломном проекте необходимо провести качественный анализ сравнительной экономической эффективности базового и проектируемого технологического процесса. Он заключается в соотношении преимуществ и недостатков технологических процессов в области затрат труда, обусловленных применением выбираемых способов и средств. При этом анализ проводится без расчетов, лишь определяя “хуже-лучше” и т. д. Чтобы определить величину достигаемого экономического эффекта и сравнительной эффективности варианта техники, требуется произвести количественный анализ. Количественный анализ сравнительной экономичности вариантов состоит в расчете и сопоставлении частных и общих экономических показателей.

					ДП 44.03.04.182.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		55

## 2.1. Определение капитальных вложений

Размер капитальных вложений определяется по формуле

$$K = K_{об} + K_{прс} + K_{прг},$$

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

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

$K_{прг}$ - капитальные вложения в программное обеспечение, р;

## 2.2.Определение количества технологического оборудования

Так как количество оборудования было посчитано ранее, занесем данные в таблицу 18.

Таблица 18- Сводная таблица по оборудованию

Вариант технологического процесса	Станок	Мощность станка, кВт	Коэффициент загрузки оборудования	Потери номинального времени работы на ремонт, %	Номинальный фонд работы оборудования, ч
Базовый	16K20	11		1,2	3905
	ESD-15	0,4		0,9	3596
	6P12	7,5		1,7	3885
	2B440A	2,2		2,2	3865
Проектируемый	SP 280 SY	25	0,17	1,1	5863

Действительный годовой фонд времени работы единицы оборудования рассчитывается следующим образом:

$$F_{об} = F_{н} \left( 1 - \frac{k_p}{100} \right),$$

где  $F_{н}$ - номинальный фонд времени работы единицы оборудования, ч;

При трехсменной работе  $F_{н} = 5928$  ч.

$k_p$ - потери номинального времени работы единицы оборудования на ремонтные работы, %

$k_p$  определяем по приложению 2 [14]

### 2.3. Определение капитальных вложений в приспособления.

В проектируемом варианте предполагается покупка специальной шпиндельной разжимной оправки KFC 00 фирмы ROEMM.

Размер капитальных вложений в приспособления определяют по формуле:

$$K_{\text{прс}} = \sum q_p * H_{\text{прс}} * C_{\text{прс}} * k_{\text{осн}},$$

где  $q_p$ - расчетное количество оборудования, шт;

$H_{\text{прс}}$ - количество приспособлений на единицу оборудования, шт;

$C_{\text{прс}}$ - стоимость приспособления, р;

$k_{\text{осн}}$ - коэффициент занятости технологической оснастки при выполнении каждой операции обработки детали.

В нашем случае  $k_{\text{осн}} = 1$ ,  $q_p = 1$ ,  $H_{\text{прс}} = 1$ ,  $C_{\text{прс}} = 15000 + 15000 +$ .

Размер капитальных вложений в приспособления равен:

$$K_{\text{прс}} = 1 * 1 * 52659 * 1 = 52659 \text{ р.}$$

Цена программного обеспечения SINUTRAIN 35000 р.

Размер капитальных вложений:

$$K = 52659 + 35000 = 87659 \text{ р.}$$

### 2.4. Расчет технологической себестоимости детали

Технологическая себестоимость складывается из следующих элементов:

$$C = Z_{\text{м}} + Z_{\text{зп}} + Z_{\text{э}} + Z_{\text{об}} + Z_{\text{осн}} + Z_{\text{и}},$$

где  $Z_{\text{м}}$ - затраты на материалы (заготовки), р.;

$Z_{\text{зп}}$ - затраты на заработную плату, р.;

$Z_{\text{э}}$ - затраты на технологическую электроэнергию, р.;

					ДП 44.03.04.182.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		57

$Z_{об}$ - 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.

При проектировании технологического процесса был поменян метод получения заготовки: прокат поменян на штамповку. Затраты материалы рассчитываются следующим образом:

$$Z_{м} = Z_{з} + Z_{р},$$

где  $Z_{з}$ - затраты на основные материалы для заготовки, р.;

$Z_{р}$ - затраты на заработную плату основных рабочих, изготавливающих заготовку;

$$Z_{з} = (M_{з} * Q_{з} - M_{отх} * Q_{отх}) * k_{тр},$$

где  $M_{з}$ - масса заготовки, кг;

$Q_{з}$ - цена за 1 килограмм материала заготовки, р.;

$M_{отх}$ - масса отходов, р.;

$Q_{отх}$ - цена за 1 килограмм отходов, р.;

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

В базовом технологическом процессе:

$$Z_{з} = (0,38 * 65 - 0,3 * 5,8) * 1,04 = 23,88 \text{ р.}$$

В проектируемом технологическом процессе;

$$Z_{з} = (0,059 * 65 - 0,024 * 5,8) * 1,04 = 3,8 \text{ р.}$$

$$Z_{р} = k_{есн} * k_{пр} * k_{доп} * k_{п} * \sum (t^i * C_i),$$

где  $k_{есн}$ - коэффициент, учитывающий единый социальный налог ( $k = 1,26$ );

$k_{пр}$ - коэффициент, учитывающий премиальные выплаты;

$k_{доп}$ - коэффициент, учитывающий дополнительную заработную плату;

$k_{п}$ - районный коэффициент;

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

$C_i$ - часовая тарифная ставка рабочего, изготавливающего заготовку, ч;

					ДП 44.03.04.182.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		58

$Z_3 = 1,26 * 1,3 * 1,05 * 1,15 * 0,1 * 60 = 11,87$  р. – при базовом технологическом процессе.

$Z_3 = 1,26 * 1,3 * 1,05 * 1,15 * 0,05 * 60 = 5,9$  р. – при проектируемом технологическом процессе.

$Z_M = 23,88 + 11,87 = 35,6$  р.- при базовом технологическом процессе.

$Z_M = 3,8 + 5,9 = 9,7$ р.- при проектируемом технологическом процессе.

Затраты на заработную плату основных и вспомогательных рабочих, участвующих в технологическом процессе.

Затраты на заработную плату рассчитываются по формуле:

$$Z_{зп} = Z_{пр} + Z_{н} + Z_{эл} + Z_{к} + Z_{тр},$$

где  $Z_{пр}$ - основная и дополнительная заработная плата с отчислениями на социальное страхование производственных рабочих, р.;

$Z_{н}$ - основная и дополнительная заработная плата с отчислениями на социальное страхование наладчиков, р.

$Z_{эл}$ - основная и дополнительная заработная плата с отчислениями на социальное страхование электронщиков, р.;

$Z_{к}$ - основная и дополнительная заработная плата с отчислениями на социальное страхование контролеров, р.;

$Z_{тр}$ - основная и дополнительная заработная плата с отчислениями на социальное страхование транспортных рабочих, р.;

При сдельной оплате труда

$$Z_{пр} = C_T * t * k_{мн} * k_{доп} * k_{есн} * k_p,$$

где  $C_T$ - часовая тарифная ставка производственного рабочего на операции, р.;

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

$$Z_{пр} = 134 * 0,1 * 1 * 1,05 * 1,26 * 1,15 = 61,16 \text{ р.};$$

Численность станочников (операторов) вычислим по формуле:

$$Ч_{ст} = \frac{t * N_{год} * k_{мн}}{F_p * 60},$$

где  $F_p$  - действительный годовой фонд времени работы одного рабочего, ч;

$$Ч_{ст} = \frac{6,53 * 5000 * 1}{1720 * 60} = 0,3$$

принимаяем  $Ч_{ст} = 1$ .

Принимая численность рабочих, а также затраты на заработную плату производственных рабочих заносятся в табл. 19.

Таблица 19- Затраты на заработную плату станочников в базовом и проектируемом технологическом процессе

Вариант технологического процесса	Наименование операции	Часовая тарифная ставка, р.	Штучно-калькуляционное время, мин	Заработная плата, р.	Численность станочников, чел	Итого затрат, р.
Базовый	Токарная	121,2	1,8	5,53	1	60,91
	Вертикально-сверлильная	121,2	2,4	7,37	1	
	Фрезерная	121,2	12	36,8	1	
	Координатно-расточная	134	3,3	11,21	1	
Проектируемый	015-020 Комплексная	134	6,53	10,2	1	22,18

Основная и дополнительная заработная плата вспомогательных рабочих находится по формуле:

$$З_{всп} = \frac{С_{Т}^{всп} * F_p * Ч_{всп} * k_{доп} * k_{есн} * k_p}{N_{год}}$$

где  $Ч_{всп}$  - численность вспомогательных рабочих соответствующей специальности и разряда, чел.

Численность вспомогательных рабочих, а именно программистов, определяется следующим образом:

$$Ч_{всп} = \frac{q_p * n}{H},$$

где  $q_p$ - расчетное количество оборудования, шт;

$n$ - число смен работы оборудования;

$H$ - число станков.

$$Ч_{всп} = \frac{0,15 * 3}{1} = 0,45$$

принимаяем  $Ч_{всп} = 1$ .

