

**Министерство образования и науки Российской Федерации**  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
**«Владимирский государственный университет  
имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»  
(ВлГУ)**

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ  
К ЛАБОРАТОРНЫМ РАБОТАМ ПО ДИСЦИПЛИНЕ  
«Промышленные технологии и инновации»**

Составители:

Жарков Н.В.

Беляев Л.В.

Владимир 2016

## **Предисловие**

В методических указаниях представлены лабораторные работы, проводимые на кафедре ТМС по дисциплине «Промышленные технологии и инновации».

Данные лабораторные работы проводятся на самом передовом современном оборудовании с применением прогрессивного инструмента и контрольно – измерительной техники. Использование персонального компьютера в лабораторных работах позволяет моделировать и контролировать процесс обработки, регистрировать результаты.

Представленные лабораторные работы объединяет современное станочное оборудование приобретенное кафедрой ТМС в последние годы.

Все лабораторные работы соответствуют рабочей программе указанного курса.

## **Техника безопасности**

В целях исключения травматизма, а также поломки приборов и порчи оборудования каждый студент перед выполнением лабораторной работы должен изучить правила техники безопасности.

Запрещается:

- приступать к работе без ознакомления с правилами по технике безопасности и проведения вводного инструктажа;
- подходить к оборудованию, подключать его к источникам питания, переключать и настраивать в отсутствие преподавателя или учебного мастера.

Перед выполнением работы следует:

- надеть средства защиты и спецодежду;
- проверить наличие диэлектрических ковриков и заземления установок;
- работу проводить под наблюдением преподавателя или учебного мастера.

## **Анализ влияния режимов резания и геометрии инструмента на шероховатость обрабатываемой поверхности.**

Цель работы:

1. Получить основные сведения о токарной обработке;
2. Ознакомиться с компоновкой токарного станка с ЧПУ, его назначением, применяемым режущим инструментом;
3. Изучить влияние технологических факторов на шероховатость обработанной поверхности.

### **Теоретические положения**

#### *Основные сведения о токарной обработке*

Обработка резанием заключается в образовании новых поверхностей путём деформирования и последующего отделения поверхностных слоёв материала (припуска на обработку) с заготовки с образованием стружки.

На токарных станках изготавливают детали-тела вращения (валы, шкивы, зубчатые колёса, втулки и т.п.). Токарной обработкой (точением) получают детали с цилиндрическими, коническими, фасонными и плоскими (торцы) поверхностями, а также нарезают резьбу, делают фаски и галтели.

Для осуществления процесса резания на токарном станке необходимы два движения: главное движение и движение подачи. Главным движением является вращательное движение заготовки. Движение подачи - это поступательное движение резца, обеспечивающее непрерывное врезание его в новый слой металла.

Процесс резания характеризуется определённым режимом. К элементам режима резания относятся:

$t$ -величина срезаемого слоя за один проход резца. При наружном продольном точении глубина резания определяется как разность между диаметром заготовки  $D$  и диаметром обработанной поверхности  $d$ , т.е.  $t=(D-d)/2$  мм;

$S$ -подача-величина перемещения режущей кромки в направлении движения резца за один оборот заготовки (мм/об);

V-скорость резания - путь, пройденный наиболее отдаленной от оси вращения точкой обрабатываемой поверхности относительно режущей кромки резца за единицу времени (м/мин).

### *Компоновка токарного станка*

Общий вид токарно-фрезерного станка EMCO CONCEPT TURN 155 представлен на рис.1.



Рис. 1. Общий вид токарно-фрезерного станка EMCO CONCEPT TURN 155

Станок токарно - фрезерный модели EMCO CONCEPT TURN 155 позволяет выполнять: точение, растачивание сложных поверхностей, сверление осевых отверстий, фрезерование самых разнообразных по форме и размерам

поверхностей, сверление, нарезание различных видов резьб и их комбинаций как параллельно, так и перпендикулярно к оси детали.

