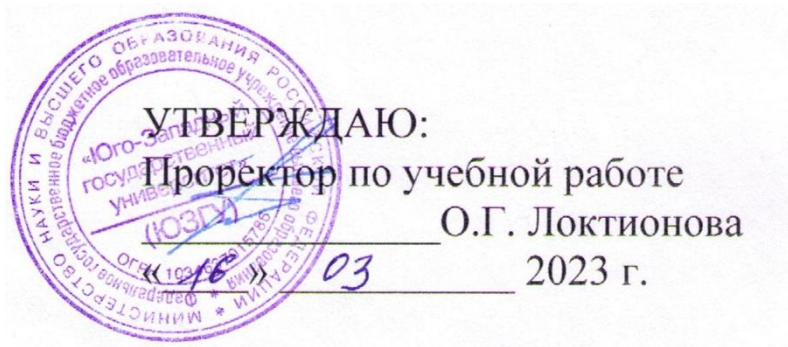


Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Локтионова Оксана Геннадьевна  
Должность: проректор по учебной работе  
Дата подписания: 01.10.2023 15:28:40  
Уникальный программный ключ:  
0b817ca911e6668abb13a5d426d39e5f1c11eabbf73e943df4a4851fda56d089

## МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение высшего образования  
«Юго-Западный государственный университет»  
(ЮЗГУ)

Кафедра машиностроительных технологий и оборудования



### ТЕХНОЛОГИЯ МАШИНОСТРОЕНИЯ, СПЕЦИАЛЬНАЯ ЧАСТЬ ПРАКТИЧЕСКИЕ РАБОТЫ

Методические указания по выполнению практических работ по дисциплине «Технология машиностроения, специальная часть» для студентов направления 15.04.01 «Машиностроение» очной и заочной форм обучения

Курск 2023

УДК 621.(076.1)

Составители: В.В. Пономарев. В.В. Сидорова

Рецензент

Кандидат технических наук, доцент *О.С. Зубкова*

**Технология машиностроения, специальная часть. Практические работы:** Методические указания по выполнению практических работ по дисциплине «Технология машиностроения, специальная часть» для студентов направления 15.04.01 «Машиностроение» очной и заочной форм обучения / Юго-Зап. гос. ун-т; сост.: В.В. Пономарев, В.В. Сидорова, Курск, 2023. 50 с.: ил. 4, табл. 8. Библиогр.: с. 53.

Содержат методический материал для выполнения практических работ по дисциплине «Технология машиностроения, специальная часть». Рассмотрены основные вопросы технологической подготовки производства.

Методические указания соответствуют требованиям образовательной программы, утвержденной учебно-методическим объединением в системе высшего образования по укрупненной группе специальностей и направлений подготовки «Машиностроение».

Предназначены для студентов направления подготовки 15.04.01 «Машиностроение» очной и заочной форм обучения

Подписано в печать . Формат 60x84 1/16.

Усл. печ. л. 2,91 Уч.-изд. л. 2,63 Тираж 100 экз. Заказ Бесплатно.

Юго-Западный государственный университет  
305040, г. Курск, ул. 50 лет Октября, 94.

## СОДЕРЖАНИЕ

1. ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 1. Группирование и кодирование деталей .....	4
2. ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 2. Разработка чертежа комплексной детали .....	10
3. ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 3. Разработка группового технологического процесса. ....	13
4. ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 4. Разработка групповой технологической наладки .....	19
5. ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 5. Подбор номенклатуры обрабатываемых деталей на станках с ЧПУ .....	23
6. ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 6. Расчет режимов резания при обработке деталей на станках с ЧПУ .....	34
7. ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 7. Нормирование работ на станках с ЧПУ. ....	42
8. ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №8. Управление технологическими процессами. ....	46
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК.....	50

## **1. ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 1. Группирование и кодирование деталей**

### **ЦЕЛЬ РАБОТЫ**

Закрепить знание классификации, группирования деталей, кодирования и формирование группы изделий.

### **ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ**

Введение гибких автоматизированных систем в промышленность требует проведения большого объема работ по технологической подготовке производства, которые включают в себя этапы классификации, группирования, разработки групповых и унифицированных технологических процессов, подбора и конструирования средств технологического оснащения.

Классификация и группирование позволяют перейти от разработки единичных технологических процессов к разработке процессов по группам деталей, что обеспечивает рациональное планирование производства и особенно гибкого автоматического производства, значительное сокращение сроков подготовки производства, автоматизацию проектирования операций обработки и сборки.

Научные основы проектирования групповых технологических процессов разработаны советскими учеными под руководством профессора С.П. Митрофанова.

Группой называется совокупность деталей, характеризующаяся при обработке общностью средств технологического оснащения (оборудования, оснастки, режущего, вспомогательного и контрольного инструментов); наладки технологических систем, всего технологического процесса или отдельных операций. При создании групп учитываются габариты деталей, общность геометрической формы и поверхностей, подлежащих обработке: их точность и шероховатость, однородность материалов деталей и метода получения заготовок, серийность, экономичность процесса.

Перед формированием конструкторско-технологических групп все множество деталей классифицируется и кодируется по конструктивно-

технологическим, планово-организационным и технико-экономическим признакам.

Под классификацией подразумевают разделение множества объектов по заданным признакам на подмножества, которые называют классификационными группировками. Используются два метода классификации: иерархический, при котором заданное множество последовательно делится на подчиненные множества, и фасетный, при котором заданное множество делится на независимые группировки по различным признакам классификации (ГОСТ 17369-78).

С классификацией тесно связан процесс кодирования, который заключается в присвоении кодового значения классификационной группировки. Процесс кодирования осуществляется с помощью классификаторов, которые представляют собой систематизированный свод наименований объектов классификации, признаков классификаций, классификационных группировок и их кодовых обозначений.

Полный конструкторско-технологический код детали имеет следующий вид:

xxxx. xxxxxx. xxxx.	xxxxxx. xxxxxxxxxxxx
Обозначение детали по ЕСКД	Технологический код детали

Обозначение детали по ЕСКД имеет следующую структуру:

<u>1</u>	<u>2</u>	<u>3</u>
XXXX.	<u>XX</u> <u>X</u> <u>X</u> <u>X</u> <u>X</u>	XXXX.
	2.1 2.2 2.3 2.4 2.5	

1 – Код организации разработчика - организации, которая ведет конструкторские разработки, присваивается четырехзначный буквенный код.

2 - Код классификационной характеристики:

- 2.1 - Класс;
- 2.2 - Подкласс;
- 2.3 - Группа;
- 2.4 - Подгруппа;
- 2.5 - Вид.

3 - Порядковый регистрационный номер.

Код классификационной характеристики присваивается по конструкторскому классификатору ЕСКД. Классификатор ЕСКД состоит из

99 классов, так, например, класс 71 объединяет детали – тела вращения (типа колец, втулок, валов и др.). Для каждого из классов имеется таблица, определяющая деление на подклассы и группы, а также таблица для каждой группы, определяющая деление на подгруппы и виды.

Технологический классификатор деталей по ЕСТПП построен, как логическое продолжение классификатора ЕСКД и имеет следующую структуру

<u>1</u>	<u>2</u>	<u>3</u>					
<u>XXX</u> <u>XX</u>	<u>X</u>	<u>X</u>	<u>XX</u>	<u>X</u>	<u>XX</u>	<u>X</u>	<u>X</u>
1.1 1.2		3.1	3.2	3.3	3.4	3.5	3.6

1 - Код классификационных группировок основных признаков:

1.1 - Размерная характеристика;

1.2 - Группа материала.

2 - Вид детали по технологическому процессу.

3 - Код классификационных группировок:

3.1 - Вид исходной заготовки;

3.2 - Качество точности размеров;

3.3 - Класс шероховатости поверхности;

3.4 - Характеристика технических требований (деталь с резьбой, без резьбы и т.п.);

3.5 - Характер термической обработки;

3.6 - Весовая характеристика.

В технологических задачах группирование обычно производится по нескольким признакам ( $P_1, P_2, P_i, \dots, P_m$ ). При кодировании детали каждому признаку присваивается кодовое обозначение. При группировании формируются коды групп:

$$K = \{X_1, X_2, \dots, X_m\},$$

где  $X_1, X_2, \dots, X_m$  – наименование признаков, в пределах которых производится включение детали в заданную группу (признак может принимать либо одно значение, либо интервал значений).

Структура классификационного кода выбирается в зависимости от поставленной задачи. Например

$$K = \text{КЛ}; \text{ПК}; \text{Г}; \text{РХ1}; \text{РХ2}, \text{ или}, K = \text{ЛД}; \text{СП}; \text{ХО},$$

где КЛ, ПК, Г – класс, подкласс, группа по ЕСКД;

РХ1, РХ2 – первая и вторая размерные характеристики по ЕСТПП (технологическому классификатору);

ЛД – код отношения длины  $L$  детали к максимальному диаметру  $D$  (ЕСТПП);

СП – спад наружных ступеней (ЕСТПП);

ХО – характеристика отверстия (ЕСТПП).

В условиях гибкого автоматизированного производства (ГАП) признаками группирования могут быть:

Х1 – класс детали;

Х2 – подкласс детали;

Х3 – вес детали;

Х4 – вид исходной заготовки;

Х5 – габаритный размер;

Х6 – группа материала.