Численность транспортных рабочих составляет 5% от числа станочников: 0,05.

Численность контролеров составляет 7% от числа станочников: 0,07.

Данные о численности вспомогательных рабочих и заработной платы, приходящейся на одну деталь по каждому из вариантов.

Таблица 20- Затраты на заработную плату вспомогательных рабочих

Технологический процесс	Специальность рабочего	Часовая тарифная ставка, р.	Численность, чел.	Затраты на изготовление одной детали, р.	Итого затрат, р.
Базовый	Наладчик	134	2	0,05	0,18
	Транспортный рабочий	121,2	1	0,04	
	Контролер	121,2	1	0,04	
Проектируемый	Программист	134	1	0,02	0,1
	Транспортный рабочий	121,2	1	0,04	
	Контролер	121,2	1	0,04	

Затраты на электроэнергию.

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

$$Z_{\text{э}} = \frac{N_y * k_N * k_{\text{вр}} * k_{\text{од}} * k_w * t}{\eta * k_{\text{вн}} * 60} * C_{\text{э}},$$

где  $N_y$ - установленная мощность главного электрошпинделя , кВт;

$k_N$ - средний коэффициент загрузки электродвигателя по мощности;

$k_{\text{вр}}$ - средний коэффициент загрузки электродвигателя по времени;

$k_w$ - коэффициент, учитывающий потери электроэнергии в сети предприятия;

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

$C_{\text{э}}$ - стоимость 1 кВт\*ч электроэнергии, р.

Результаты расчетов сведены в табл. 21.

Таблица 21. Затраты на электроэнергию

Технологический процесс	Модель станка	Установленная мощность, кВт	Штучно-калькуляционное время, мин	Затраты на электроэнергию, р
Базовый	16K20	11	1,8	0,17
	ESD-15	0,4	2,4	0,03
	6P12	7,5	12	0,3
	2B440A	2,2	3,3	0,2
	Итого:			0,72
Проектируемый	SP 280 SY	25	6,53	1,1
	Итого:			1,1

Затраты на содержание и эксплуатацию технологического оборудования.

Затраты на содержание и эксплуатацию технологического оборудования рассчитывается по формуле:

$$Z_{\text{об}} = C_{\text{рем}},$$

где  $C_{\text{рем}}$ - затраты на ремонт технологического оборудования, р.

Затраты на ремонт оборудования можно определить путем укрупненного расчета по примерным нормам затрат на ремонт от стоимости оборудования по приложению 3 [14].

Результаты расчетов затрат на содержание и эксплуатацию технологического оборудования заносятся в табл. 22.

Таблица 22 – Затраты на ремонт станков

Технологический процесс	Модель станка	Количество, шт.	Затраты на ремонт, р.
Базовый	16K20	1	6,5
	ESD-15	1	6,5
	6P12	1	6,5
	2B440A	1	6,5
Итого:			26
Проектируемый	SP 280 SY	1	7,6
Итого:			7,6

Затраты на эксплуатацию инструмента

Затраты на эксплуатацию инструмента вычисляются по формуле:

$$Z_{эи} = (C_{пл} * n + (C_{корп} + k_{компл} * C_{компл}) * Q^{-1}) * T_{маш} * (T_{ст} * b_{фи} * N)^{-1},$$

где  $Z_{эи}$  - затраты на эксплуатацию сборного инструмента, р.;

$C_{пл}$  - цена сменной многогранной пластины, р.;

$n$  - количество сменных многогранных пластин, установленных для одновременной работы в корпусе сборного инструмента, шт.;

$C_{корп}$  - цена корпуса сборного инструмента (державки токарного резца, корпуса сборной фрезы/сверла), р.;

$C_{компл}$  - цена набора комплектующих изделий (опорных пластин, клиновых прижимов, накладных стружколомов, винтов, штифтов, рычагов и т. п.), р.;

$k_{компл}$  - коэффициент, учитывающий количество наборов комплектующих изделий, используемых в 1 корпусе (державке) сборного инструмента в течение

времени его эксплуатации, шт. Коэффициент - эмпирическая, величина его зависит от условий использования инструмента и качества его изготовления, от режимов резания и общего уровня технической культуры предприятия. Максимальное значение  $k_{компл} = 5$  соответствует обдирочному точению кованных или литых заготовок с соответствующим качеством обрабатываемых поверхностей;

$Q$  - количество сменных поворотных пластин, используемых в 1 корпусе (державке) сборного инструмента в течение времени его эксплуатации, шт. Величина  $Q$  также определена опытным путем и зависит от условий обработки и формы сменной пластины. Значения показателя  $Q$  рекомендованные для условий получистовой токарной обработки представлены в таблице 19;

$N$  - количество вершин сменной многогранной пластины, шт. Для круглой пластины рекомендуется принимать  $N = 6$ );

$b_{фи}$  - коэффициент фактического использования, связанный со случайной убылью инструмента. Экспериментальные данные показывают диапазон изменения величины коэффициента от 0,87 при черновой обработке до 0,97 при чистовой обработке;

$T_{маш}$  - машинное время, мин;

$T_{ст}$  - период стойкости инструмента, мин.

Таблица 23 – Показатели  $Q$

Форма сменной многогранной пластины	Ромбическая C,D,V	Трехгранная T,W	Квадратная S	Круглая R
Значение показателя $Q$	500	350	250	200

В проектируемом технологическом процессе на токарную обработку выбран инструмент со сменными многогранными пластинами. На черновую обработку: пластина треугольной формы. На чистовую обработку: пластина ромбической формы.

Для проектируемого:

$$Z_{эи} = (600 * 1 + (4500 + 1 * 6000) * 350^{-1}) * 0,02) * (20 * 0,87 * 3)^{-1} = 0,3 \text{ р.}$$

$$Z_{эи} = (600 * 1 + (4500 + 1 * 6000) * 500^{-1}) * 0,02) * (24 * 0,87 * 4)^{-1} = 0,3 \\ = 0,44 \text{ р.}$$

$Z_{эи} = 0,74$  р.- для сборного.

Для монолитного:

$$Z_{эи} = \beta_{п} * Ц_{п},$$

где  $\beta_{п}$ - число переточек, шт

$Ц_{п}$ - цена одной переточки, р.

Фрезы:

$$Z_{эи} = 100 * 10 * 2 = 2000 \text{ р.}$$

Сверла:

$$Z_{эи} = 100 * 12 * 2 = 2400 \text{ р.}$$

В проектируемом технологическом процессе:  $Z_{эи} = 4474$  р.

В базовом технологическом процессе:

$$Z_{эи} = 25 * 100 * 10 = 25000 \text{ р.}$$

Количество инструментов- 10.

Результаты расчетов технологической себестоимости годового объема выпуска детали по базовому и проектному вариантам сведем в таблицу 20.

Таблица 24- Технологическая себестоимость обработки детали, р.

Статьи затрат	Сумма, руб. Базовый вариант	Сумма, руб. Проектируемый вариант
Затраты на материалы	35,6	9,7
Заработная плата с начислениями	61,09	22,28
Затраты на технологическую электроэнергию	0,72	1,1
Затраты на содержание и эксплуатацию оборудования	26	7,6
Затраты на эксплуатацию инструмента	25	44
Итого	148,41	84,68

## 2.5. Определение годовой экономии от изменения технологического процесса

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

$$\mathcal{E}_r = (C_б - C_{пр}) * N_r,$$

где  $C_б$ - себестоимость изготовления детали базового технологического процесса, р.;

$C_{пр}$ - себестоимость изготовления детали проектируемого технологического процесса, р.;

$N_r$ - партия деталей в год, шт.;

$$\mathcal{E}_r = (447,16 - 238,6) * 5000 = 1042800 \text{ р.}$$

Основные показатели экономической эффективности инвестиционных проектов в сопоставимом виде:

Чистый дисконтированный доход (ЧДД) – определяется как разность между суммой приведенных эффектов и приведенной к тому же моменту времени величиной капитальных вложений:

$$\text{ЧДД} = \sum \frac{D_t}{(1 + E)^t} - K,$$

где  $D_t$ - доход на  $t$ - шаге расчетного периода, р.;

$E$ - норма дисконта, р.;

$K$ - размер капиталовложений на данном периоде, р.

За первый год чистый дисконтированный доход равен:

$$\text{ЧДД} = \sum \frac{1042800}{(1 + 0,11)^1} - 87659 = 851800 \text{ р.}$$

Индекс доходности:

$$\text{ИД} = \frac{\text{ЧДД}}{K} = \frac{851800}{87659} = 9,7.$$

					ДП 44.03.04.182.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		66

Срок окупаемости инвестиций:

$O=87659*12/851800=1,23$  месяцев, т. е. вложенные инвестиции в проект окупятся примерно через месяц .