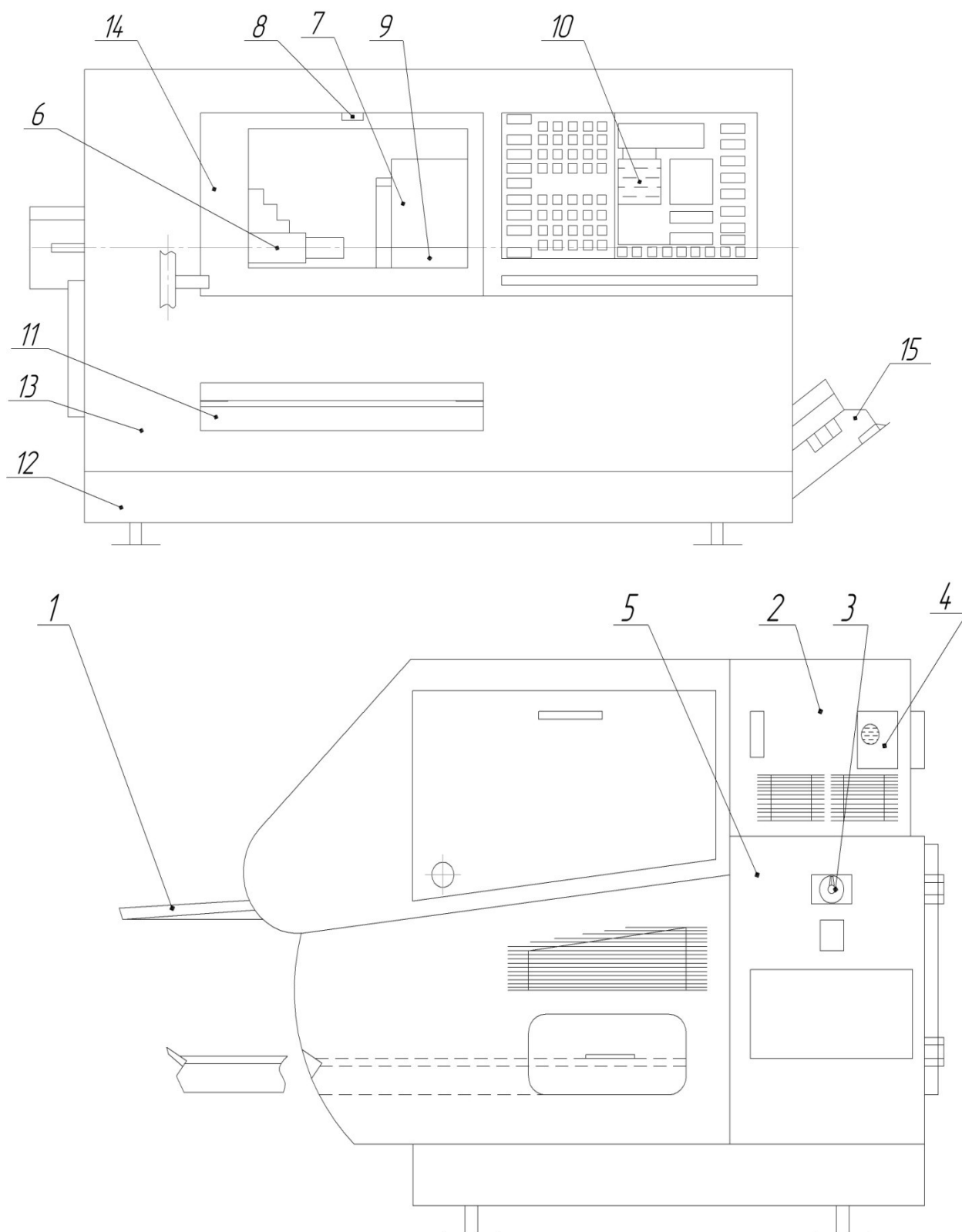


Рис. 2. Основные элементы токарно-фрезерного станка EMCO CONCEPT TURN 155.

1 – полка, 2 – отсек, 3 – главный выключатель, 4 – централизованная смазка, 5 – шкаф управления, 6 – шпиндель, 7- поворотное устройство, 8 – светильник, 9 – задняя бабка, 10 – клавиатура, 11 – бак, 12 – бак СОЖ, 13 – подставка станка, 14 – дверь, 15 – насос.

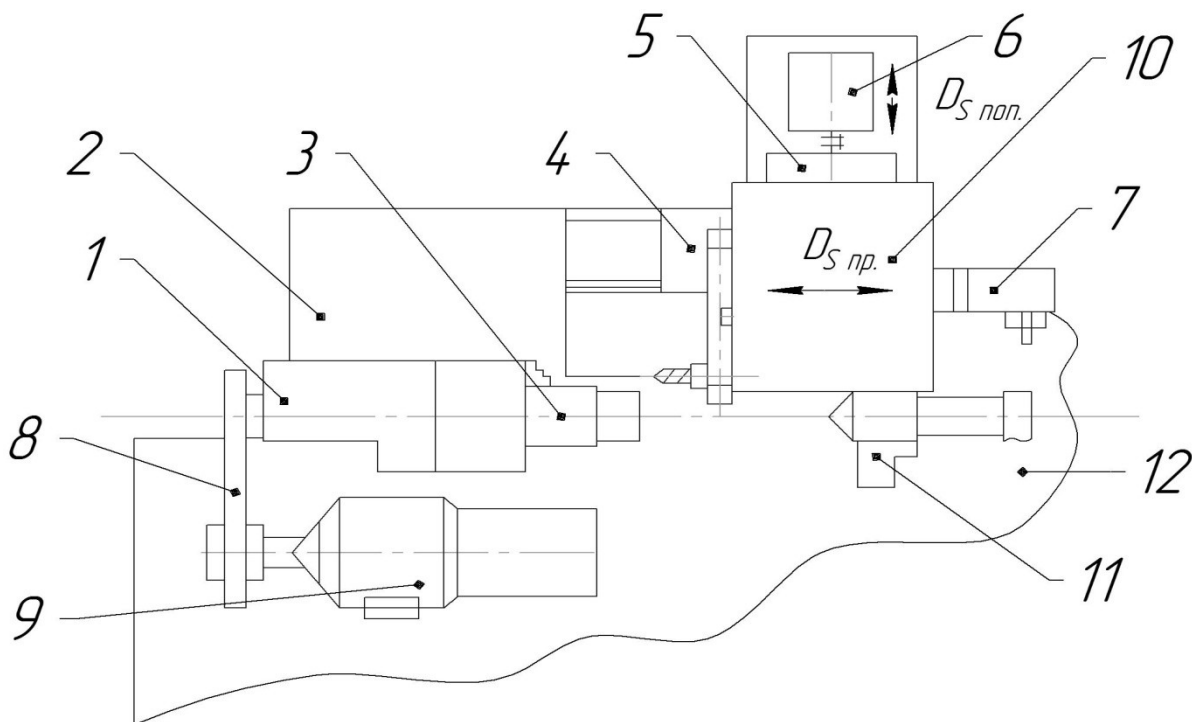


Рис. 3. Основные узлы токарно-фрезерного станка EMCO CONCEPT TURN 155

1 – главный шпиндель, 2 – станина, 3 – зажимное устройство, 4 – салазки (Z), 5 – салазки (X), 6 – привод салазок (X), 7 – привод салазок (Z), 8 – ремень, 9 – главный двигатель, 10 – поворотное устройство, 11 – задняя бабка, 12 – подставка станка.