Кодовые обозначения данных признаков берутся из классификаторов ЕСКД и ЕСТПП.

Обычно все детали типа тела вращения относятся к 71 классу; подкласс выбирается по отношению длины детали  $L$  к диаметру  $D$ , если:

$L / D < 0,2$ , то детали относятся к первому подклассу;

$0,2 < L / D < 0,5$ , то детали относятся к 3-му подклассу;

$2 < L / D < 5$ , то детали относятся к 5-му подклассу;

$5 < L / D < 10$ , то деталь относится к 7-му подклассу;

$L / D > 10$ , то детали относятся к 9-му подклассу.

Вес детали:

до 1 кг - кодируется цифрой "8";

до 10 кг - кодируется буквой "В";

до 40 кг - кодируется буквой "Е".

Габаритные размеры кодируются цифрами кратными 5-и, ближайшими к действительному размеру детали в сторону увеличения.

Например, деталь, имеющая наружный диаметр 21 мм кодируется цифрой "25", а деталь диаметром 213 мм кодируется цифрой "215".

Вид исходной заготовки кодируется следующими цифрами:

отливка	–	"10",
штамповка	–	"20",
пруток	–	"30",
шестигранник, квадрат	–	"33",
лист	–	"40",
труба	–	"50".

Материал заготовки кодируется следующим образом:

углеродистые стали	–	"00",
легированные стали	–	"10",
чугун	–	"30",
медь, латунь, бронза	–	"40",
алюминий	–	"45",
титан	–	"50",
полимерные материалы	–	"70".

На основании выбранного классификационного кода строится табуляграмма кодирования деталей (пример в табл. 1.1).

Таблица 1.1 – Табуляграмма кодирования деталей

№ чертежа	Признаки					
	X1	X2	X3	X4	X5	X6
215	71	1	8	30	15	00
380	71	3	8	30	20	10
420	71	1	8	33	30	40

На основании табуляграммы кодирования строится сводная табуляграмма группирования, в которой номера чертежей располагаются в порядке возрастания классификационного кода детали.

В одну группу могут быть приняты только те детали, у которых численно равны значения классификационных кодов.

Следует учесть, что кроме группирования по конструкторско-технологическому сходству возможно группирование деталей по их элементарным поверхностям, позволяющее установить варианты обработки этих поверхностей, а из комбинации элементарных процессов полу-



чить технологический процесс обработки любой детали. Группирование деталей выполняется по преобладающим видам обработки (типам оборудования), единству технологического оснащения и общности наладки станка.

## ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1. Изучить теоретические основы.
2. Получить у преподавателя чертежи деталей или использовать чертежи деталей, выданные для дипломного проектирования, или для выполнения контрольной работы.
3. Построить табуляграмму кодирования.
4. Построить сводную табуляграмму кодирования.
5. На основании табуляграмм сформировать группы деталей.

## СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

1. Наименование работы
2. Цель работы
3. Табуляграмма кодирования деталей
4. Сводная табуляграмма кодирования
5. Формирование группы деталей
6. Выводы по проделанной работе

## 2. ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 2. Разработка чертежа комплексной детали

### ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Изучить основы разработки чертежа комплексной детали. Разработать чертеж комплексной детали.

### ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ

После группирования и кодирования деталей приступают к разработке чертежа комплексной детали и группового технологического процесса (рис. 2.1).

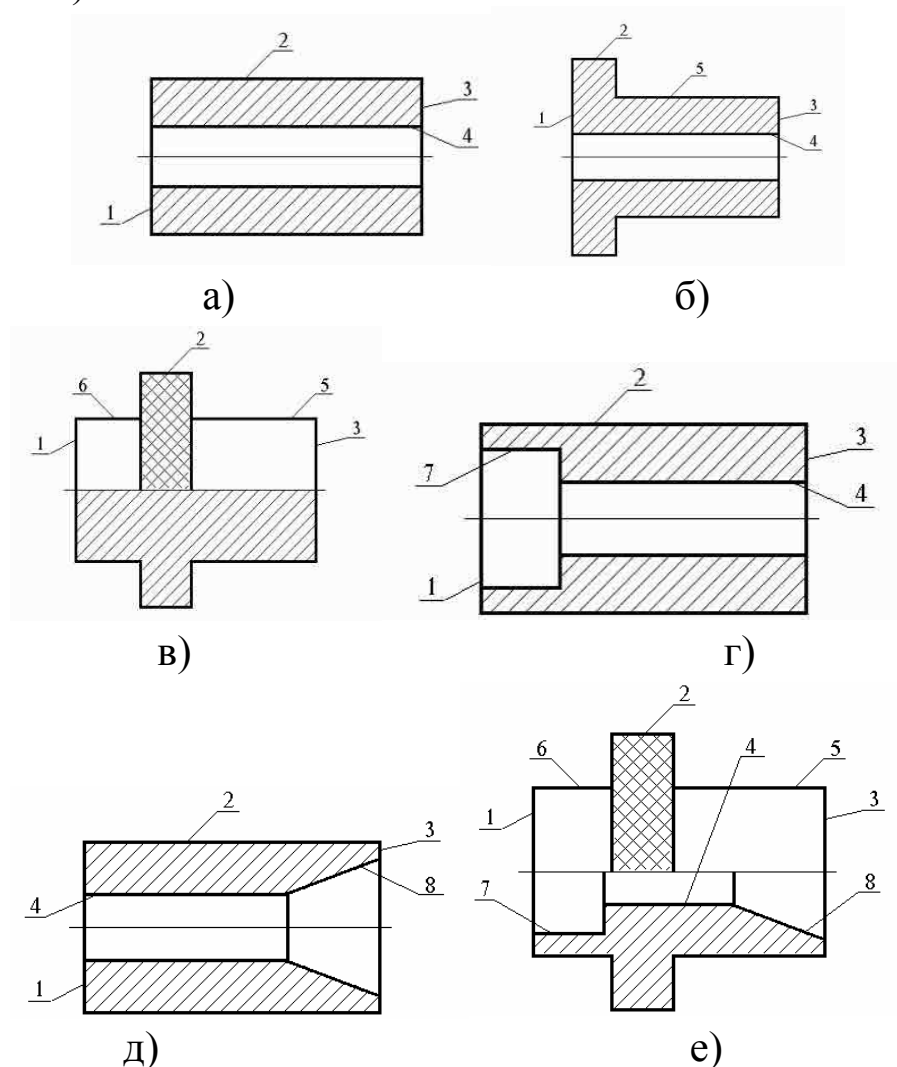


Рисунок 2.1 - Детали группы (а, б, в, г, д) и комплексная деталь (е)

Под комплексной понимается реальная или искусственно созданная деталь, содержащая в своей конструкции все элементы деталей данной группы.

При построении комплексной детали вычерчивается одна из наиболее сложных деталей группы, а затем чертеж этой детали дополняется поверхностями, которые имеются у других деталей группы. Каждая поверхность обозначается арабской цифрой.

Схема построения комплексной детали приведены на рисунке 2.1.

Комплексная деталь служит основой для разработки группового технологического процесса и групповой оснастки. Составленный на комплексную деталь технологический процесс с небольшими дополнительными, подналадками оборудования должен быть пригоден для изготовления любой другой детали данной группы.

С целью обобщения информации размеры на комплексной детали обозначаются буквами.

Численные значения размеров деталей приводятся в специальной таблице (таблица 2.1).

Таблица 2.1 - Значения размеров деталей

№ чертежа	Размеры, мм						
	А	Б	В	Г	Д	Е	Ж
213	10	13	17	19	120	8-	3
315	11	15	17	30	140-	-	4

Если на комплексной детали обозначена буквой А, то соответствующий размер детали 213 равняется 10 мм, а детали 315 – 11 мм. Если внутренний диаметр отверстия обозначен буквой Е, то для детали 213 соответствующий диаметр равняется 8 мм, а у детали 315 отверстие отсутствует.

### ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1. Начертить все детали заданной группы.
2. Разработать чертеж комплексной детали.
3. Построить таблицу размеров деталей группы и заполнить ее.

### СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

1. Наименование работы.
2. Цель работы.
3. Чертеж комплексной детали.
4. Таблица размеров деталей группы.
5. Выводы по проделанной работе.

### **3. ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 3. Разработка группового технологического процесса.**

#### **ЦЕЛЬ РАБОТЫ**

Изучить основы разработки групповых технологических процессов. Получить практические навыки построения групповых технологических процессов.

#### **ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ**

Групповой технологический процесс предназначен для совместного изготовления или ремонта группы изделий различной конфигурации в конкретных условиях производства на специализированных рабочих местах.

Основой разработки группового технологического процесса и выбора общих средств технологического оснащения для совместной обработки группы деталей является комплексная деталь.

При разработке групповых процессов необходимо исходить из основных положений, перечисленных ниже:

- принятая последовательность технологических операций при групповом маршруте или переходе при групповом процессе должна обеспечивать обработку любой детали группы в соответствии с чертежом и ее техническими требованиями;

- технологическая оснастка должна быть групповой или универсально – переналаживаемой и пригодной для изготовления любой детали группы;

- применяемое оборудование должно обеспечивать высокопроизводительную обработку при минимальных затратах на его переналадку;

- технологическая документация должна быть простой по форме, исчерпывающей по содержанию и удобной для пользования на рабочих местах.