Структура технологического оборудования. Удельный вес каждой операции может быть определен следующим образом:

$$T_{уд} = \frac{T^i}{T} * 100\%,$$

где  $T^i$ - штучно-калькуляционное время на каждой операции, мин;

$T$ - суммарное время обработки детали, мин.

Для удобства анализа результаты могут быть представлены в таблице (табл. 21).

Таблица 25- Анализ оборудования

Технологический процесс	Оборудование	Удельный вес по штучно-калькуляционному времени, %
Базовый	16K20	9
	ESD-15	12
	6P12	62
	2B440A	17
Итого:		100
Проектируемый	SP 280 SY	100
Итого:		100

Доля прогрессивного оборудования. Доля прогрессивного оборудования может быть определена по его стоимости в общей стоимости используемого оборудования и по количеству. По количеству удельный вес прогрессивного оборудования определяется по формуле:

$$Q_{пр} = \frac{q_{пр}}{q_{\Sigma}} * 100\%,$$

где  $q_{пр}$ - количество единиц прогрессивного оборудования, шт;

$q_{\Sigma}$ - общее количество единиц оборудования, шт.

В базовом:  $Q_{\text{пр}} = 0\%$ ;

В проектируемом:  $Q_{\text{пр}} = \frac{2}{4} * 100 = 50\%$  прогрессивного оборудования.

2.6.Определение экономических показателей разрабатываемого мероприятия.

К таким показателям относятся:

1) Уровень механизации труда на программных операциях:

$$k_{\text{тех}} = \frac{T_0 + T_{\text{всп}}}{t} * 100\%,$$

где  $T_0$ - операционное время, мин;

$T_{\text{всп}}$ - вспомогательное время, мин;

$t$ - штучно-калькуляционное время, мин;

При базовом технологическом процессе:

$$k_{\text{тех}} = \frac{0,94+0,22*4}{19,5} * 100\% = 0,1.$$

При проектируемом:

$$k_{\text{тех}} = \frac{0,94+0,36}{6,53} * 100\% = 0,3.$$

Производительность труда

При базовом:

$$B_6 = \frac{4029*60}{19,5} = 12397 \text{ р.}$$

При проектируемом:

$$B_{\text{пр}} = \frac{4029*60}{6,53} = 37019 \text{ р.}$$

Рост производительности труда:

$$B_{\text{пр}} = \frac{37019-12397}{12397} * 100 = 60\%.$$

Основные показатели экономического роста представлены в табл. 26.

					ДП 44.03.04.182.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		68

Таблица 26- основные показатели экономического роста

Показатели	Единица измерения	Показатели по базовому варианту	Показатель по проектируемому варианту	Изменение показателя
Годовой выпуск продукции	шт.	5000	5000	-
Капитальное вложение	руб.	-	87659	
Трудоёмкость детали	н/час	0,33	0,16	-0,17
Технологическая себестоимость одной детали	руб.	148,41	84,68	-63,73
Годовой экономический эффект	руб.	-	1042800	-
Рост производительности труда		100%	160%	60
Срок окупаемости капитальных вложений	год	-	0,09	-

Вывод: проведя технико-экономические расчеты для проектируемого и базового технологического процесса механической обработки детали “Сектор зубчатый”, можно сделать вывод о том, что проектируемый технологический процесс является целесообразным, экономически выгодным по сравнению с базовым. В частности было определено, что не смотря на то, что в проектируемом технологическом процессе были задействованы капиталовложения в размере 87659 рублей, проект себя оправдывает, и полностью окупается за месяц, а также при выполнении полной партии деталей экономится порядка 1042800 рублей. Также нельзя не учитывать и показатель роста производительности труда: при проектируемом он равен 60-ти процентам.

### 3. МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

В дипломном проекте рассматриваются вопросы совершенствования технологического процесса изготовления детали “Сектор зубчатый”. В процессе изготовления детали есть комплексные операции, выполняемые на станке с числовым программным управлением, а именно: на обрабатывающем центре с ЧПУ SP 280 SY.

В базовом варианте, для изготовления детали “Сектор зубчатый” требовались рабочие не ниже 2 разряда: токарь, фрезеровщик, слесарь. В проектном варианте будет требоваться только оператор станков с ЧПУ 2-3 разряда.

В связи с внедрением в производство нового технологического процесса, появляется необходимость переподготовки рабочих по профессии «Оператор станков с программным управлением» Так как станки подобного типа применяются в технологическом процессе обработки деталей, разрабатываемом в настоящем проекте, то следует предусмотреть повышение квалификации рабочих, способных выполнять работы станках с программным управлением – рабочих по профессии «Оператор станков с программным управлением».

Переподготовка производится на базе центра станочного оборудования ООО «Unimatic» , который также занимается подготовкой, переподготовкой и повышением квалификации рабочих. На переподготовку отведено 68 часов.

					ДП 44.03.04.182.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		70

### 3.1. Анализ нормативной документации

#### 3.1.1. Анализ профессионального стандарта

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

Базовая цель деятельности рабочего по профессии «Оператор-наладчик обрабатывающих центров с ЧПУ» - наладка обрабатывающих центров с программным управлением, установка технологической последовательности обработки деталей, выявление неисправностей в работе оборудования, обработка деталей.

Профессиональный стандарт относится к группе профессий 7223 - Станочники на металлообрабатывающих станках, наладчики станков и оборудования, вид экономической деятельности – 92 - Производство машин и оборудования.

Оператор-наладчик обрабатывающих центров с числовым программным управлением, согласно профессиональному стандарту должен иметь:

-образование и обучение - Среднее профессиональное образование – программы подготовки квалифицированных рабочих (служащих)

-опыт практической работы - Не менее одного года работ второго квалификационного уровня по профессии «оператор-наладчик обрабатывающих центров с ЧПУ».

					ДП 44.03.04.182.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		71

В таблице 27 приведено описание трудовых функций оператора-наладчика обрабатывающих центров с ЧПУ в соответствии с профессиональным стандартом.

Таблица 27 - Описание трудовых функций оператора-наладчика обрабатывающих центров с ЧПУ в соответствии с профессиональным стандартом

Обобщенные трудовые функции			Трудовые функции	
Код	Наименование	Уровень квалификации	Наименование	Уровень (подуровень) квалификации
1	2	3	4	5
А	Наладка и подналадка обрабатывающих центров с программным управлением для обработки простых и средней сложности деталей; обработка простых и сложных деталей	2	Наладка на холостом ходу и в рабочем режиме обрабатывающих центров для обработки отверстий в деталях и поверхностях деталей по 8–14 квалитетам	3
			Настройка технологической последовательности обработки и режимов резания, подбор режущих и измерительных инструментов и приспособлений по технологической карте	3
			Установка деталей в универсальных и специальных приспособлениях и на столе станка с выверкой в двух плоскостях	3
			Отладка, изготовление пробных деталей и передача их в отдел технического контроля (ОТК)	3
			Подналадка основных механизмов обрабатывающих центров в процессе работы	3
			Обработка отверстий и поверхностей в деталях по 8–14 квалитетам	3
			Инструктирование рабочих, занятых на обслуживаемом оборудовании	3

### Окончание таблицы 28

1	2	3	4	5
В	Наладка на холостом ходу и в рабочем режиме обрабатывающих центров с программным управлением для обработки деталей, требующих перестановок и комбинированного их крепления; обработка деталей средней сложности	3	Наладка обрабатывающих центров для обработки отверстий в деталях и поверхностях деталей по 7–8 качественностям	3
			Программирование станков с числовым программным управлением (ЧПУ)	3
			Установка деталей в приспособлениях и на столе станка с выверкой их в различных плоскостях	3

Таблица 28 – Анализ обобщенной трудовой функции «Наладка на холостом ходу и в рабочем режиме обрабатывающих центров с программным управлением для обработки деталей, требующих перестановок и комбинированного их крепления; обработка деталей средней сложности»

Наименование	Наладка и подналадка обрабатывающих центров с программным управлением для обработки простых и средней сложности деталей; обработка простых и сложных деталей	Код	А	Уровень квалификации	3
1	2				
Возможные наименования должностей	Наладчик обрабатывающих центров (5-й разряд) Оператор обрабатывающих центров (5-й разряд) Оператор-наладчик обрабатывающих центров (5-й разряд) Оператор-наладчик обрабатывающих центров с ЧПУ 3-й квалификации Оператор обрабатывающих центров с ЧПУ 3-й квалификации Наладчик обрабатывающих центров с ЧПУ 3-й квалификации				
Требования к образованию и обучению	Среднее профессиональное образование – программы подготовки квалифицированных рабочих (служащих)				

## Окончание таблицы 28

1	2	
Требования к опыту практической работы	Не менее одного года работ второго квалификационного уровня по профессии «оператор-наладчик обрабатывающих центров с ЧПУ»	
Особые условия допуска к работе	Прохождение обязательных предварительных (при поступлении на работу) и периодических медицинских осмотров (обследований), а также внеочередных медицинских осмотров (обследований) в установленном законодательством Российской Федерации порядке	
	Прохождение работником инструктажа по охране труда на рабочем месте	
Дополнительные характеристики		
Наименование классификатора	код	Наименование базовой группы, должности (профессии) или специальности
ОКЗ	7223	Станочники на металлообрабатывающих станках, наладчики станков и оборудования
ЕТКС	§44	Наладчик станков и манипуляторов с программным управлением 5-й разряд
ОКНПО	010703	Наладчик станков и манипуляторов с программным управлением

Деталь, рассматриваемая в дипломном проекте, может быть отнесена к деталям высокой степени сложности, поэтому далее проанализируем первую обобщенную трудовую функцию – «Наладка на холостом ходу и в рабочем режиме обрабатывающих центров с программным управлением для обработки деталей, требующих перестановок и комбинированного их крепления; обработка деталей средней сложности». Анализ приведен в таблице 28.