### *Технологические возможности токарной обработки*

Различное сочетание элементов режима резания ( $t$ ,  $S$ ,  $V$ ) обеспечивает различные точность и качество обработанной поверхности. Из характеристик качества обработанной поверхности на её эксплуатационные свойства значительное влияние оказывает её шероховатость.

К шероховатости поверхности детали относят неровности с относительно малым шагом на базовой длине (при отношении шага (S) к высоте (H) неровностей до 50). Шероховатость поверхности оценивают по трём высотным параметрам:

среднеарифметическое отклонение профиля;

высота неровностей по 10 точкам;

максимальная высота неровностей на базовой длине;

Двум шаговым параметрам:

средний шаг неровностей по средней линии;

средний шаг неровностей по вершинам и по относительной опорной длине микропрофиля  $t_p$

Для измерения шероховатости используют щуповые приборы (профилометры и профилографы) и специальные микроскопы (двойные и интерференционные). Косвенно оценить шероховатость можно визуальным сравнением контролируемой поверхности с эталонной. Назначаемые параметры шероховатости поверхности должны быть согласованы с требованиями к эксплуатационным свойствам поверхности деталей (таблица 1).

Таблица 1.

Эксплуатационные свойства поверхности и обеспечивающие их параметры шероховатости

Эксплуатационное свойство поверхности	Параметры шероховатости и характеристики
Износостойкость	направление неровностей
Усталостная прочность	направление неровностей
Контактная жёсткость	
Прочность соединения	
Герметичность соединения	



Виброустойчивость	направление неровностей
-------------------	-------------------------

### Содержание работы

Работа заключается в ознакомлении с компоновкой токарно-фрезерного станка EMCO CONCEPT TURN 155 , его узлами и их назначении; наблюдение за выполнением мастером основных токарных операций на станке; проведение экспериментального исследования по установлению влияния технологических факторов (режимов резания, геометрии инструмента) на шероховатость обработанной поверхности. Для этого разные участки вала обрабатывают с разными режимами резания и резцами с разными радиусами округления их вершины; на обработанных поверхностях измеряют шероховатость по параметру на профилометр Mitutoyo Corp. Surftest SJ-201, по результатам измерения строят графики и устанавливают зависимости от

### Оборудование, инструмент, заготовки.

Оборудование: токарно-фрезерный станок EMCO CONCEPT TURN 155 .

Приспособления: трёхкулачковый патрон, центр задний.

Инструмент: **режущий** - резцы проходные, **измерительный** - штангенциркули, набор эталонов шероховатости, профилометр Mitutoyo Corp. Surftest SJ-201

Заготовки: валы с канавками, диаметром 40-50 мм, длиной 250 мм, материал-сталь 45,40X.

### Порядок выполнения работы.

1. Выслушать пояснение мастера об устройстве токарно-фрезерного станка EMCO CONCEPT TURN 155: его компоновке, узлах, их назначении, его управлении.

2. Наблюдать за выполнением мастером на станке продольного точения, и других операций. Обратить внимание на приспособления для установки заготовки и режущего инструмента, усвоить виды и названия режущих инструментов.
3. Сделать эскизы: а) общего вида токарно-фрезерного станка EMCO CONCEPT TURN 155; б) продольного точения, и других выполненных мастером операций. На эскизах указать способ установки заготовки, размеры обрабатываемой поверхности, режущий инструмент в конце обработки, рабочие движения (главное и подачи).
4. Составить операционный эскиз обработки вала (рис. 4) при установлении влияния технологических факторов на шероховатость обработанной поверхности. На нём указать модель станка, геометрию и материал режущего инструмента, размеры и материал заготовки, рабочие движения, необходимые для осуществления резания.