При разработке группового технологического процесса выполняются следующие этапы работ:

- анализ исходных данных для разработки технологического процесса;
- группирование деталей (изделий);
- количественная оценка групп предметов производства;
- разработка маршрута группового технологического процесса;
- разработка групповых технологических операций;
- расчет точности, производительности и экономической эффективности вариантов групповых технологических процессов;
- нормирование технологического процесса;
- разработка технологических мероприятий для реализации группового технологического процесса.

Из приведенного плана разработки группового технологического процесса видно, что результаты классификации и группирования являются основой разработки маршрута группового технологического процесса.

Рассмотрим пример разработки группового технологического маршрута (таблица 3.1).

Таблица 3.1 – Групповой технологический маршрут

Групповая операция			Модель оборудования
№	Код	Наименование	
05	4280.01	Заготовительная	–
10	5130.02	Термическая	Печь
15	4118.03	Токарная с ЧПУ	16К20Ф3
20	4131.04	Шлифовальная	3612
25	01.95.05	Слесарная	–

Для определения последовательности обработки каждой детали группы заполняется таблица последовательности обработки деталей группы (таблица 3.2).

Таблица 3.2 - Таблица последовательности обработки деталей группы

№ чертежа	Наименование операций				
	Заготовительная	Термическая	Токарная	Шлифовальная	Слесарная
213	+	+	+	+	-
315	+	-	+	-	+

В последовательности группового технологического маршрута выделяются групповые технологические операции. Каждой групповой операции присваивается свой групповой код.

Принята следующая структура кода:

xx. xx. xx

1 2 3

1 - Вид технологического процесса по методу выполнения.

2 - Наименование операции.

3 - Регистрационный номер групповой операции.

Первые четыре знака кода присваиваются по "Классификатору технологических операций в машиностроении и приборостроении".

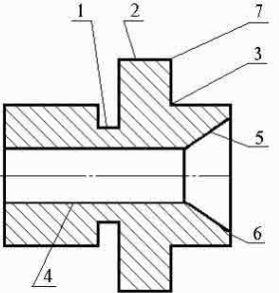
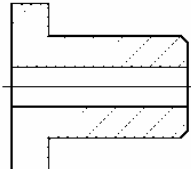
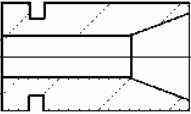
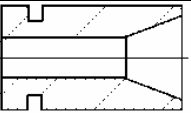
Последующие два знака кода являются регистрационными и присваиваются разработчиками технологических операций.

Групповая технологическая операция разрабатывается для группы различных деталей с определенной групповой оснасткой на данном оборудовании.

Групповая технологическая операция составляется из деталиеопераций.

Деталеоперацией называется план переходов при обработке конкретной детали из номенклатуры группы. Таким образом, групповая операция охватывает столько деталиеопераций, сколько деталей различного наименования скомплектовано в группу (таблица 3.3.)

Таблица 3.3 – Пример групповой токарной операции

		Сверлить отверстие 4	Точить поверхность 6	Расточить поверхность 5	Точить поверхность 3	Точить поверхность 7	Точить поверхность 2	Снять фаску 8	Точить канавку 1
021 3		+	+	-	+	+	+	-	+
031 5		+	+	+	-	-	+	-	+
083 9		+	+	-	+	+	+	-	+

При разработке групповых технологических операций решаются следующие задачи:

- установление рациональной последовательности переходов в операции;
- выбор оборудования, обеспечивающего максимальную производительность при условии обеспечения требуемого качества;
- расчет загрузки технологического оборудования;
- выбор конструкции оснастки;
- установление принадлежности выбранной конструкции к стандартным системам оснастки;
- установление исходных данных, необходимых для расчетов и расчет припусков на обработку и межоперационных размеров;
- установление исходных данных и расчет оптимальных режимов обработки;
- установление исходных данных и расчет норм времени;



– определение разряда работ и обоснование профессий исполнителей для выполнения операций в зависимости от сложности этих работ.

Многие задачи, решаемые при обработке групповых технологических процессов, совпадают с задачами, решаемыми при разработке типовых технологических процессов. Однако в системе технологической подготовки и организации производства, а также технологической терминологии нельзя смешивать эти два метода.

Принципиальное их решение заключается в том, что типовые процессы характеризуются общностью последовательности и содержания операций при обработке однотипных, т.е. однородных деталей, а групповая технология характеризуется общностью оборудования и технологической оснастки при выполнении отдельных операций или при полном изготовлении группы разнотипных деталей.

Если при типизации основой является конструкторская классификация, а технологическая вторична, то при групповом методе основой является технологическая классификация, а конструкторская – вторичной.

Следует отметить, что при разработке групповых технологических процессов необходимо учитывать общие требования, предъявляемые к разработке технологических процессов ГОСТом 14.301-83. Документы на групповые технологические процессы и операции оформляют в соответствии с требованиями стандартов Единой системы технологической документации (ЕСТД).

## ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1. Ознакомиться с теоретическими основами проектирования групповых технологических процессов.
2. Разработать маршрут группового технологического процесса.
3. Разработать таблицу последовательности обработки деталей группы.
4. Разработать групповые операции.

## СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

1. Наименование работы
2. Цель работы
3. Маршрутный групповой технологический процесс
4. Таблица последовательности обработки деталей группы
5. Разработка плана выполнения групповых операций
6. Выводы по проделанной работе

#### **4. ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 4. Разработка групповой технологической наладки**

##### **ЦЕЛЬ РАБОТЫ**

Изучить основы разработки групповых технологических наладок. Получить практические навыки построения групповых технологических наладок.

##### **ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ**

Наладка на обработку детали производится на листе формата А1 и представляет подробные операционные эскизы обработки комплексной детали. На наладку выносятся также эквидистанты движения инструмента, таблицы перемещений и режимов резания.

Наладка представляет ряд рисунков, которые располагаются на формате произвольно в порядке выполнения переходов.

Построение наладки начинают с выполнения чертежа комплексной детали, на которой красными (или толстыми черными) линиями показываются поверхности, подвергнутые обработки на данной операции (рисунок 4.1).

Размеры детали показываются в буквенном виде, обозначаются допуски на размеры, шероховатость обработанной поверхности и другие требования к качеству обработки. Линией 2/3 от основной вычерчивается часть приспособления, в котором установлена деталь (включая зажимные и базовые элементы), при этом приспособления представляются прозрачными.

От нулевой точки проводятся координатные оси, обозначенные буквами X, Y, Z. Затем необходимо выполнить эскиз резцедержателя (или инструментальной головки) и закрепленных в нем инструментов, необходимых для обработки комплексной детали. До центра резцедержателя (или инструментальной головки) от координатных осей проставляются размеры, численно равные расстоянию до точки смены инструмента, и указывается вылет резцов. Условно обозначаются рабочие движения станка.

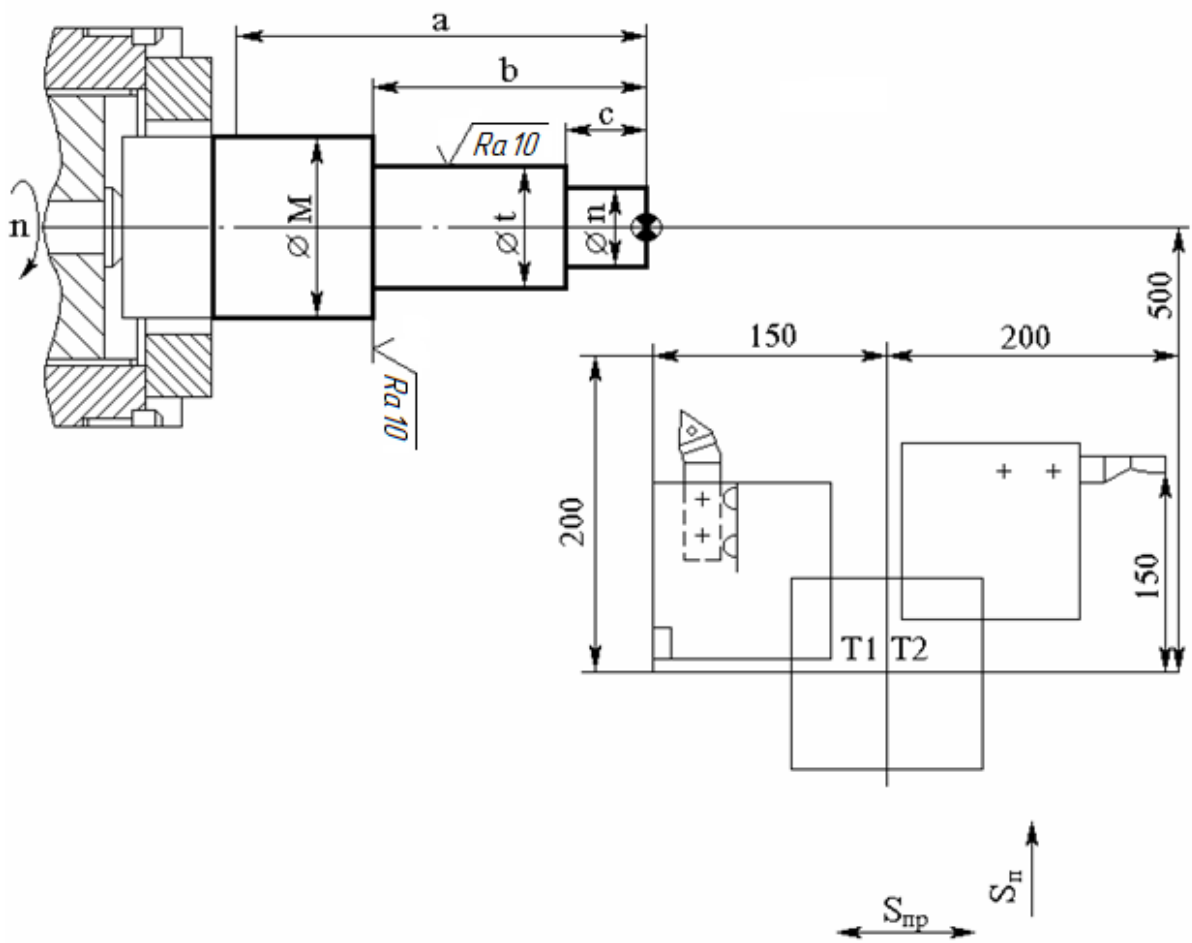


Рисунок 4.1 – Фрагмент технологической наладки токарной операции

Затем выполняются операционные эскизы переходов. Для нашего примера будут следующие переходы: точение ступенчатого вала и второй переход - отрезка заготовки. Рассмотрим пример построения эскиза первого перехода, который приведен на рисунке 4.2:

- выполняется надпись "Переход 1";
- выполняется эскиз комплексной детали после данного перехода с указанием размера в буквенном виде;

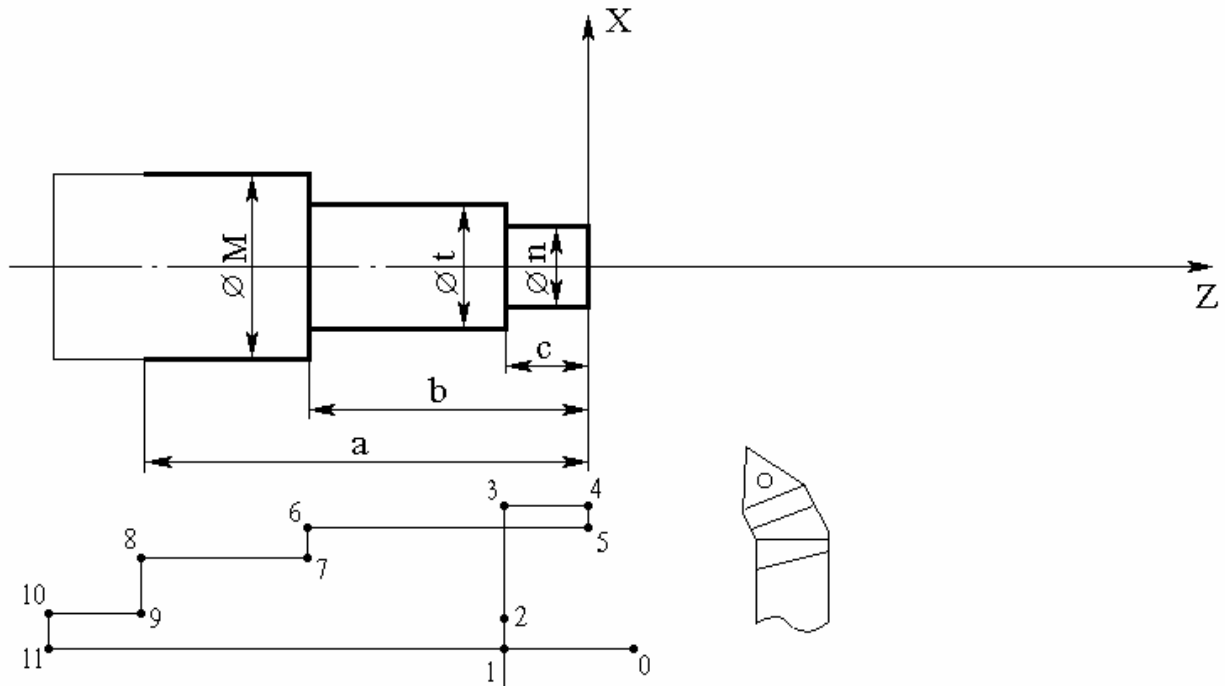


Рисунок 4.2 – Эскиз первого перехода токарной операции

- вычерчивается головка инструмента;
- строится эквидистанта движения инструмента, которая представляет собой линию движений, выполняемых резцом;
- строится таблица перемещений инструмента для конкретных деталей группы (пример в таблице 4.1).

Таблица 4.1 - Перемещения инструмента

№ точки	Z		X		n, об/мин	S <sub>пр</sub> , мм/об	S <sub>шт</sub> , мм/об
	Пр.	Знач.	Пр.	Знач.			
0 – 1	-W	3500	-	-	500	0,2	0,1
1 – 2	-	-	+W	300 *M/2-1	500	0,2	0,1
2 – 3	-	-	-	(M/2+1)/100	500	0,2	0,1
3 – 4	+W	100	-	-	500	0,2	0,1
4 – 5			-W	-	500	0,2	0,1
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
11 – 0	+W	a	-	-	500	0,2	0,1

Аналогично вычерчиваются эскизы на следующие операции.

Общий вид листа наладки с примерным расположением надписей и зон расположения эскизов детали и переходов показан на рисунке 4.3.



Рисунок 4.3 – Общий вид листа наладки

### ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1. Ознакомиться с порядком построения наладки групповых технологических операций.
2. Разработать схему базирования детали и выделить поверхности, обрабатываемых на данной операции.
3. Начертить резцедержатель (инструментальную головку) с применяемыми инструментами.
4. Разработать эскизы переходов с указанием эквидистант перемещения инструментов.
5. Построить таблицу перемещений инструмента для конкретных деталей группы.
6. Составить отчет о проделанной работе.

### СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

1. Наименование работы
2. Цель работы
3. Чертеж наладки
4. Выводы по проделанной работе

## **5. ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 5. Подбор номенклатуры обрабатываемых деталей на станках с ЧПУ**

### **ЦЕЛЬ РАБОТЫ**

Приобретение студентами навыков подбора номенклатуры обрабатываемых деталей на станках с ЧПУ.

### **ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ**

Современные средства автоматизации производства в большинстве случаев можно использовать только при серийном и устойчивом характере производства. Прогнозы показывают, что преобладающим станет не массовое производство, характеризуемое малой номенклатурой, а производство широкого ассортимента постоянной обновляемой продукции, однородной по своим конструктивно-технологическим параметрам. Частое обновление и постоянная модернизация обусловлены ускорением морального старения продукции. Номенклатура разнообразных по назначению деталей, но одноименных по конструктивно-технологическому исполнению, выпускаемых одним заводом, будет неизменно увеличиваться, что является объективной тенденцией развития современного производства. Вследствие этого в настоящее время происходит сдвиг от массового производства к средне- и мелкосерийному, поскольку последние являются более маневренными.

В промышленно развитых странах на долю предприятий машиностроения с массовым и крупносерийным типами производства приходится не более 25% общего объема выпускаемой продукции. В производстве массовых видов продукции наблюдается непрерывное увеличение номенклатуры выпускаемых изделий. В этих условиях деление производства на массовое (крупносерийное) и мелкосерийное постоянно утрачивает смысл. Современный завод можно определить как специализированное многоцелевое производство, которое гибко реагирует на все назревшие потребности народного хозяйства в изделиях.

Многоцелевой характер, необходимость быстрой перестройки нынешнего и особенности будущего производства на выпуск более

сложной по своим функциям продукции требует создание принципиально новых комплексов автоматизированного оборудования и систем управления ими.

Для разрешения противоречий, обусловленных с одной стороны расширением номенклатуры и мелкосерийностью выпускаемых изделий, а с другой - увеличением объема выпуска изделий, необходимо создание новых видов производств - гибкого автоматизированного производства.

К гибким средствам автоматизации производства, прежде всего, относятся станки с программным управлением, которые позволяют автоматизировать основные технологические процессы, а также автоматические манипуляторы, промышленные роботы, сделавшие возможным автоматизацию вспомогательных операций.

## ПОДБОР НОМЕНКЛАТУРЫ ОБРАБАТЫВАЕМЫХ ДЕТАЛЕЙ

На подбор номенклатуры обрабатываемых деталей существенное влияние оказывает особенности и ограничения, связанные с применением робототехнических систем и станков с ЧПУ.

Детали, изготовленные на станках с ЧПУ, по конструктивно-технологическим признакам можно объединить в следующие группы:

- плоскостные детали с простыми и сложными контурами, обрабатываемые на фрезерных, электроэрозионных, шлифовальных станках;
- объемные детали, поверхности которых обрабатываются на многокоординатных фрезерных станках;
- детали типа тел вращения со ступенчатым и криволинейным профилем, для обработки которых применяются токарные станки с ЧПУ;
- плоскостные детали с различными отверстиями, изготовленные на сверлильных станках с ЧПУ;
- корпусные детали, сверление и расточка отверстий в которых осуществляется на сверлильно-расточных станках;
- сложные корпусные детали, комплексная обработка которых осуществляется на многооперационных станках.