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

- Наладка обрабатывающих центров для обработки отверстий в деталях и поверхностях деталей по 7–8 квалитетам
- Программирование станков с числовым программным управлением (ЧПУ)
- Установка деталей в приспособлениях и на столе станка с выверкой их в различных плоскостях

					ДП 44.03.04.182.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		74

- Обработка отверстий и поверхностей в деталях по 7–8 квалитетам

В дипломной работе рассматривается деталь высокой степени сложности, требующая высокого уровня сформированности умений программирования обработки, поэтому остановимся на первой трудовой функции – «Программирование станков с числовым программным управлением (ЧПУ)», которая должна быть сформирована на втором уровне (подуровне) квалификации. Анализ приведен в таблице 30.

Таблица 30 – Анализ трудовой функции – «Программирование станков с числовым программным управлением (ЧПУ)»

Наименование	Программирование станков с числовым программным управлением (ЧПУ)	Код	A/01.2	Уровень (подуровень) квалификации	3
Трудовые действия	Корректировка чертежа изготавливаемой детали				
	Выбор технологических операций и переходов обработки				
	Выбор инструмента				
	Расчет режимов резания				
	Определение координат опорных точек контура детали				
	Составление управляющей программы				
Необходимые умения	Программировать станок в режиме MDI (ручной ввод данных)				
	Изменять параметры стойки ЧПУ станка				
	Корректировать управляющую программу в соответствии с результатом обработки деталей				
Необходимые знания	Режимы работы стойки ЧПУ				
	Системы графического программирования				
	Коды и макрокоманды стоек ЧПУ в соответствии с международными стандартами				
	Правила и нормы охраны труда, производственной санитарии и пожарной безопасности				
Другие характеристики	Наличие II квалификационной группы по электробезопасности				

Рассмотренная трудовая функция стала основой для формирования тематического плана переподготовки операторов-наладчиков обрабатывающих центров с ЧПУ в учебном центре «Unimatic», который анализируется в следующем параграфе.

### 3.1.2. Анализ учебного плана и программы переподготовки по профессии оператор станков с программным управлением 3 разряда

Учебный план переподготовки по профессии оператор станков с программным управлением в рамках учебного центра предприятия рассчитан на СРОК ОБУЧЕНИЯ = 68 часов и включает учебные занятия теоретического и практического обучения, а также квалификационный экзамен. Базовые профессии – токарь, фрезеровщик, слесарь. Уровень квалификации оператора после переподготовки – 3 разряд. Учебный план приведен в таблице 31.

Таблица 31 – Учебный план переподготовки по профессии Оператор станков с ПУ второго разряда.

№	Название учебного предмета	Кол-во часов
1	Станки с программным управлением	8
2	Основы программирования процесса обработки деталей	22
3	Наладка станков с программным управлением	12
4	Производственное обучение	22
5	Квалификационный экзамен	6
	ИТОГО	68

Переподготовка производится на базе центра ДПО ООО «Unimatic»

Центр ДПО имеет право ведения образовательной деятельности по профессиональной подготовке рабочих 16 специальностей и дополнительное профессиональное образование (повышение квалификации) по 12 специальностям в соответствии с лицензией Министерства общего и профессионального образования А 300783 рег.№3481 от 19.01.10 г.

Для обеспечения качественного процесса обучения - Центр ДПО имеет учебно-материальную базу в составе:

					ДП 44.03.04.182.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		76

- учебные кабинеты, лаборатории, компьютерные классы, интерактивные учебные классы;

- высокотехнологичное современное оборудование в цехах предприятия (стойки с ЧПУ, учебные станки с ЧПУ) привлекаемое к учебному процессу в соответствии с порядком использования производственного и технологического оборудования предприятия в образовательном процессе;

- учебно-методический кабинет,
- техническую библиотеку, читальный зал;
- кабинеты для сотрудников Центра, помещение для преподавателей;
- медицинский пункт;
- столовую;
- бытовые и другие помещения.

Все помещения оборудованы в соответствии с действующими нормативами и санитарными правилами.

В рамках учебного плана предусмотрен учебный предмет «Основы программирования процесса обработки деталей». Рассмотрим рабочую программу этого предмета (таблица 32).

Таблица 32– Тематический план предмета «Основы программирования процесса обработки деталей»

Название темы	Общее кол-во часов	Теоретическое обучение	Практическое обучение
1	2	3	4
Введение	2	2	
Общие сведения о программах и программном коде	2	2	
Построение и принцип функционирования управляющих программ.	2	1	1
Типы систем ЧПУ. Схема построения систем ЧПУ	2	2	

### Окончание таблицы 32

1	2	3	4
Программирование токарной, сверлильной обработки на станках с ЧПУ	4	2	2
Программирование фрезерной обработки деталей на станках с ЧПУ	8	4	4
ИТОГО	20	13	8

Из программы была выбрана тема “ Программирование токарной обработки на станках с ЧПУ ”. На данную тему предусматривается 1 урок теоретического обучения ( 2 часа- 1 занятие) и 1 практического обучения. Проведем анализ темы “ Программирование токарной обработки на станках с ЧПУ ”.

Данная тема рассчитана на 2 урока. Тема направлена на изучение особенностей построения управляющих программ в системах ЧПУ. Поурочный план по данной теме приведен в таблице 34.

Основные вопросы, рассматриваемые в теме “ Программирование токарной обработки на станках с ЧПУ ”:

- 1) Цикл снятия припуска- Cycle 95. Основные параметры.  
Программирование контура детали.
- 2) Цикл канавки- Cycle 93, Cycle 94. Основные параметры.
- 3) Цикл резьбовой выточки- Cycle 96. Основные параметры.
- 4) Цикл нарезания резьбы- Cycle 97. Основные параметры.
- 5) Цикл центрования и сверления- Cycle 82 и Cycle 83. Основные параметры.

3.2. Разработка методики и методического обеспечения урока по теме:  
«Программирование фрезерной обработки на станках с ЧПУ»

Таблица 33 – Поурочный план обучения по теме «Программирование токарной обработки на станках с ЧПУ»

№ урока	Тема урока	Цели урока	Методы обучения	Тип урока	Материально-техническое оснащение
1	Программирование токарной обработки на станках с ЧПУ «SINUTRAIN»	дидактические: сформировать у учащихся знания: - циклов программирования токарной обработки деталей воспитательные: - воспитать бережное отношение к инструменту и оборудованию, развивающие: - развить целеустремленность и волю при выполнении запланированной работы.	рассказ, беседа, демонстрация презентации, самостоятельная работа по изучению презентации, самостоятельная работа по заполнению рабочей тетради	Комбинированный урок	Компьютерная презентация; Программатренажер; Система ЧПУ «SINUTRAIN»; Персональные компьютеры; Обеспечение для самостоятельной работы обучаемых.

В рамках дипломного проекта разработаем первый урок – урок теоретического обучения по теме «Программирование токарной обработки на станках с ЧПУ «SINUTRAIN»».