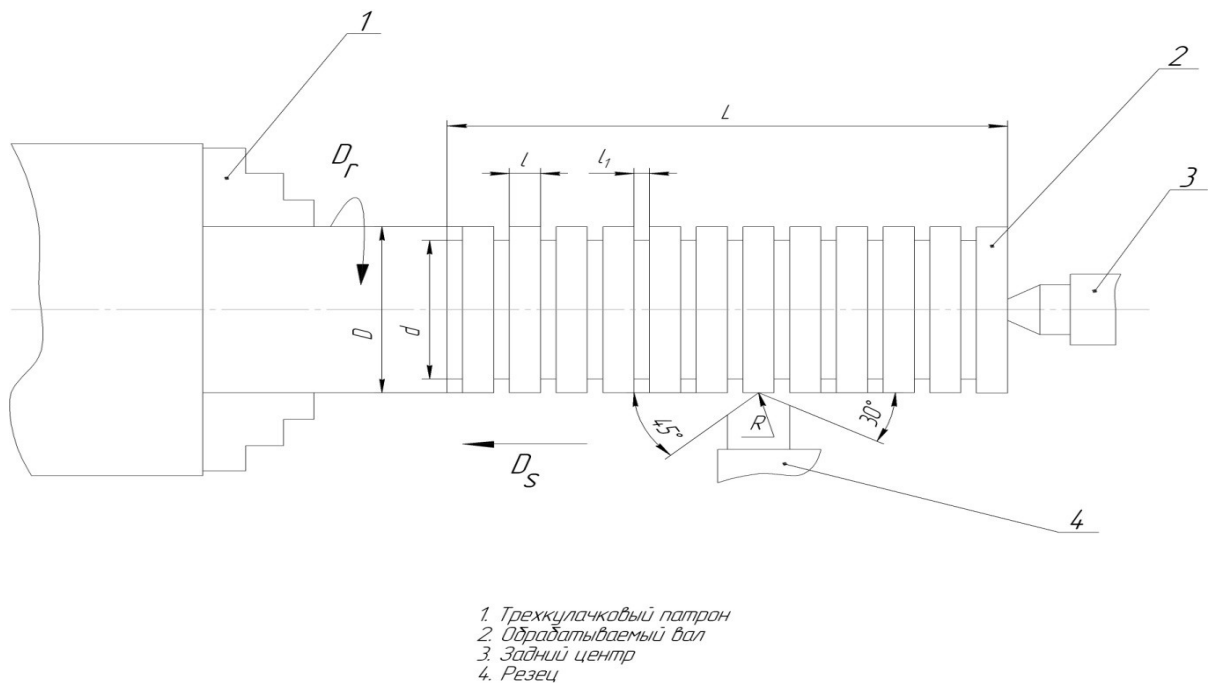


Рис 4. Эскиз обработки вала

1 – Трехкулачковый патрон, 2 – обрабатываемый вал, 3 – задний центр, 4 – резец.

5. Подготовить таблицу с планом эксперимента (табл.2) и таблицу для записи результатов опытов (табл.3).

Таблица 2.

План эксперимента по установлению влияния технологических факторов на шероховатость обработанной поверхности.

№ опыта	Факторы влияния	Значения величин факторов влияния	Шероховатость			
			S, мм/об	V(n), м/мин (об/мин)	r, мм	, мкм
1	Подача	0,15	50	1		
2	Подача	0,30	50	1		
3	Подача	0,47	50	1		
4	Подача	0,61	50	1		
5	Скорость	0,30	20	1		
6	Скорость	0,30	50	1		
7	Скорость	0,30	80	1		
8	Скорость	0,30	110	1		
9	Радиус	0,30	50	1		
10	Радиус	0,30	50	2		
11	Радиус	0,30	50	3		
12	Радиус	0,30	50	4		

Примечания:

1. Режимы резания даны ориентировочные, в таблицу заносить фактические режимы обработки.
2. Глубину резания  $t$  во всех опытах брать 1мм.

Таблица 3.

Результаты измерения шероховатости обработанных поверхностных участков вала на профилометре Mitutoyo Corp. SurfTest SJ-201

№ опытов	Измерение		Класс шерохо-ватости	
	Rz, мкм	Ra, мкм		
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
11				

12			
----	--	--	--

6. Закрепить заготовку на станке, установить режимы резания для опыта № 1 (см.табл.2.),выставить резец на глубину резания 1 мм.
7. Обработать первый участок вала, затем изменяя значения величин факторов влияния (S, V, r) согласно таблице 2, обработать второй участок и т.д.
8. Оценить класс шероховатости обработанных участков вала путём сравнения их с эталонами шероховатости.
9. Измерить высоту неровностей участков вала на профилометре Mitutoyo Corp. Surftest SJ-201 (об измерении см. ниже). Заполнить таблицы 3. и 2.
10. Построить в масштабе графики зависимости и выполнить их анализ.

**Методика измерения шероховатости на профилометре Mitutoyo Corp. Surftest SJ-**

**201**



Рис. 5. Общий вид

профилометра Mitutoyo Corp. Surftest SJ-201

Обработанную деталь установить в призмы (как показано на рисунке 7). Профилометр установить на измеряемую ступень вала 1, таким образом, чтобы щуп 3 профилометра касался измеряемой поверхности и имел возможность перемещаться по измеряемой ступени вала. Включить прибор нажатием кнопки «Power» 7. Для начала измерения нажать кнопку «Start» 6, после совершения щупом прибора прямого и обратного ходов на экране 4 профилометра отобразится измеренное значение шероховатости. Для отображения нужного параметра шероховатости необходимо нажать на кнопку «Parameters» 5 требуемое количество раз.