При подборе деталей для изготовления на станках с ЧПУ необходимо использовать технико-экономические расчеты. В качестве



критерия можно использовать снижение приведенных затрат, повышение производительности труда и качества изготовления изделий. Приведенные затраты определяются на годовую программу выпуска или в расчете на одну деталь (удельные приведенные затраты  $Z_{уд}$ ).

$$Z_{уд} = C_1 + E_n K_1,$$

где  $C_1$  – себестоимость изготовления детали;  
 $E_n$  – количество изготавливаемых изделий;  
 $K_1$  – капитальные вложения на одну деталь;  
 Приведенные затраты связаны с  $Z_{уд}$  следующим образом:

$$Z_{уд} = Z_{уд} N$$

где  $N$  – годовая программа выпуска деталей.

При определении целесообразности перевода изготовления на станках с ЧПУ во внимание принимаются: сложность конфигурации форм детали, годовая программа выпуска и число деталей в партии, технологические и экономические показатели станка, технологичность конструкции детали применительно к обработке на станках с ЧПУ, методы и средства подготовки управляющих программ.

Применительно к станкам с ЧПУ наибольшая эффективность перевода изготовления деталей на этот вид оборудования пропорциональна степени сложности их конструктивных форм. Это обусловлено тем, что при работе на станках с ЧПУ отпадает необходимость в разработке специальной оснастки, объем которой с усложнением конструкции детали значительно возрастает, что в свою очередь существенно удлиняет сроки и повышает стоимость технологической подготовки производства.

При принятии решений на перевод деталей для обработки на станках с ЧПУ наибольшее значение имеют годовая программа выпуска и число деталей в партии.

Под партией деталей понимают такое их число, которое изготавливается без переналадки оборудования. Размер партии деталей определяется потребностями конкретного производства и принятой системой запуска деталей. Более целесообразной является обработка

больших партий деталей, что позволяет уменьшить долю подготовительно-заключительного времени, приходящуюся на одну деталь. Чрезмерное увеличение партии деталей приводит к росту незавершенного производства, что ухудшает технико-экономические показатели. Кроме того, увеличивается потребность в площадях для хранения деталей, а это в свою очередь приводит к дополнительным непроизводственным затратам. Поэтому размер партии должен быть оптимальным. Конкретное значение оптимального размера партии изменяется в зависимости от конкретных производственных условий (например, при обработке крупных деталей, требующих для хранения больших производственных площадей, необходимо сокращать размер партии).

Опыт эксплуатации станков с ЧПУ показывает целесообразность использования их при количестве деталей в партии 10...15 штук. При обработке сложных корпусных деталей партия может состоять из 3...4 штук. При крупных партиях деталей вместо станков с ЧПУ довольно часто представляется целесообразным использовать автоматы, специальные и специализированные станки. Такие детали более эффективно использовать на отдельных поточных линиях.

Таким образом, на целесообразность обработки на станках с ЧПУ существенное влияние оказывают следующие факторы:

- сложность конструктивных форм деталей;
- малая серийность производства;
- большой объем пригоночных и разметочных работ;
- применение дорогостоящей, сложной технологической оснастки;
- сложность контрольных операций;
- необходимость обеспечения мобильной перестройки производства на выпуск новой продукции.

Обработка деталей на станках с ЧПУ в автоматизированном производстве накладывает дополнительные ограничения по отработке их конструкции на технологичность.

## ОБЩИЕ УСЛОВИЯ ВЫБОРА ПО ГРУППАМ ДЕТАЛЕЙ

Для деталей типа тел вращения:

- припуск у заготовок деталей должен быть минимальным, а допуск не более  $\pm 0.5$  мм;
- твердость заготовок должна находиться в небольших пределах для того, чтобы можно было регулировать время смены всех инструментов на станке по стойкости;
- детали должны иметь сложную форму со ступенчатыми или криволинейными поверхностями;
- точность обработки не должна превышать класса точности станка с ЧПУ, чтобы на последнем совместились черновые, получистовые, а по возможности и финишные операции;
- черновая базовая поверхность, используемая на первой операции, должна быть по возможности гладкой и удобной для базирования и закрепления деталей;
- детали, требующие при обработке на универсальных станках специальной оснастки и фасонных режущих инструментов,
- рекомендуется переводить на станки с ЧПУ;
- число переходов, выполняемых на универсальном станке должно быть больше, чем на станке с ЧПУ;
- возможность уменьшения числа применяемых инструментов при обработке на станках с ЧПУ, по сравнению с обработкой на универсальных станках;

Для деталей, обрабатываемых на сверлильно-расточных станках с ЧПУ и обрабатывающих центрах:

- возможность выполнения как можно большего числа поверхностей за одну установку заготовки без ее перебазирования;
- возможность установки и закрепления детали на столе станка посредством простейших приспособлений;
- обрабатываемая деталь не должна иметь длинных расточек,
- требующих применения борштанг, и расточек внутри детали на большом расстоянии от наружной стенки;
- требования к соосности отверстий в противоположных стенках по возможности не должны быть жесткими. Обработка таких отверстий производится с поворотом стола. Если ось отверстий не лежит в вертикальной плоскости, дополнительно требуется перемещение стола или шпинделя в горизонтальном направлении, что вызывает погрешности;

– в конструкции обрабатываемой детали должно быть минимальное количество торцевых подрезок или их не должно быть вообще. Рекомендуется заменять торцевую обработку фрезерованием или зенкерованием. Внутренняя "обратная" подрезка должна быть исключена, как трудновыполнимая при автоматической обработке;

– в конструкциях обрабатываемых деталей необходимо избегать расточки канавок в отверстиях или по возможности уменьшать их размеры и снижать требования к их точности;

– элементы, требующие чистовой высокоточной обработки (хонингование и другие отделочные операции), которые невыполнимы на интегрированных станках, должны быть локализованы в конструкции обрабатываемой детали так, чтобы можно было вынести их на другие более точные станки;

– обработка деталей на расточных станках не должна содержать операций, требующих настройки инструмента в процессе работы станка. Все инструменты должны настраиваться на размер вне станка;

– общее число режущих инструментов, требующихся для обработки детали, должно быть по возможности минимальным. Это достигается унификацией размеров отверстий, зенковок, резьб и др.;

– обработка детали должна быть выполнена посредством простейших автоматических циклов относительных движений инструмента и заготовки.

## ТРЕБОВАНИЯ К ЧЕРТЕЖАМ ДЕТАЛЕЙ, ПОДЛЕЖАЩИХ ОБРАБОТКЕ НА СТАНКАХ С ЧПУ:

– все размеры следует проставлять в системе прямоугольных координат от единых конструкторских баз детали;

– желательна простановка размеров, определяющих координаты всех центров окружностей;

– размеры следует проставлять так, чтобы данные о каждом контуре были по возможности в одной проекции;

– при обработке деталей на универсальных станках часто приходится заменять конструкторские и технологические базы по

отношению к измерительной, что требует перерасчета размеров. Для исключения этого необходимо при конструировании или переработке чертежей выбрать поверхность, которая является базой при установке и закреплении детали на станке;

- криволинейные поверхности деталей следует задавать их математическими уравнениями с простановкой координат опорных точек;

- на чертежах, где невозможна простановка размеров от одной базы (особенно, на корпусные детали) необходимо для каждой плоскости обозначить начало отсчета координат и, исходя из этого, составить таблицу с обозначением осей всех отверстий и их координат;

- координаты крепежных отверстий, заданных в полярных координатах, следует пересчитать в прямоугольные;

- при конструировании деталь необходимо составлять из простых однотипных элементов-контуров, содержащих участки прямых и окружностей, что значительно облегчает программирование.

## ТЕХНОЛОГИЧНОСТЬ КОНСТРУКЦИЙ ДЕТАЛЕЙ, ОБРАБАТЫВАЕМЫХ НА СТАНКАХ С ЧПУ

Технологичность - свойство изделий, способствующее рациональному использованию различных видов народнохозяйственных ресурсов (стоимостных, временных, натуральных, трудовых) на всех этапах жизненного цикла с учетом конкретных особенностей производства, а также условий эксплуатации. Технологичность, как свойство конструкции, подразделяется на производственную и эксплуатационную. В данном случае рассматриваются вопросы только производственной технологичности конструкции изделий.

Отработка конструкции на технологичность осуществляется комплексно на уровне деталей, сборочных единиц и изделия в целом. Обеспечение технологичности изделий является выполнение ряда требований, на которое существенное влияние оказывает целевое назначение изделий. В зависимости от ряда выполняемых работ эти требования конкретизируются. На качественные показатели технологичности оказывают влияние также применяемые материалы, уровень автоматизации и механизации производства, наличие

манипуляторов и роботов, станков с ЧПУ. Выполнение каждого из требований изделий накладывает определенные ограничения на их конфигурацию и другие конструктивные решения. При использовании гибких производственных систем дополнительно к требованиям по технологичности, свойственным данному виду работ, добавляются требования, связанные с видом применяемых роботов, средства автоматизации и технологического оборудования.

Если конфигурация форм и масса заготовки исключает возможность применения существующих роботов, то она не технологична с точки зрения автоматизации данного технологического процесса. Более технологичными будут также детали, при изготовлении которых могут быть применены роботы сравнительно простой конструкции. Эффективность применения роботов возрастает при комплексном решении задач автоматизации. Они создаются под определенную номенклатуру деталей с учетом конкретных производственных условий и применение станков с ЧПУ.