Таблица 34 – Модель деятельности преподавателя и обучаемых на уроке теоретического обучения по «Программирование токарной обработки на станках с ЧПУ «SINUTRAIN»»

Основные этапы урока	Деятельность преподавателя	Деятельность обучаемых	Кол-во времени
1	2	3	4
Организационная часть	Приветствует обучаемых. Проверяет присутствующих. Использует слайд №1 на котором сформулирована тема урока.	Переписывают в тетради с 1 слайда тему урока	5 минут

Окончание таблицы 34

1	2	3	4
Мотивация обучаемых	Рассказывает о значимости темы урока в общей подготовке операторов станков с ЧПУ	Слушают преподавателя	2 минуты
Актуализация опорных знаний	Задаёт вопросы, анализирует ответы. Добавляет информацию к их ответам. Использует слайд №2, просит дать определение понятию «Точение».	Отвечают на вопросы. Актуализируют опорные знания. Сравнивают свои ответы с определением на слайде №2.	5 минут
Изложение нового материала	Дает определение цикла в системе SINUTRAIN. Рассказывает об основных циклах точения: CYCLE 95, CYCLE 93, CYCLE 94. Поясняет применение каждого из них, расшифровка параметров каждого цикла, правильность заполнения параметров.	Переписывают в тетрадь со слайдов название и расшифровку циклов токарной обработки в системе SINUTRAIN. Записывают в тетради параметры и ход циклов .	43 минут
Закрепление нового материала.	Выдает задания для работы с тренажерами. Контролирует правильность работы. Использует презентацию, где сформулированы задания на закрепление нового материала	Выполняют задания, в которых предлагается заполнить параметры цикла на тренажерах. Выполняют задание по чертежу, строят контур, пишут программу для обработки детали используя циклы CYCLE 95, CYCLE 93, CYCLE 94.	25 минут
Заключительная часть	Задаёт вопросы для закрепления нового учебного материала, используя презентацию .	Каждый обучаемый устно отвечает на вопрос.	10 минут

### 3.2.1. План- конспект теоретического урока на тему “Программирование токарной обработки на станках с ЧПУ “SINUTRAIN””

#### 1.Организационная часть

Здравствуйте, уважаемые обучаемые. Давайте проверим посещаемость нашего занятия. Прошу настроиться на плодотворное изучение материала. Тема сегодняшнего занятия “Программирование токарной обработки на станках с ЧПУ “SINUTRAIN””. Данная тема рассчитана на 2 урока теоритического обучения а также на 2 практических занятия. Сегодня, на занятии, мы с вами рассмотрим:

Цикл снятия припуска- Cycle 95. Основные параметры. Программирование контура детали.

Цикл канавки- Cycle 93, Cycle 94. Основные параметры. Назначение.

#### 2.Мотивация студентов

Оператор станков с ЧПУ сегодня должен точен хорошо работать и в области разработки управляющих программ. Для системы ЧПУ “SINUTRAIN” разработан ряд стандартных циклов, облегчающих процесс разработки управляющих программ, которые позволяет не только обучаться обработке, но и производить программирование всех видов обработки деталей. Сегодня мы остановимся на программировании токарной обработки с использованием стандартных циклов.

#### 3.Актуализация знаний

На предыдущих занятиях мы рассмотрели общие сведения о программах и программном управлении. Сегодня мы переходим к изучению особенностей программирования токарной обработки, но прежде вспомним основные моменты из пройденного материала. Вопросы для актуализации опорных знаний Приложении В. Дайте определение понятию “Точение”.

#### 4.План-конспект учебного материала

					ДП 44.03.04.182.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		81

Циклы – это технологические подпрограммы, с помощью которых можно реализовывать определенные процессы обработки, например, нарезание резьбы. Согласование циклов с постановкой конкретной проблемы происходит при помощи параметров обеспечения.

#### 4.1. Цикл снятия припуска – CYCLE 95

Назначение. С помощью цикла CYCLE 95 обрабатывают наружный и внутренний контур, запрограммированный в подпрограмме, токарными проходным или расточным резцами. Данным циклом программируется черновое и/или чистовое точение (расточивание).

Программирование. В управляющей программе CYCLE 95 записывается отдельным кадром: CYCLE 95 (NPP, MID, FALZ, FALX, FAL, FF1, FF2, FF3, VARI, DT, DAM, VRT). Создание CYCLE 95. Для создания CYCLE 95 необходимо выполнить следующие действия:

- установить курсор в чистой строке блока управляющей программы;
- нажать в горизонтальном ряду кнопку «Turning» («H5»);
- нажать в вертикальном ряду кнопку «Stock removal» («V3»).

В результате проделанных действий откроется рабочее окно CYCLE 95 с набором параметров (рис. 35).

Описание параметров CYCLE 95.

NPP – в этом параметре задается подпрограмма контура, для которого создается цикл.

Operation – в этом параметре выбирается вид обработки: черновая, чистовая, комбинированная.

Selection (1) – в этом параметре выбирается направление обработки: вдоль оси X (Face) или вдоль оси Z (Long).

Selection (2) – в этом параметре выбирается обрабатываемая поверхность: наружная (Outside) или внутренняя (Inside).

					ДП 44.03.04.182.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		82

Selection (3) – в этом параметре определяется, необходима ли подтяжка инструмента в конце рабочего хода.

MID – этим параметром определяется максимально возможная глубина резания при черновой обработке. Цикл самостоятельно рассчитывает действительную величину глубины резания в данный момент, лежащую в пределах между запрограммированной глубиной резания и половиной от ее значения.

FALZ, FALX, FAL – припуск на чистовое точение. Значения присваиваются соответственно по осям Z, X и параллельно контуру (для наклонных поверхностей). Черновая обработка проводится до указанного чистового припуска. Нецелесообразно программировать все три параметра в этом случае значения будут складываться. Программируются либо значения для FALZ, FALX и 0 для FAL, либо наоборот. Если припуск на чистовую обработку не запрограммирован, то черновая обработка будет выполняться до окончательного контура.

FF1, FF2, FF3 – в этих параметрах задают значение подач. FF1 – подача на черновую обработку; FF2 – подача на врезание; FF3 – подача на чистовую обработку.

DT и DAM – время выдержки и длина пути обработки соответственно. В параметре DAM задается значение длины пути, через которое необходимо останавливать инструмент на величину DT (в секундах) с целью облома стружки при черновой обработке.

VRT – путь отвода. В этом параметре программируется расстояние, на которое будет происходить отвод инструмента по обеим осям при черновой обработке.

Программирование контура детали для CYCLE 95

Контур создается как отдельная подпрограмма в той же папке, что и главная программа, содержащая CYCLE 95. Файл подпрограммы с контуром

										Лист
										83
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						

должен иметь расширение .SPF и название аналогичное тому, которое записано в CYCLE 95 в параметре NPP. Например, если в CYCLE 95 в параметре NPP записано «CONTUR», то файл подпрограммы будет иметь название CONTUR.SPF.

Для создания контура необходимо сделать следующее:

- создать файл с расширением .SPF в папке с той деталью, для которой пишется программа (после создания файл автоматически откроется);
- нажать в горизонтальном ряду кнопку «Contour» («H2»);
- нажать в вертикальном ряду кнопку «Generate contour» («V2»).

В результате проделанных действий откроется рабочее окно Editor Contour entry, в котором необходимо задать стартовую точку контура. В зависимости от вида обработки необходимо выполнить следующее:

- выбрать рабочую плоскость (по умолчанию стоит G18 – плоскость для токарной обработки);
- определить по чертежу детали, в каких параметрах даны диаметральные размеры (по умолчанию стоит в диаметрах – DIAMON); если в радиусах, то включить DIAMOFF;
- определить координаты начала контура относительно нуля детали (по умолчанию – координаты стартовой точки X0 Z0);
- определить вариант подвода инструмента к заготовке (по умолчанию – подвод к стартовой точке на быстром ходу, G0).

После установки параметров для стартовой точки в вертикальном ряду нажать кнопку «Accept element» («V8»), после чего откроется окно для создания контура, где параметры стартовой точки зафиксируются, и в вертикальном ряду будут предложены виды линий (вертикальная, горизонтальная, диагональ и дуга) для прорисовки контура детали.

При нажатии кнопки с изображением вертикальной линии («V2») откроется окно (рис. 38), где необходимо указать координату X в

диаметральных размерах или в радиусах, в зависимости от параметров стартовой точки. При необходимости указать размер фаски или радиус.

При нажатии кнопки с изображением горизонтальной линии («V3») откроется окно, где необходимо указать координату Z (с учетом знака). При нажатии кнопки с изображением диагональной линии («V4») откроется окно, где необходимо указать или координаты X и Z, или одну из координат и угол  $\alpha_1$ .

При нажатии кнопки с изображением дуги («V5») откроется окно, где необходимо указать параметры дуги: радиус R, координаты конечной точки X и Z или параметры дуги I и K.

Введенные параметры каждой линии необходимо подтверждать нажатием в вертикальном ряду кнопки «Accept element» («V8»). После создания всего контура следует нажать в вертикальном ряду кнопку «Accept contour» («V8»), после чего рабочее окно создания контура закроется, и система преобразует графическую информацию в код ISO 7bit.

Цикл точения канавки – CYCLE 93. Назначение.

Циклом CYCLE 93 программируется обработка прямоугольных, трапециевидных и радиусных канавок канавочными резцами. Цикл используется после черновой или чистовой обработки поверхности.

Программирование. В управляющей программе CYCLE 93 записывается отдельным кадром: CYCLE 93 (SPD, SPL, WIDG, DIAG, STA1, ANG1, RCO1, RCO2, RC11, RC12, FAL1, FAL2, IDEP, DTB, VARI).