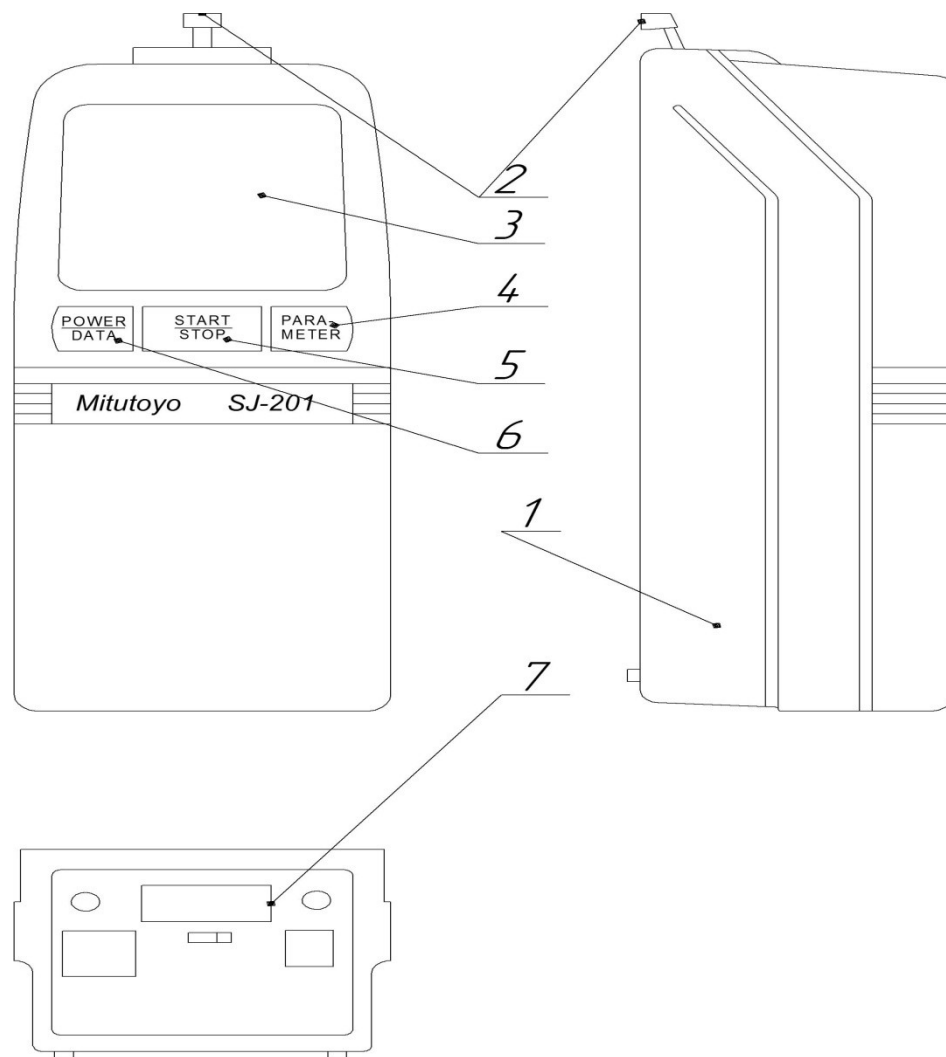


Рис. 6. Основные элементы

профилометра Mitutoyo Corp. Surfrest SJ-201

1 – корпус; 2 – измерительный щуп; 3 – экран; 4 – кнопка «Parameters»; 5 - кнопка «Start Stop»; 6 – кнопка «Power Data»; 7 – разъемы.

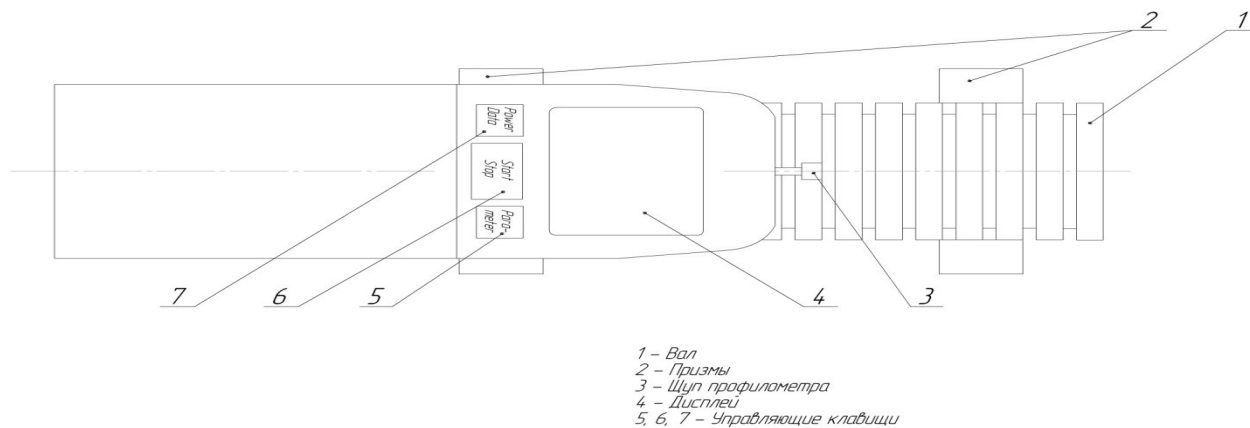


Рис. 7. Схема измерения

профилометром Mitutoyo Corp. Surftest SJ-201

1 – вал, 2 – призмы, 3 – щуп профилометра, 4 - дисплей, 5, 6, 7 – управляющие клавиши.

### **Отчет о работе**

Отчет должен содержать:

1. Наименование, цель, содержание работы, используемое оборудование.
2. Эскиз общего вида токарно-фрезерного станка EMCO CONCEPT TURN 155 с указанием на нем узлов станка.
3. Схемы продольного точения и других операций.
4. Операционный эскиз обработки вала при проведении эксперимента по установлению зависимостей , ; .
5. Таблицы результатов опытов (табл. 2 и 3).
6. Графики зависимостей высоты неровностей от подачи, скорости и радиуса округления вершины резца.
7. Выводы по результатам проведенного эксперимента.

### **Лабораторная работа №2**

#### **Погрешность базирования деталей при выполнении фрезерных работ**

Цель работы:

1. Ознакомиться с компоновкой фрезерного станка, его назначением.
2. Установить причины возникновения погрешности базирования и пути ее уменьшения.
3. Вычислить погрешности базирования с помощью формул и сравнить со значениями, полученными опытным путем.



## Компоновка фрезерного станка

Общий вид фрезерного станка представлен на рис.1. Разнообразие операций, выполняемых на 3-х координатном станке с ЧПУ инструментами различных типов, велико.

На фрезерных станках возможно получить почти все виды поверхностей. Главное движение ( $v$ ) – вращение шпинделя 1 вместе с закрепленным инструментом. Движение подачи ( $S$ ) сообщают столу 5 с закрепленной на нем заготовкой.