Одним из существенных элементов отработки конструкции детали на технологичность является технологический контроль чертежей, что требует глубоких теоретических знаний и сведений о конкретных производственных условиях предприятия. При этом инженерная интуиция и различные качественные соображения объединяются с количественными оценками. Конструкция деталей должна обеспечивать их изготовление с привлечением минимального числа технологического оборудования. Эта задача решается установлением таких соотношений между основными размерными характеристиками детали, при которых исключается применение дополнительных типоразмеров однотипного технологического оборудования.

Показатели количественной оценки технологичности конструкций разделяются на две группы – основные и дополнительные, которые уточняют отдельные частные направления отработки изделий на технологичность. На уровне детали основным показателем технологичности является трудоемкость изготовления или технологическая себестоимость. В качестве дополнительных показателей применяют:

- коэффициент унификации конструктивных элементов  $K_{уэ}$ ;
- коэффициент применяемости стандартизованных обрабатываемых поверхностей  $K_{сэ}$ ,

- коэффициенты обработки поверхностей  $K_{оп}$ ;
- коэффициент использования материала  $K_{им}$ ;
- коэффициент обрабатываемости материала  $K_{ом}$ ;
- максимальное значение классов точности и значения параметров шероховатости обрабатываемых поверхностей, определяющих точностные характеристики необходимого для изготовления детали технологического оборудования;
- коэффициент применения типовых технологических процессов  $K_{тп}$ ;
- коэффициент прогрессивных видов оснастки  $K_{по}$ .

Последние два показателя характеризуют условия производства при изготовлении данной детали, а остальные показатели характеризуют ее конструктивное исполнение.

Требования к технологичности корпусных деталей. Технологичной считают конструкции деталей, отвечающих следующим требованиям:

- наличие удобных технологических баз, обеспечивающих требуемую ориентацию и надежное закрепление заготовки на станке при возможности обработки ее с нескольких сторон и свободного подвода инструмента к обрабатываемым поверхностям;
- простота геометрической формы заготовки, позволяющая обрабатывать большинство ее поверхностей с одной установки;
- наружные поверхности деталей должны иметь открытую форму, обеспечивающую возможность обработки на проход в направлении подачи;
- обрабатываемые поверхности приливов и платиков на соответствующих наружных поверхностях желательно располагать в одной плоскости;
- в конструкции детали необходимо избегать наклонного расположения поверхностей, участков фасонного профиля, сложных уступов и пазов, прерывающих плоские поверхности и отверстия;
- главные отверстия, требующие высокой точности, следует делать сквозными с минимальным числом ступеней, что позволяет выполнять обработку на проход меньшим числом инструментов;
- отверстия, расположенные по одной оси в противоположных стенках, желательно выполнять одного диаметра;

– при наличии на одной оси нескольких отверстий их диаметральный размеры должны указываться от внешней стенки к середине детали;

– наиболее точные отверстия следует располагать на внешних стенках;

– отверстия следует располагать перпендикулярно к плоским поверхностям; при наличии наклонных отверстий они должны быть доступны для обработки при повороте вращающегося стола с закрепленной заготовкой;

– в конструкции детали необходимо избегать обрабатываемых внутренних торцевых поверхностей и бобышек, требующих прерывания цикла и установки инструмента внутри при отсутствии специальных механизмов радиальной подачи;

– обрабатываемые поверхности заготовки необходимо располагать в доступных для обработки плоскостях, которые могут быть обращены к шпинделю при последовательном повороте стола с заготовкой на определенный угол;

– крепежные отверстия желательно иметь одинаковых размеров с возможностью нарезания в них резьбы с помощью метчиков, что позволяет использовать стандартные циклы обработки;

– заготовка должна иметь достаточную жесткость и прочность, при которой исключается возможность вибраций в процессе обработки или недопустимых деформаций от сил резания и закрепления.

## ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1. Изучить чертежи деталей, технические требования и условия, проанализировать исходные данные.

2. Определить количество деталей в партии.

3. Определить целесообразность обработки деталей на станках с ЧПУ с указанием предварительно выбранных моделей.

4. Проанализировать технологичность деталей.

5. Провести переработку чертежей.

6. Составить отчет.

## СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА



1. Наименование работы.
2. Цель работы.
3. Чертеж детали.
4. Расчет такта выпуска, а также размера партии.
5. Заключение о целесообразности обработки детали на станках с ЧПУ.
6. Анализ технологичности детали.
7. Переработанный чертеж детали

## **6. ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 6. Расчет режимов резания при обработке деталей на станках с ЧПУ**

### **ЦЕЛЬ РАБОТЫ**

Ознакомление с особенностями расчета режимов резания на станках с ЧПУ.

### **ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ**

Выбор режимов резания - комплексная технико-экономическая задача, решение которой заключается в определении комбинации режимов резания, обеспечивающих минимум затрат на обработку при заданных технических ограничениях.

В общем случае расчет режимов резания при обработке деталей на станках с ЧПУ затруднен по следующим причинам:

- в деталях сложной конфигурации во многих местах изменяются глубина и ширина удаляемого слоя;
- необходимо учитывать влияние ряда случайных факторов (твердости материала заготовки, качество инструмента, качество поверхностного слоя обрабатываемых деталей, микроструктура металла и др.);
- невозможность учета всех деформаций и изменений технологической системы при обработке деталей под воздействием сил резания, возможность возникновения вибраций технологической системы и т.п.;
- расчетные формулы, предлагаемые при расчете и назначении режимов резания, недостаточно точны, а для ряда новых сплавов режимы определены на основе статистических зависимостей;
- отсутствуют руководящие материалы по режимам резания для станков с ЧПУ.

При назначении режимов резания для обработки деталей на станках с ЧПУ, особенно на станках с револьверной головкой или с инструментальным магазином, главное состоит в том, чтобы найти наиболее рациональное сочетание элементов режимов резания, общих для всех участвующих в работе инструментов с различными эксплуатационными возможностями. Это необходимо для того, чтобы

смену всех инструментов производить одновременно, и свести к минимуму непроизводительные простои дорогостоящих станков.

В зависимости от применяемых инструментов на станках с ЧПУ режимы резания назначают в следующей последовательности:

- назначают подачу на оборот детали или на зуб фрезы;
- рассчитывают стойкость режущих инструментов;
- рассчитывают скорость резания;
- определяют частоту вращения шпинделя;
- корректируют частоту вращения по паспортным данным станка;
- корректируют подачу по паспортным данным станка;
- определяют усилия резания и мощность;
- производят сравнение усилия резания и мощности с паспортными данными станка.

Для сокращения времени обработки, в том числе и сокращения времени холостых перемещений и позиционирования, рекомендуется обрабатывать поверхности детали с минимальным числом проходов.

При черновой обработке рекомендуется назначать глубину резания максимальной, соответствующей снятию припуска за один проход. Учитывая вредные действия вибрации и другие ограничивающие факторы, черновую обработку производят иногда в несколько проходов.

Получистовую обработку в основном выполняют за 1-2 прохода. Глубину резания при этом в зависимости от требуемой точности и шероховатости назначают в пределах 1-3 мм. При работе с большими значениями подач резцами с дополнительными режущими лезвиями, имеющими главный угол в плане  $\varphi = 0^\circ$ , глубины резания ограничиваются прочностью дополнительного режущего лезвия или прочностью пластин твердого сплава. При чистовой обработке поверхностей рекомендуется весь припуск снимать за один проход.

Подача назначается с учетом следующих факторов:

- требования к шероховатости обрабатываемых поверхностей;
- жесткость и виброустойчивость элементов технологической системы;
- прочность инструмента;
- прочность и мощности станка;

– материал обрабатываемой детали и режущей части инструмента;

– радиусы при вершине резца.

Исследованиями установлено, что при обработке на станках с ЧПУ подачи по сравнению с универсальными станками отличаются незначительно, а средние значения подач близки для соответствующих условий к подачам при обработке на обычных токарных станках.

После выбора подачи рассчитывают на прочность пластины из твердого сплава. Для этого находят вертикальную составляющую силы резания  $P_z$  и сопоставляют ее с силой резания, допустимой прочностью пластины твердого сплава. Если фактическая вертикальная сила резания  $P_z$  не превышает допустимой, то подача выбрана правильно; в противном случае подачу уменьшают.

Проверку выбранной подачи по прочности державки производят расчетом державки на изгиб.

Силу  $P_z$ , допускаемую по прочности державки, определяют по следующим зависимостям;

– для державок прямоугольного сечения:

$$P_z = \frac{BH^2 \sigma_{II}}{6L};$$

– для державок квадратного сечения ( $B=H$ ):

$$P_z = \frac{B^3 \sigma_{II}}{6L};$$

– для державок круглого сечения:

$$P_z = \frac{\pi d^3 \sigma_{II}}{6L},$$

где  $B$  – ширина державки, мм;

$d$  – диаметр круглой державки, мм;

$H$  – высота державки, мм;

$L$  – вылет резца, мм;

$\sigma_{\text{н}}$  – допускаемое напряжение на изгиб материала державки резца, МПа.

При креплении державок из конструкционной стали с пределом прочности  $\sigma_{\text{в}} = 600 - 700$  МПа можно принимать  $\sigma_{\text{н}} = 200$  МПа.