Создание CYCLE 93. Для создания цикла CYCLE 93 необходимо выполнить следующие действия:

- установить курсор в чистой строке блока управляющей программы;
- нажать в горизонтальном ряду кнопку «Turning» («H5»);
- нажать в вертикальном ряду кнопку «Groove» («V5»).

В результате проделанных действий откроется рабочее окно CYCLE 93 с набором параметров.

#### Описание параметров CYCLE 93

Selection (1) – в этом параметре выбирается местоположение канавки: на радиальной или торцевой поверхности.

Selection (2) – в этом параметре определяется поверхность для обработки канавки: наружная (Outside) или внутренняя (Inside)).

Start. point – в этом параметре определяется сторона канавки: правая (right) или левая (left), относительно которой будут заданы координаты стартовой точки.

SPD – начальная точка по оси X. Диаметр поверхности, на которой находится канавка (задается без знака).

SPL – начальная точка по оси Z. Расстояние до выбранной стороны канавки.

WIDG – ширина канавки на дне (задается без знака). Она должна быть больше или равна ширине режущей кромки резца. Если ширина канавки на дне превышает размер режущей кромки инструмента, то канавка обрабатывается за несколько шагов с равномерным перекрытием.

DIAG – глубина выточки относительно стартовой точки.

STA1 – угол между контуром поверхности, на которой находится канавка, и осью вращения (ось Z). Диапазон: 0° STA1 180°.

ANG1, ANG2 – угол профиля на боковых сторонах канавки. Диапазон: 0° ANG 89,999°.

RO1/CO1, RO2/CO2 – радиус/фаска на наружных углах канавки. Если радиус – знак положительный; если фаска – отрицательный.

RI1/CI1, RI2/CI2 – радиус/фаска на внутренних углах канавки. Если радиус – знак положительный; если фаска – отрицательный.

FAL1 – припуск на чистовую обработку на дне канавки.

					ДП 44.03.04.182.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		86

FAL2 – припуск на чистовую обработку на профиле канавки.

IDEP – глубина врезания. После каждого врезания производится отвод инструмента назад на 1 мм для облома стружки. Величина врезания программируется в любом случае.

DTB – выдержка времени на дне канавки (в секундах). Инструмент поднимается из выточки после запрограммированной остановки. Выдержка времени на дне канавки выбирается так, чтобы произошел минимум один оборот шпинделя.

Selection (3) – способ расчета фаски.

VRT – переменное расстояние отвода от контура.

Цикл точения канавки – CYCLE 94

Назначение. CYCLE 94 применяется для программирования канавок, используемых для выхода металлорежущего инструмента, например, при шлифовании. Данный цикл выполняет обработку выточки для диаметров обработанных деталей более 3 мм. Для обработки используются инструменты только с позицией резца 1, 2, 3, 4.

Программирование. В управляющей программе CYCLE 94 записывается отдельным кадром: CYCLE 94 (SPD, SPL, FORM).

Создание CYCLE 94. Для создания цикла CYCLE 94 необходимо сделать следующее:

- установить курсор в чистой строке блока управляющей программы;
- нажать в горизонтальном ряду кнопку «Turning» («H5»);
- нажать в вертикальном ряду кнопку «Undercut» («V6»);
- нажать в вертикальном ряду кнопку «Form» E, F («V3»).

В результате произведенных действий откроется рабочее окно CYCLE 94 с набором параметров.

Описание параметров CYCLE 94

										Лист
										87
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						

SPD – начальная точка по оси X (без знака). Данный параметр определяет диаметр выточки на обработанной детали.

SPL – начальная точка по оси Z. Этот параметр определяет чистовой размер (плечо) по оси Z.

FORM – в данном параметре определяется форма выточки. Форма E устанавливается, если в дальнейшем обрабатывается только цилиндрическая поверхность, форма F – если далее обрабатываются две поверхности: цилиндрическая совместно с торцовой.

VARI – определение позиции выточки

### 5.Закрепление нового материала

Итак, сегодня на занятии мы рассмотрели основные циклы программирования токарной обработки на станках с ЧПУ SINUTRAIN. Я вам предлагаю занять места за тренажерными стойками с ЧПУ, чтобы выполнить самостоятельно задание на закрепление изученного материала. Сейчас я вам раздам задание с параметрами циклов. Вам необходимо заполнить графы цикла, в соответствии с заданием. Пожалуйста соблюдайте дисциплину, будьте внимательны при выполнении данной работы.

На рис. 11 представлено окно стойки с ЧПУ, а именно, окно с открытым CYLCE 95, где обучающиеся должны заполнить параметры цикла.



Рисунок 11- Окно стойки с ЧПУ SINUTRAIN

Далее преподаватель проверяет правильность заполнения граф цикла, отвечает на вопросы, корректирует обучающихся, формируя правильность полученных знаний.

#### 6.Заключительная часть

На сегодняшнем занятии мы рассмотрели циклы токарной обработки: CYCLE 95, CYCLE 93, CYCLE 94. В заключении, я предлагаю вам ответить на несколько вопросов:

Что такое цикл? Для чего он служит?

Назовите область применения каждого цикла? Для чего служит каждый цикл?

Какими параметрами обладает CYCLE 95?

Как создать контур?

Где необходимо применять контур, в каком цикле?

Назовите отличия CYCLE 93 от CYCLE 94.

Во время опроса преподаватель при неправильных ответах на вопросы помогает обучающимся, направляет их на правильные ответы. В заключении дает домашнее задание: повторение пройденного материала.

					ДП 44.03.04.182.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		89

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В настоящее время подавляющее число оборудования на машиностроительных предприятиях является устаревшим, а значит и технологии механической обработки деталей являются устаревшими, не рациональными, требуют больших денежных затрат. На данный момент предприятия стараются переходить на современное оборудование а именно: универсальные станки заменяют на обрабатывающие центры с ЧПУ.

Задачи, которые были поставлены при выполнении выпускной квалификационной работы, были выполнены:

- Проанализирован базовый технологический процесс, выявлены его недостатки;

- При проектировании совершенно нового технологического процесса механической обработки детали “Сектор зубчатый”, удалось добиться:

- 1) Сокращения времени обработки детали.
- 2) Сокращения количества операций механической обработки: было- 37, стало- 4.
- 3) Экономии средств предприятия на обработку детали “Сектор зубчатый” за счет изменения способа получения исходной заготовки, применении современного обрабатывающего центра с ЧПУ SP 280 SY, за счет прогрессивного, современного, стойкого инструмента а также новой технологической оснастки.

- Разработана методика на переобучения станочников универсальных станков на обрабатывающие центры с ЧПУ SINUTRAIN.

Задачи, которые были выполнены в выпускной квалификационной работе, позволили добиться главной цели: усовершенствовать технологический процесс механической обработки детали “Сектор зубчатый”

					ДП 44.03.04.182.ПЗ	Лист
						90
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Анализ заводского технологического процесса механической обработки детали: Метод. Рекомендации к выполнению практ. работы по технологии машиностроения/ Т. А. Козлова. Екатеринбург: изд-во Урал. гос. проф.-пед. ун-та, 1999. 33 с.

2. Ануриев В. И. Справочник конструктора-машиностроителя: В 3 т. Т.1. 6-е изд., перераб. И доп. М.: Машиностроение, 1982, 737 с.

3. Ансеров М.А. Приспособления для металлорежущих станков. М.: Машиностроение, 1966. 256 с.

4. Горбачевич А. Ф., Шкред В. А. Курсовое проектирование по технологии машиностроения: Учеб. пособие для машиностроит. спец. Вузов. Минск.: Высш. шк., 1979. 184 с.

5. Добрыднев И. С. Курсовое проектирование по предмету “Технология машиностроения”. М.: Машиностроение, 1985. 184 с.

6. Допуски и посадки: Справ.: В 2 ч./ В. Д. Мягков, М. А. Палей, А. Б. Романов, В. А. Брагильский. Л: Машиностроение. Ленингр. отд-ние, 1983. Ч. 1. 543 с.; Ч 2 448 с.

7.Егоров М.Е., Дементьев В.И., Дмитриев В. Л. Технология машиностроения: Учеб. для вузов. Изд. 2-е, доп. М.: Высш. шк., 1976. 534 с.

8. Задания и методические указания к контрольной работе № 2 по технологии машиностроения/ Сост. В. М. Батягин и др.; Свердлов. инж.-пед. ин-т. Свердловск, 1988. 63 с.

9.Козлова Т. А. Курсовое проектирование по технологии машиностроения: Учеб. пособие. – Екатеринбург: Изд-во Урал. Гос. проф.-пед. ун-та, 2001. – 169 с.

10.Нормирование механической обработки: учебное пособие/ Т. А. Козлова, Т. В. Шестакова. Екатеринбург: Изд-во Рос. гос. проф.-пед. ун-та, 2013.137 с.