Рис.1. Общий вид фрезерного станка HAAS TM-1

Фрезерный станок Haas TM – 1 с ЧПУ (рис. 1 и рис. 2) обладает перемещениями 762 x 305 x 406 мм по осям XYZ, станок TM – 1 обеспечивает достаточное пространство для обработки крупных деталей, а так же легко перемещается при помощи подъемной платформы и занимает очень небольшую площадь. Модель TM – 1 работает от сети с однофазным или трехфазным питанием. Шпиндель 1 мощностью 5,6 кВт с конусом ISO 40 обеспечивает скорость вращения до 4000 об/мин.

Рис. 2. Основные узлы фрезерного станка HAAS TM-1

1 – шпиндель с инструментом; 2 – защитный экран; 3 – транспортер для отвода стружки; 4- стойка ЧПУ; 5 – стол; 6 – лоток для сбора стружки и СОЖ; 7 – станина станка.

Монолитная чугунная станина/колонна 7 обеспечивает демпфирование вибраций и высокую жесткость для тяжелых режимов резания. Три рабочих режима станка TM – 1 предоставляют оператору широкие универсальные возможности. В полнофункциональном режиме ЧПУ станок работает через G – кодовую программу, управление всеми осями осуществляется посредством стойки с ЧПУ 4. В режиме полного ручного управления перемещения по осям X и Y осуществляется при помощи ручных маховичков, а управление осью Z – с помощью электронного маховичка, при этом система управления Haas обеспечивает высокоточное цифровое считывание позиции. В комбинированном режиме ЧПУ / ручного управления фрезерный станок обеспечивает ограничение перемещений для маховичка управления, механизированную подачу и индексирование перемещения, также при этом система управления обеспечивает цифровое считывание позиции.

## **Теоретические положения**

### **Основные сведения о погрешности базирования**

Чтобы осуществить обработку заготовки на станке, ей необходимо придать правильное положение относительно узлов станка и режущего инструмента, т.е. сбазировать заготовку. От правильности базирования заготовки в значительной степени зависит точность положения обработанной поверхности относительно других ее поверхностей как в линейном (размеры), так и в угловом расположении.

При выборе схемы базирования заготовки у нее выбирают поверхности, которыми она при установке в приспособление будет соприкасаться с его установочными элементами, что определит ей нужное положение относительно узлов станка и режущего инструмента. Эти поверхности детали называют *технологическими базисами*.

Поверхность, линия или точка, принадлежащая заготовке, от которой выполняется измерение до обработанной поверхности, называется *измерительной базой*.

Если технологические и измерительные базы у детали это разные поверхности, то при обработке партии таких деталей на предварительно настроенном станке их измерительные базы будут занимать разное положение относительно режущего инструмента. Это приведет к колебанию достигаемого на операции размера, т.е. к появлению его погрешности.

Расстояние между предельными положениями измерительной базы, у партии обрабатываемых деталей, которое возникает при несовпадении технологической и измерительной баз, называют погрешностью базирования ( $\delta$ ).

Определяется  $\delta$  как сумма допусков на размеры, связывающие технологическую и измерительную базы.

## Содержание работы

Работа заключается в ознакомлении с компоновкой фрезерного станка HAAS TM-1, его узлами и их назначении; проведении экспериментального исследования по установлению причины появления погрешности базирования и влияния на ее величину расстояния между технологической и измерительной базами путем фрезерования уступов на призматической и цилиндрической заготовках.

## Оборудование, инструмент, заготовки

Оборудование: фрезерный станок HAAS TM-1

Приспособление: тиски фрезерные, призма с углом  $90^{\frac{238}{92}}$

Инструмент: режущий - фрезы концевые  $\varnothing 15 - 20$  мм; измерительный – микрометр, штангенциркуль.

Заготовки: призматические сечением  $25^{\frac{3}{2}} 30$  и цилиндрические  $\varnothing 25-30$  мм. Длина заготовки 50...60 мм. Материал: сталь 45

### Порядок выполнения работы

1. Выслушать пояснение мастера об устройстве фрезерного станка: его компоновке, узлах, их назначении; его управлении.
2. Сделать эскиз общего вида фрезерного станка HAAS TM-1.
3. Подготовить протокол (табл. 1) для записи результатов измерений по установлению причины возникновения погрешности базирования с эскизом обработки призматических деталей.
4. Фрезеровать уступ на трех призматических деталях, поочередно устанавливая их в тиски, при одной наладке станка.
5. Сделать выводы о причине появления погрешности базирования и причине, вызывающей ее появление.
6. Подготовить протокол (табл. 2.) для записи результатов измерений по установлению влияния на величину погрешности базирования расстояния между технологической и измерительной базами с эскизом обработки цилиндрических деталей.
7. Фрезеровать уступ на трех цилиндрических деталях, поочередно устанавливая их в призму с углом  $\alpha = 90^{\frac{238}{92}}$  при одной наладке станка.
8. Измерить у заготовок  $\varnothing D$  и величину уступов  $H_1$  и  $H_2$ . Заполнить протокол измерений. Найти погрешности базирования для размеров  $H_1$  и  $H_2$ .
9. Произвести вычисления погрешностей базирования [1] и выполнить сравнение со значениями, полученными при обработке деталей.
10. Сделать выводы о влиянии на величину погрешности базирования, расстояния между технологической и измерительной базами.

## Протокол измерения № 1

	N Детали	A, мм	H <sub>1</sub> , мм	H <sub>2</sub> , мм
	1			
	2			

	3			
		$T_A, \text{мм}$	, мм	, мм

Таблица 2.