При проверке подачи на точность обработки нельзя допускать, чтобы стрела прогиба обрабатываемой детали превышала  $1/4$  поля допуска, соответствующего данной обработке. Допускаемые точностью обработки (при обточке гладких валов) тангенциальные составляющие  $P_z$  силы резания определяют по следующим формулам:

– при обработке в центрах:

$$P_z = \frac{70 fEJ}{L^3};$$

– при обработке в патроне с поджимом детали задним центром

$$P_z = \frac{140 fEJ}{L^3};$$

– при обработке в патроне:

$$P_z = \frac{3 fEJ}{L^3},$$

где  $f$  - стрела прогиба детали, м;

$L$  - длина детали, м;

$E$  - модуль упругости, (для стали  $E=210000$  МПа);

$J$  - момент инерции поперечного сечения, м<sup>4</sup>.

Величина момента инерции поперечного сечения определяется по формуле

$$J = \frac{\pi d^4}{64},$$

где  $d$  - диаметр детали, мм.

По вертикальной составляющей силы резания  $P_z$  и диаметру обрабатываемой детали определяют двойной крутящий момент (Нм)

$$2M_{кр} = P_Z d$$

где  $d$  - диаметр обрабатываемой детали, м.

Найденный двойной крутящий момент сравнивают с моментом, допускаемым механизмом главного движения станка.

При выборе рациональных режимов резания большое влияние оказывает правильность выбора периода стойкости режущих инструментов в соответствии с таблицей 6.1. На станке с программным управлением инструменты необходимо предварительно настроить, затем державки с инструментом установить в револьверную головку, в резцедержатель или в инструментальный магазин, изготовить первую деталь и произвести необходимую коррекцию.

Скорость резания, частоту вращения детали или инструмента и подачу рассчитывают в два этапа. На первом этапе рассчитывают значения этих параметров для изолированных шпинделей или других исполнительных органов станка.

На втором этапе в целях согласования с паспортными данными станка (в тех случаях, когда частота вращения и подача изменяются ступенчато) корректируют режимы резания, полученные на первом этапе расчетным путем, за исключением тех станков, где работа инструмента связана общей кинематикой. Например, при работе одной многошпиндельной головки, встроенной в шпиндель вертикально-сверлильных станков с ЧПУ, фрезерных станков с ЧПУ, где обработка производится набором инструментов, установленных на одной оправке и т.д.

Таблица 6.1 - Период стойкости режущего инструмента

Характеристика групп наладок	Период стойкости при числе инструментов вналадке							
	1	3	5	8	10	15	20	Св.20
1-ая группа наладок - наладки с равномерной загрузкой инструмента								
Разница диаметров обрабатываемых поверхностей не более 20% числа фасонных и прорезных резцов в пределах 20% общего числа инструментов.	50	100	200	300	350	400	-	-
2-ая группа наладок - наладки с равномерной загрузкой инструмента								

Все наладки, не входящие в 1-ю и 3-ю группы	-	100	120	150	180	230	260	300
3-ая группа наладок - наладки с большой разницей загрузки инструмента								
Диаметры обрабатываемых поверхностей отличаются более чем в 2 раза. Число фасонных прорезных и широких резцов более 50% от общего числа инструментов	-	70	90	110	130	150	170	180

Режимы резания на первом этапе расчета назначают в следующем порядке:

– устанавливают период стойкости наиболее нагруженного инструмента в минутах резания:

$$T_m = T_{m1} \lambda,$$

где  $T_{m1}$  – машинное время работы инструмента, мин.;

$\lambda$  - коэффициент, определяющий долю времени работы данного инструмента в общей продолжительности машинной работы всех инструментов в револьверной головке или в инструментальном магазине.

В тех случаях, когда очевидно, что лимитирующие по стойкости инструменты установлены на суппорте с наибольшей продолжительностью работы, т.е. при переменной работе нескольких суппортов

$$\lambda = \frac{L_{рез}}{L_{раб}}$$

где  $L_{рез}$  – длина резания рассматриваемого инструмента;

$L_{раб}$  – рабочая длина хода суппорта.

В тех случаях, когда  $\lambda \geq 0,7$ , принимают  $\lambda = 1$ .

Если стойкость указанного инструмента в 1,5 или больше раз ниже по сравнению с остальными инструментами, то необходимо в револьверной головке или в инструментальном магазине два таких инструмента с целью одновременной замены всех инструментов.

– определяют скорость резания применительно к установленным значениям стойкости инструмента.

– рассчитывают частоту вращения шпинделя и подачу исходя из полученных значений скорости резания. Полученные значения частоты вращения шпинделя и подачи сравнивают с паспортными данными станка и при необходимости определяют фактические скорость резания и подачу. С целью повышения стойкости режущего инструмента корректировку рекомендуется производить за счет снижения скорости резания.

В зависимости от вида обработки, особенно на токарных станках (наружное точение, растачивание, подрезание торца), изменяются условия, в которых находится резец в процессе стружкообразования. При растачивании резец находится в более тяжелых условиях, чем при наружном продольном точении. Наряду с тем, что вершина расточного резца находится на максимальном диаметре, т.е. работает при наибольшей скорости (при наружном точении вершина резца работает при наименьшей скорости), жесткость державок расточных резцов обычно ниже жесткости державок проходных резцов, что приводит к их прогибу и вибрации. Чем меньше диаметр растачиваемого отверстия, тем больше износ по задней поверхности и тем меньшую скорость резания будет допускать расточной резец. В среднем скорость резания при растачивании ниже, чем при продольном точении на 10%.

При поперечном точении условия для работы резца более благоприятны, чем при продольном точении, т. к. резец при подаче от периферии к центру находится под воздействием наибольшей скорости небольшой промежуток времени. При торцевом точении приняты более высокие скорости резания, чем при продольном.

Для более производительной обработки при больших длинах черновых проходов рекомендуется задавать в программе повышение частоты вращения по мере приближения резца к центру.

Среднее значение скоростей резания при обработке деталей на станках с ЧПУ, ниже рекомендуемых соответствующими нормативами для универсальных станков.

## ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1. Для проектируемой технологической операции рассчитать режимы обработки и провести корректировку их по паспортным данным станка.



2. Заполнить технологическую документацию.
3. Составить отчет.

## СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

1. Наименование работы.
2. Содержание задания.
3. Расчет режимов резания для разрабатываемой операции и корректировка их по паспортным данным станка.
4. Операционная карта.

## 7. ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 7. Нормирование работ на станках с ЧПУ.

### ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Ознакомление с особенностями нормирования работ на станках с ЧПУ.

### НОРМИРОВАНИЕ РАБОТ НА СТАНКАХ С ЧПУ

При выборе оптимальных вариантов технологических процессов обработки деталей наряду с другими технико-экономическими показателями нормы времени является одним из основных критериев для оценки совершенства технологического процесса и выбора наиболее производительного варианта механической обработки деталей на станках с ЧПУ.

Технически обоснованные нормы времени состоят из нормы штучного времени  $T_{шт}$  и нормы подготовительно-заключительного времени на партию обрабатываемых деталей  $T_{п.з.}$ .

Норма штучного времени (мин.) в общем виде определяется по формуле

$$T_{шт} = \sum_i^k T_{oi} + \sum_j^m T_{vj} + T_{об} + T_{от}$$

где  $T_{oi}$  – основное время на  $i$ -ый основной переход;

$k$  – число неперекрываемых основных переходов в операции;

$T_{vj}$  – вспомогательное время на  $j$ -ый переход;

$m$  – число неперекрываемых переходов в операции, на которые затрачивается вспомогательное время;

$T_{об}$  – время обслуживания рабочего места;

$T_{от}$  – время на личные потребности рабочего.

Вспомогательное время (мин.) определяется по формуле

$$T_v = T_{ус} + T_{м.в.}$$

где  $T_{ус}$  – время на установку и снятие детали.

$T_{м.в.}$  – машинно-вспомогательное время, время необходимое для перемещения револьверной головки станка в зоне обработки или другого исполнительного органа станка с режущим инструментом, включая холостые подводы и отводы, а также время на смену инструмента. Эти приемы программируются и выполняются автоматически.

Нормативы времени на установку и снятие детали выбирают по виду приспособления вне зависимости от типа станка. В качестве главного фактора продолжительности принимают массу детали. В нормативах времени на установку и снятие детали предусмотрено выполнение следующих работ: установка и закрепление детали, включение станка, раскрепленное и снятие детали, очистка приспособления от стружки.

Машинно-вспомогательное время рассчитывается по формуле

$$T_{м.в.} = T_{х.х.} + T_{пер.} + T_{см.ин.} + T_{пов.},$$

где  $T_{х.х.}$  - суммарное время холостых ходов;

$T_{пер.}$  – суммарное время срабатывания одного кадра (время ввода одного кадра, в среднем – 20...25 с в зависимости от длины кадра), для старых систем ЧПУ;

$T_{см.ин.}$  – суммарное время, необходимое на смену инструмента по программе или для поворота револьверной головки. Это время равно произведению времени смены (поворота револьверной головки) одного инструмента на число замен (поворотов) по программе. Данное время определяется по паспорту станка. В общем случае оно равно 4...15с (для токарных станков - 6с, для сверлильных с револьверной головкой - 8с, для фрезерных станков с револьверной головкой - 10с).

$T_{пов.}$  – время необходимое на поворот стола с обрабатываемой деталью (на расточных и многоцелевых станках поворот на 90 градусов составляет – 15... 25с).