										Лист
										91
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	ДП 44.03.04.182.ПЗ					

11. Расчеты экономической эффективности новой техники: Справ./ Под ред. К. М. Великанова. Л.: Машиностроение, 1975. 430 с.

12. Справочник технолога-машиностроителя: В 2 т. Т.1/ Под ред. А. Г. Косиловой и Р. К. Мещерякова, 4-е изд., перераб. и доп. М.: Машиностроение, 1985. 656 с.

13. Справочник технолога-машиностроителя: В 2 т. Т.2/ Под ред. А. Г. Косиловой и Р. К. Мещерякова, 4-е изд., перераб. и доп. М.: Машиностроение, 1985. 496 с.

14. Технология машиностроения: Спец. часть: Учеб. для машиностроит. спец. вузов. \ А.А. Гусев, Е.Р. Ковальчук, И.М. Колесов и др. М.: Машиностроение, 1986. 480 с.

15. Техничко-экономические расчеты в выпускных квалификационных работах (дипломных проектах): Учеб. пособие/ Авт.-сост. Е.И. Чучкалова, Т.А. Козлова, В.П. Суриков. Екатеринбург: Изд-во ГОУ ВПО «Рос. гос. проф.-пед. ун-т», 2006. 66 с.

16. Технология машиностроения (специальная часть) [Текст]: Учеб. для вузов. / А.А.Гусев, Е.Р. Ковальчук и др. – М.: Машиностроение, 1976. – 480 с.

17. Технология машиностроения [Текст]. Учеб для вузов [Гриф МО РФ] / Л.В.Лебедев и др.- М.: Изд. Центр «Академия», 2006. - 527 с.

20. Технология машиностроения [Текст]: В 2 кн. Кн.1. Основы технологии машиностроения: учеб. пособ. для вузов/ Э.Л. Жуков, И.И. Козарь, С.Л. Мурашкин и др.; Под ред. С.Л. Мурашкина. – 2-ое изд., доп. – М.: Высш. шк., 2008. – 278 с.

21. Технология машиностроения [Текст]: В 2 кн. Кн.2. Производство деталей машин.: учеб. пособ. для вузов/ Э.Л. Жуков, И.И. Козарь, С.Л. Мурашкин и др.; Под ред. С.Л. Мурашкина. – 2-ое изд., доп. – М.: Высш. шк., 2008. – 296 с.

					ДП 44.03.04.182.ПЗ	Лист
						92
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

22. Технология машиностроения. Лабораторный практикум [Электронный ресурс]: учебное пособие для вузов [Гриф УМО] / [А. В. Коломейченко и др.]. - Электрон. текстовые дан. - Санкт-Петербург; Москва; Краснодар: Лань, 2015. - 266 с. (Учебники для вузов. Специальная литература): - (Режим доступа: <http://e.lanbook.com/view/book/67470>)

23. Эрганова, Н. Е. Практикум по методике профессионального обучения [Текст]: учеб. пособие для вузов / Н. Е. Эрганова, М. Г. Шалунова, Л. В. Колясникова. - 2-е изд., пересмотр. и доп. - Екатеринбург: Издательство РГППУ, 2011. - 88 с.

					ДП 44.03.04.182.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		93

ПРИЛОЖЕНИЕ Б.

**Перечень листов графических документов.**

В дипломный проекте графическая часть представлена на 8 листах формата А1.

№ листа	Название графического документа
01	Сектор зубчатый Заготовка
02	Сектор зубчатый Деталь
03	Иллюстрации технологического процесса
04	Иллюстрации технологического процесса
05	Иллюстрации технологического процесса
06	Иллюстрации технологического процесса
07	Иллюстрации технологического процесса
08	Иллюстрации технологического процесса
09	Иллюстрации технологического процесса



Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

Точение- обработка поверхностей тел вращения резанием. Характеризуется вращательным движением заготовки (главное движение) и поступательным движением инструмента - резца (подача).

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ДП 44.03.04.182.ПЗ

Лист

96

					ДП 44.03.04.182.ПЗ	Лист
						97
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

## ПЛАН ЗАНЯТИЯ:

- Цикл снятия припуска- Сусле 95. Основные параметры. Программирование контура детали.
- Цикл канавки- Сусле 93, Сусле 94. Основные параметры.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ДП 44.03.04.182.ПЗ

Лист

98

# CYCLE 95

- С помощью цикла CYCLE 95 обрабатывают наружный и внутренний контур, запрограммированный в подпрограмме, токарными проходным или расточным резцами. Данным циклом программируется черновое и/или чистовое точение (расточивание).

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

## Создание CYCLE 95

- Для создания CYCLE 95 необходимо выполнить следующие действия:
- установить курсор в чистой строке блока управляющей программы;
- нажать в горизонтальном ряду кнопку «Turning» («Н5»);
- нажать в вертикальном ряду кнопку «Stock removal» («У3»).

В результате проделанных действий откроется рабочее окно CYCLE 95 с набором параметров (рис. 35)

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ДП 44.03.04.182.ПЗ

Лист

100

# Параметры CYCLE 95

NPR		MID		DAM	
Operation	Complete	Operation	Complete	Operation	Complete
Selection	Inside	Selection	Inside	Selection	Inside
Selection	Outside	Selection	Outside	Selection	Outside
Selection	with rounding	Selection	with rounding	Selection	with rounding
Infeed depth	MID	Infeed depth	MID	Infeed depth	MID
Fin. allow.	FALZ	Fin. allow.	FALZ	Fin. allow.	FALZ
Fin. allow.	FALX	Fin. allow.	FALX	Fin. allow.	FALX
Fin. allow.	FAL	Fin. allow.	FAL	Fin. allow.	FAL
Feed roughing	FF1	Feed roughing	FF1	Feed roughing	FF1
Feed plunging	FF2	Feed plunging	FF2	Feed plunging	FF2
Feed finish	FF3	Feed finish	FF3	Feed finish	FF3
Dwell time	DT	Dwell time	DT	Dwell time	DT
Path length	DAM	Path length	DAM	Path length	DAM
Retract path	VRT	Retract path	VRT	Retract path	VRT

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

ДП 44.03.04.182.ПЗ

Лист

101

## Описание параметров CYCLE 95

- NPP – в этом параметре задается подпрограмма контура, для которого создается цикл.
- Operation – в этом параметре выбирается вид обработки: черновая, чистовая, комбинированная.
- Selection (1) – в этом параметре выбирается направление обработки: вдоль оси X (Face) или вдоль оси Z (Long).
- Selection (2) – в этом параметре выбирается обрабатываемая поверхность: наружная (Outside) или внутренняя (Inside).
- Selection (3) – в этом параметре определяется, необходима ли подтяжка инструмента в конце рабочего хода.
- MID – этим параметром определяется максимально возможная глубина резания при черновой обработке.
- FALZ, FALX, FAL – припуск на чистовое точение.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ДП 44.03.04.182.ПЗ

Лист

102



- FF1, FF2, FF3 – в этих параметрах задают значение подачи. FF1 – подача на черновую обработку; FF2 – подача на врезание; FF3 – подача на чистовую обработку.
- DT и DAM – время выдержки и длина пути обработки соответственно.
- VRT – путь отвода.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ДП 44.03.04.182.ПЗ

					ДП 44.03.04.182.ПЗ	Лист
						104
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

## Создание контура детали для CYCLE 95

- Для создания контура необходимо сделать следующее:
  - создать файл с расширением .SPF в папке с той деталью, для которой пишется программа (после создания файла автоматически откроется);
  - нажать в горизонтальном ряду кнопку «Contour» («H2»);
  - нажать в вертикальном ряду кнопку «Generate contour» («V2»).