Протокол измерения № 2

	N Детали	$\overline{s-a} D$ , мм	$H_1$ , мм	$H_2$ , мм
	1			
	2			
	3			
		$T_D$ , мм	, мм	, мм

--	--	--	--	--

### **Отчет о работе**

Отчет должен содержать:

1. Наименование, цель, содержание работы, используемое оборудование.
2. Эскиз общего вида фрезерного станка с указанием на нем узлов станка.
3. Протоколы 1 – ого и 2 – ого опытов с результатами измерений и выводами по каждому опыту.
4. Выводы с указанием путей уменьшения погрешности базирования.

### **Лабораторная работа № 3**

#### **Жесткость технологической системы и точность обработки для обработки консольно закрепленных деталей**

Цель работы: Изучение влияния упругих деформаций технологической системы под действием сил резания на точность размеров и формы вала при токарной обработке консольно закрепленных деталей.

#### **Компоновка токарного станка**





Рис. 1. Общий вид токарного станка ТПУ – 125SL с ЧПУ

Рис. 2. Основные узлы токарного станка ТПУ – 125SL с ЧПУ

1 - Педаль управления; 2 - Ролик прижимной; 3 - Станина-суппорт крестовый; 4 – Бабка шпиндельная; 5 - Головка револьверная; 6 – Транспортёр; 7 – Ограждение; 8 - Ящик для стружки; 9 - Выключатель конечный; 10 – Ограждение; 11 – Кожух; 12 - Болт анкерный; 13 – Кронштейн поворотный; 14 - Гидро разводка смазки и СОЖ; 15 - Станция смазочная; 16 – Крышка; 17 - Привод главного движения; 18 - Дверь задняя; 19 – Стакан; 20 - Установка для подачи СОЖ; 21 - Механизмы перемещения щита подвижного; 22 – Редуктор; 23 – Светильник; 24 – Щит подвижный; 25 – Щит торцовый; 26 – Стойка; 27 – Кожух; 28 – Направляющая; 29 – Основание; 30 – Короб; 31 – Кронштейн; 32 – Кожух; 33 – Кожух; 34 - Привод главного движения; 35 – Кожух; 36 - Устройство загрузки выгрузки автоматическим манипулятором; 38 - Пневморазводка; 39 - Пневмоблок подготовки воздуха; 40 - Комплект электрооборудования; 49 – Основание; 50 - Дверь задняя; 51 – Короб; 52 - Привод главного движения; 53 – Кожух; 54 - Устройство загрузки-выгрузки с автоматическим манипулятором; 55 - Комплект электрооборудования; 56 - Индикатор контакта.

Станок токарный с ЧПУ ТПУ-125SL (рис. 1.) предназначен, для высокопроизводительной токарной обработки деталей в автоматическом цикле с обеспечением установки и снятия деталей вручную. Станок имеет наклонную компоновку и выполнен в многоблочном исполнении как показано на рис. 2. Основным несущим элементом всех узлов станка является основание. На нём установлены: - шпиндельная бабка – 4;

- станина – суппорт крестовый – 3;
- кронштейн поворотный с пультом – 13;
- транспортёр для уборки стружки – 6;

На суппорте установлен сменный многоинструментальный блок (револьверная головка) - 5.

На шпиндельной бабке установлен самоцентрирующийся 3<sup>x</sup> кулачковый патрон. Все узлы станка закрыты ограждением (7, 11, 16, 18, 27, 32, 33, 35, 53) для защиты оператора и зоны обслуживания станка от стружки и СОЖ. Станок имеет наклонную под углом 30° к вертикали станины компоновку. На направляющих станины размещён крестовый суппорт, имеющий продольное и поперечное перемещение. Направляющие имеют прямоугольную форму. Пара трения: фторопласт (лента Ф4К15М5Л – 3А); специальный чугун.

### Теоретические положения

Рассмотрим влияние основных факторов, оказывающих влияние на технологическую систему.

Под жёсткостью сборочных единиц и технологической системы следует понимать их способность оказывать сопротивление перемещению выбранной точки в направлении действия силы, порождающей это перемещение.

В соответствии с этим жёсткость  $j$  следует измерять отношением приращения эквивалентной силы  $dP$ , к приращению перемещения  $dy$ , измеряемого в направлении её действия:

или, при определении величины средней жёсткости, отношением средней величины эквивалентной силы  $P_{эср}$  к средней величине перемещения  $y_{ср}$  в направлении действия этой силы.

Жёсткость сборочных единиц и технологической системы является величиной постоянной, но её значение зависит от ряда факторов. К ним относятся: состояние станка, его конструктивные особенности, материал деталей, вязкость смазки и её количество в стыках, погрешности формы сопряжённых поверхностей, величина и направление предварительных натягов, температура и т.д.

В соответствии с изложенным, определение жёсткости или, иначе говоря, зависимости нагрузка – перемещение должно производиться при строгой регламентации всех факторов, оказывающих влияние на изменение этой зависимости. В первую очередь должны быть регламентированы координаты точек двигателей узла или узлов, относительное перемещение которых следует измерить, координаты точек приложения нагрузок, температура узла (узлов) и т.д.

Отметив выше понятия и физическую сущность жёсткости сборочных единиц и технологической системы, рассмотрим влияние жёсткости на образование погрешностей динамической настройки и основных путей их сокращения для повышения точности обрабатываемых деталей.

Рассмотрим образование погрешностей валиков, обрабатываемых в патроне (рис.3.) токарного станка.