Суммарное время холостых ходов определяется по формуле

$$T_{х.х.} = \frac{(l_1 + l_2 + l_3 + l_4)}{V_{б.п.}}$$

где  $l_1, l_2, l_3, l_4$  -длины холостых ходов, мм, берутся из геометрического расчета перемещения инструмента по программе;

$V_{б.п.}$  – скорость быстрого перемещения, м/мин (принимают по паспортным данным станка);

Время на обслуживание рабочего места  $T_{об}$  состоит из времени технического обслуживания  $T_{тех.об.}$  и времени организационного обслуживания  $T_{орг.об.}$ :

$$T_{об} = T_{тех.об.} + T_{орг.об.}$$

Техническое обслуживание рабочего места состоит из следующих элементов: смены затупившегося инструмента; контрольные замеры в процессе работы, связанные с заменой инструмента; подналадка станка в процессе работы, связанная с заменой инструмента или затупления; очистка станка от стружки в процессе работы.

Время организационного обслуживания рабочего места состоит из затрат времени на: осмотр и опробования оборудования (один раз в день); раскладку и уборку инструмента; уборку рабочего места (в конце каждой смены). Часть работ, связанная с обслуживанием рабочего места, выполняется без остановки станков, например: периодическая проверка (контроль) деталей и подналадка станка, не связанная с заменой инструмента, уборка стружки, укладка готовых деталей в тару; активное наблюдение за работой станка. Время выполнения этих работ относится к перекрываемому времени и в норму времени не входит.

При определении времени на отдых  $T_{от}$  учитываются следующие факторы: усилия, затрачиваемые рабочим при установке детали и выполнении основной (технологической) работы; монотонность и темп работы; рабочее положение исполнителя; напряжение внимания; температура и загрязненность воздуха; шум в рабочем помещении; наличие в работе вибрации. Для всех видов работ необходимо предусматривать время на личные (естественные) надобности – 2% от оперативного времени.

Подготовительно-заключительное время  $T_{п.з.}$  состоит из времени, которое рабочий затрачивает на подготовку к заданной работе и на выполнение действий, связанных с ее окончанием, а именно: получение на рабочем месте наряда, технической документации, инструментов, приспособлений; ознакомление с работой и с чертежом; подготовка рабочего места, наладка оборудования, инструмента и приспособления; пробная обработка детали на станке; снятие инструмента и

приспособлений после окончания обработки партии детали, сдача готовой продукции, наряда и другой технической документации.

Подготовительно-заключительное время затрачивается один раз на всю партию деталей, изготавливаемых без перерыва по данному рабочему наряду, и не зависит от числа деталей в партии.

Подготовительно–заключительное время, затрачиваемое на станках с ЧПУ в 1.5...2 раза ниже по сравнению с затратами времени на универсальных станках, т.к., технологическая документация для станков с ЧПУ гораздо проще, инструменты настроены на размер вне станка, рабочий чертеж обрабатываемой детали оформляется так, что все размеры проставлены от координатной оси.

### ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1. По спроектированной технологической операции обработки детали на станке с ЧПУ произвести нормирование.
2. Заполнить техническую документацию.
3. Составить отчет.

### СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

1. Наименование работы.
2. Цель работы.
3. Расчет составляющих норм времени и нормы штучного времени.
4. Операционная карта.

## **8. ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №8. Управление технологическими процессами.**

### **ЦЕЛЬ РАБОТЫ**

Изучить основные положения по управлению технологическими процессами производства изделий машиностроения, приборостроения и средств автоматизации

### **ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ**

Управление технологическими процессами (УТП) - комплекс мероприятий, обеспечивающих повышение эффективности производства в соответствии с выбранным критерием (критериями) оптимальности при заданных технологических, экономических и других производственных ограничениях.

Комплекс мероприятий состоит из сбора, обработки и анализа информации о технологическом процессе и осуществления на основе этой информации контроля и регулирования технологических процессов с помощью средств автоматизации и методов организации и управления производством с использованием вычислительной техники.

Основными критериями УТП являются:

- повышение производительности труда;
- улучшение качества продукции;
- экономия материальных ресурсов;
- снижение себестоимости;
- улучшение условий труда и культуры производства.

Управляемым технологическим процессом является такой процесс, для которого установлены входные управляющие воздействия и выходные параметры и зависимости между ними, определены методы измерения входных воздействий и выходных параметров и методы управления процессом.

Управляемыми переменными являются:

- параметры технологического процесса;
- состояние средств технологического оснащения;

– технико-экономические показатели производства изделий, формируемые в ходе технологического процесса (производительность, себестоимость, точность, выход годной продукции и др.).

УТП должно осуществляться на основе применения современных методов организации и управления (анализ и моделирование технологического процесса, применение адаптивных систем с идентификатором в контуре регулирования, систем регулирования с использованием методов обнаружения разладки технологического процесса, применение средств вычислительной техники и автоматизации управления и т.п.).

УТП должно обеспечивать взаимосвязь с планированием и организацией производства, управлением качеством продукции, экономическим стимулированием в организационно-методическом, информационном, технологическом и техническом направлениях.

При разработке и выборе методов и средств УТП должен проводиться анализ зависимости технологических процессов от:

- вида объекта;
- сложности объекта;
- уровня автоматизации технологического процесса;
- уровня автоматизации УТП.

Объектами УТП являются отдельные операции, группы операций, технологические процессы изготовления изделий в целом. Сложность объекта УТП определяется числом входных управляющих воздействий, уровнем средств технологического оснащения, числом контролируемых параметров технологического процесса и другими факторами.

Уровень автоматизации технологического процесса определяется степенью автоматизации средств технологического оснащения в зависимости от операций, выполняемых на неавтоматизированном, полуавтоматическом и автоматическом оборудовании и механизированных линиях.

Уровень автоматизации УТП различают в зависимости от управления:

- отдельными станками и агрегатами и группами их с помощью простейших средств (устройства управляющего контроля, автоподладчики и др.);
- отдельными станками и агрегатами и группами их с помощью локальной автоматики;

- станками и установками с числовым программным управлением, автономно и в сочетании с ЭВМ;
- с помощью автоматизированных или автоматических систем УТП.

Основными этапами разработки мероприятий по УТП предприятия являются:

- анализ потоков информации;
- выбор объектов управления;
- построение математических моделей отдельных операций или комплексов операций технологического процесса;
- выбор управляемых переменных параметров, по которым осуществляется управление;
- выбор критериев управления;
- построение информационной модели УТП;
- реализация мероприятий по УТП;
- анализ эффективности и корректирование информационной модели УТП.

Применительно к данному предприятию могут разрабатываться дополнительные мероприятия по УТП в зависимости от типа производства и организационной структуры предприятия, вида и сложности изделий и программы их выпуска.

Состав классификационных групп и обозначение стандартов комплекса приведены в таблице 8.1.

Состав стандартов комплекса публикуется в указателях, издаваемых Госстандартом Украины в установленном порядке. Обозначение стандартов комплекса строится по классификационному принципу. Номер стандарта состоит из двух цифр, присвоенных классу данного комплекса стандартов; одной цифры (после точки), обозначающей классификационную группу стандартов (шифр группы); двузначного числа, определяющего порядковый номер стандарта в данной группе; двузначного числа (после тире), указывающего год регистрации стандарта.



Таблица 8.1 – Шифр группы стандартов

Шифр группы	Наименование группы стандартов
0	Общие положения
1	Правила выбора систем, методов и средств управления технологическими процессами
2	Правила контроля точности и надежности средств технологического оснащения
3	Правила контроля качества технологических процессов
4	Правила регулирования технологических процессов

### ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1. Определить управляемые переменные параметры технологического процесса обработки детали, разработанного в выпускной работе бакалавра.
2. Определить состояние средств технологического оснащения технологического процесса.
3. Определить технико-экономические показатели производства изделий (производительность, себестоимость, точность, выход готовой продукции и др.).
4. Определить уровень автоматизации технологического процесса.
5. Сформулировать основные этапы разработки мероприятий по УТП.

### СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

1. Наименование работы.
2. Цель работы.
3. Управляемые переменные параметры технологического процесса обработки детали.
4. Состояние средств технологического оснащения.
5. Технико-экономические показатели.
6. Уровень автоматизации технологического процесса.
7. Основные этапы разработки мероприятий по УТП.
8. Выводы по работе

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Кудряшов, Евгений Алексеевич. Основы технологии машиностроения [Текст] : [учебник для студентов вузов по направлениям "Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств", "Автоматизация технологических процессов и производств (машиностроение)"] / Е. А. Кудряшов, И. М. Смирнов, Е. И. Яцун ; под ред. д-ра техн. наук, проф. Е. А. Кудряшова. - Старый Оскол : ТНТ, 2017. - 431 с. : ил. - Библиогр.: с. 424-426
2. Безъязычный, Вячеслав Феоктистович. Основы технологии машиностроения [Текст] : учебник / В. Ф. Безъязычный. - Москва : Машиностроение, 2013. - 568 с. : ил.
3. Технологические процессы машиностроительного производства [Текст] : учебное пособие / В. А. Кузнецов [и др.]. - М. : Форум, 2010. - 528 с. : ил. - (Высшее образование).
4. Технология машиностроения [Текст] : сборник задач и упражнений / В. И. Аверченков [и др.]. - 2-е изд., перераб. и доп. - М. : ИНФРА-М, 2006. - 288 с. - (Высшее образование)