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ДП 44.03.04.182.ПЗ

Лист

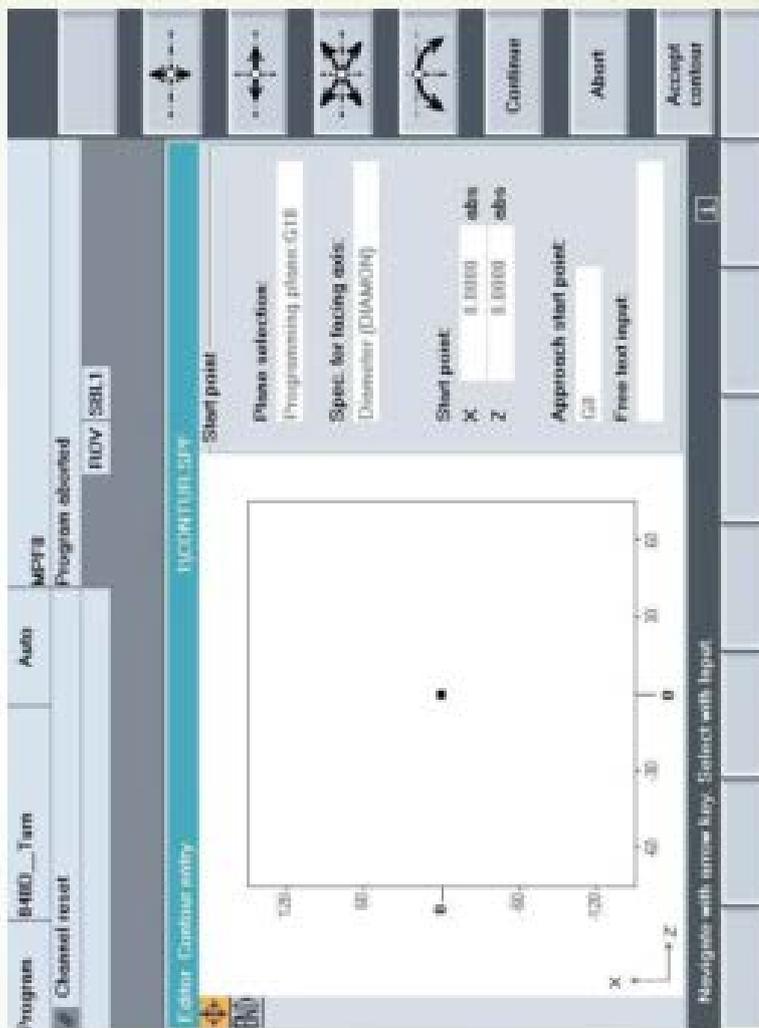
105



- В результате проделанных действий откроется рабочее окно Editor Contour edit, в котором необходимо задать стартовую точку контура. В зависимости от вида обработки необходимо выполнить следующее:
  - выбрать рабочую плоскость (по умолчанию стоит G18 – плоскость для токарной обработки);
  - определить по чертежу детали, в каких параметрах даны диаметральные размеры (по умолчанию стоит в диаметрах – DIAMON); если в ради- усах, то включить DIAMOFF; ● определить координаты начала контура относительно нуля детали (по умолчанию – координаты стартовой точки X0 Z0);
  - определить вариант подвода инструмента к заготовке (по умолчанию подвод к стартовой точке на быстром ходу, G0)

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

# ОКНО ВВОДА ВИДОВ ЛИНИЙ ДЛЯ СОЗДАНИЯ КОНТУРА ДЕТАЛИ



Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

					ДП 44.03.04.182.ПЗ	Лист
						108
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

## ЦИКЛ ТОЧЕНИЯ КАНАВКИ – CYCLE 93

- Циклом CYCLE 93 программируется обработка прямоугольных, трапециевидных и радиусных канавок канавочными резцами.
- Цикл используется после черновой или чистовой обработки поверхности.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ДП 44.03.04.182.ПЗ

Лист

109

## Для создания цикла CYCLE 93 необходимо выполнить следующие действия:

- установить курсор в чистой строке блока управляющей программы;
- нажать в горизонтальном ряду кнопку «Turning» («H5»);
- нажать в вертикальном ряду кнопку «Groove» («V5»);
- В результате проделанных действий откроется рабочее окно CYCLE 93с набором параметров

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ДП 44.03.04.182.ПЗ

Лист

110

# Параметры CYCLE 93

Selection	Outside
Selection	right
Start point	
Start point	
Start point	
Width	
Groove depth	
Angle	0.000
Flank angle 1	0.000
Flank angle 2	0.000
Transit	2.000
Fin. allow.	1.000
Fin. allow.	1.000
Infeed depth	
Dwell time	0.000
Selection	CHF
Retract	0.000

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

- *Selection (1)* – в этом параметре выбирается местоположение канавки: на радиальной или торцевой поверхности.
- *Selection (2)* – в этом параметре определяется поверхность для обработки канавки: наружная (*Outside*) или внутренняя (*Inside*).
- *Start. point* – в этом параметре определяется сторона канавки: правая (*right*) или левая (*left*), относительно которой будут заданы координаты стартовой точки.
- *SPD* – начальная точка по оси *X*. Диаметр поверхности, на которой находится канавка (задается без знака).
- *SPL* – начальная точка по оси *Z*. Расстояние до выбранной стороны канавки.
- *WIDG* – ширина канавки на дне (задается без знака).
- *DIAG* – глубина выточки относительно стартовой точки.
- *STA1* – угол между контуром поверхности, на которой находится канавка, и осью вращения (ось *Z*). Диапазон: 0° *STA1* 180°.
- *ANG1, ANG2* – угол профиля на боковых сторонах канавки. Диапазон: 0° *ANG* 89.999°.



Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

- RO1/CO1, RO2/CO2 – радиус/фаска на наружных углах канавки. Если радиус – знак положительный; если фаска – отрицательный.
- RI1/CI1, RI2/CI2 – радиус/фаска на внутренних углах канавки. Если радиус – знак положительный; если фаска – отрицательный.
- FAL1 – припуск на чистовую обработку на дне канавки.
- FAL2 – припуск на чистовую обработку на профиле канавки.
- IDEP – глубина врезания.
- DTB – выдержка времени на дне канавки (в секундах).
- Selection (3) – способ расчета фаски.
- VRT – переменное расстояние отвода от контура.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

## ЦИКЛ ТОЧЕНИЯ КАНАВКИ – CYCLE 94

- CYCLE 94 применяется для программирования канавок, используемых для выхода металоорежущего инструмента, например, при шлифовании. Данный цикл выполняет обработку выточки для диаметров обработанных деталей более 3 мм. Для обработки используются инструменты только с позицией резца 1, 2, 3, 4.

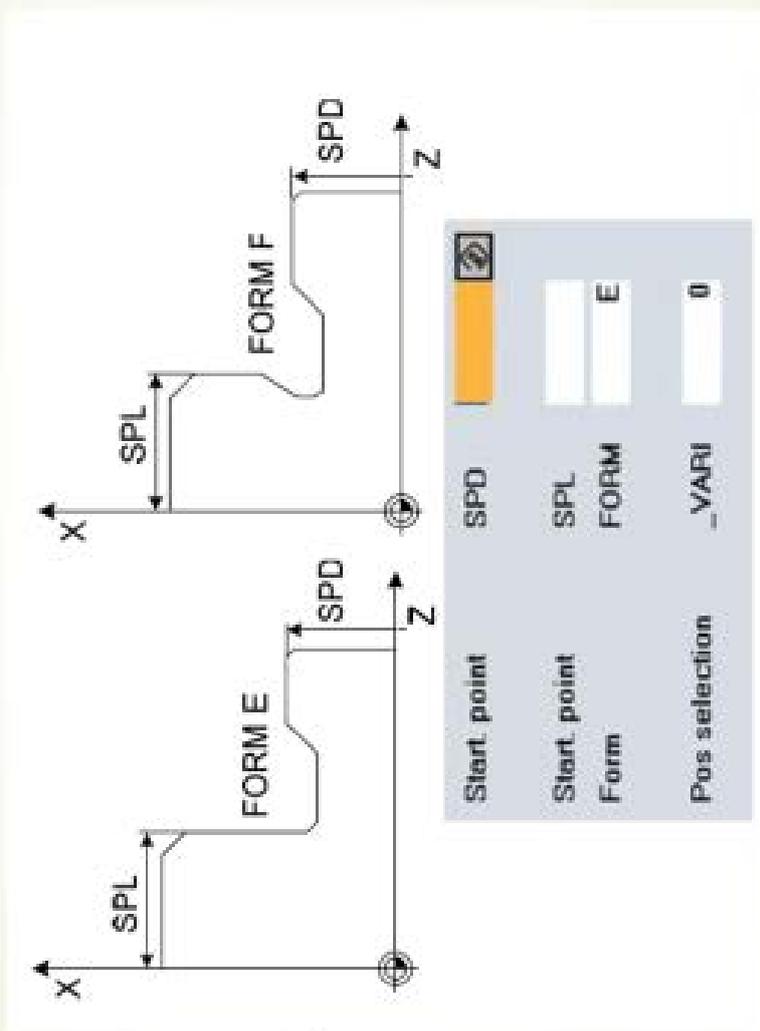
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ДП 44.03.04.182.ПЗ

Лист

114

# Параметры СУСЛЕ 94



Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ДП 44.03.04.182.ПЗ

Лист

115

					ДП 44.03.04.182.ПЗ	Лист
						116
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		



■ SPD – начальная точка по оси X (без знака).

■ SPL – начальная точка по оси Z.

■ FORM – в данном параметре определяется форма выточки.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ДП 44.03.04.182.ПЗ

Лист

117

## Контрольные вопросы

- Что такое цикл? Для чего он служит?
- Назовите область применения каждого цикла? Для чего служит каждый цикл?
- Какими параметрами обладает CYCLE 95?
- Как создать контур?
- Где необходимо применять контур, в каком цикле?
- Назовите отличия CYCLE 93 от CYCLE 94.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ДП 44.03.04.182.ПЗ

Лист

118

					ДП 44.03.04.182.ПЗ	Лист
						119
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		