При обработке в патроне деталь закрепляется в трёх кулачковый самоцентрирующийся патрон. Во время обработки на деталь действуют силовые факторы согласно рис. 3.а. Перемещения в различных точках обрабатываемой поверхности детали при постоянном усилии резания зависят от плеча, на котором приложено усилие  $P_y$ , и от величины момента  $P_{xr}$ .

Таким образом, погрешность формы обрабатываемой детали в продольном сечении будет зависеть от эквивалентного силового фактора в виде момента, вызывающего угловые перемещения детали. Эти перемещения происходят в результате:

- 1) поворота детали в кулачках патрона;
- 2) поворота кулачков патрона относительно его корпуса;
- 3) поворота корпуса патрона относительно шпинделя;

4) отжатия опор (подшипников) шпинделя;

5) прогиба шпинделя.

Относя момент действующих сил к плечу  $h$ , определяющему положение центра  $O$  поворота, получим величину эквивалентного момента для любого сечения при действии сил на произвольном расстоянии от подшипника:

где - функция усилия привода.

Определить перемещения детали в разных точках по длине, можно при помощи формулы:

Эта формула показывает, что форма детали в продольных сечениях при обработке в патроне определяется кривой второго порядка (рис. 3.б.).

При обработке в патроне форма детали в поперечном сечениях не искажается под воздействием усилий резания, так как в этом случае деталь зажата в кулачках, и влияние одностороннего поводка отсутствует. Отжатия инструмента по всей длине детали остаются постоянными, что влияет не на форму детали, а только на отклонение размера.

Наряду с жёсткостью на технологическую систему оказывают действие и режимы резания, т.е. скорость резания, подача и глубина резания.

Эти показатели оказывают прямопропорциональное влияние на силы резания, и соответственно на точность изготовления детали.

Также на качество поверхности влияют точность и состояние инструмента. Точность инструмента зависит от состояния его углов. Правильно назначив углы резца, можно значительно уменьшить интенсивность его изнашивания, силы, затрачиваемые на процесс резания, мощность станка. От точности углов также зависит качество обработанной поверхности и производительность обработки. Также от точности установки инструмента может ухудшаться качество и производительность обработки, т.к. это приводит к изменению углов инструмента. Таким образом, установка резца на станке должна соответствовать расчётным значениям его углов.

В процессе резания передний и задний углы инструмента изменяются. Изменение углов вызвано изменением положения координатных плоскостей.

Изменение состояния инструмента сопровождается явлением наростообразования и изнашиванием инструмента.

Требуемая точность обработки достигается также с помощью правильного базирования заготовки, точностью приспособления, а также правильной поднастройкой

технологической системы. Эти факторы оказывают немаловажное влияние на точность обрабатываемой детали.

Процесс достижения точности обрабатываемого объекта можно разделить на три отдельных этапа: установку, координирование и закрепление обрабатываемого объекта производства с требуемой точностью; подведение и установку без рабочих нагрузок режущего инструмента или обрабатываемого объекта в требуемом относительном положении и фиксация положения; выполнение обработки со всеми присущими ей явлениями.

В процессе выполнения каждого из этих этапов появляются погрешности, которые, суммируясь и частично компенсируя друг друга, в конечном итоге превращаются соответственно в результирующие погрешности: установки; статической настройки технологической системы; динамической настройки технологической системы.

Из проведённого анализа следует, что наиболее существенными факторами, влияющими на точность формообразования являются колебания припуска и упругие деформации инструмента и под действием сил резания.

### **Содержание работы**

При выполнении работы определяют податливость технологической системы динамическим методом, вычисляют значение погрешности формы обработанной поверхности вала.

### **Оборудование, инструмент, заготовки**

Оборудование: токарный станок ТПУ – 125SL с ЧПУ.

Приспособления: трехкулачковый самоцентрирующийся патрон.

Инструмент: режущий – резцы проходные Sandvik; инструмент мерительный – микрометр, индикатор закрепленный на штативе.

Заготовки: валы  $\varnothing 30$  мм,  $l=150-200$  мм, материал – сталь 45 и сталь 45X, 3-4 шт.;

## Порядок выполнения работы

1. Выслушать пояснение мастера об устройстве токарного станка: его компоновке, узлах, их назначении; его управлении.
2. Сделать эскиз общего вида токарного станка.
3. Расчетным путем с использованием зависимости (1) вычислить величину возможных упругих смещений в сечениях как показано на рис.4. Полученные данные записать в таблицу 1.

где  $P_y$  – радиальная составляющая силы резания;  $l$  – длина консоли;  $E$  – модуль упругости материала;  $I$  – момент инерции в поперечном сечении.

Рис. 4. Схема определения деформации  
в различных сечениях

## Величина упругих смещений

Материал	№ сечения	Длина, мм	Диаметр, мм	Отклонение, мкм

3.1. В связи с тем, что в первый момент обработки происходит врезание и действие факторов оказывающих своё влияние на процесс резания непредсказуемо. В связи с таким поведением факторов расчеты производить, отступив от края детали 10 мм, далее через каждые 20 мм (рис. 4).

На основании полученных данных сделать вывод.

4. Определить податливость станка динамическим методом.

4.1. Составить эскиз обработки вала (рис. 5), подготовить протоколы испытаний (таблица 2 и 3).

4.2. Назначить режимы резания (разные для двух – трех опытов). Режимы резания записать в таблицу 2.



Таблица 2.

## Режимы обработки

Номер опыта	Глубина резания $t$ , мм	Подача $S$ , мм/об	Скорость $v$ , м/мин	Частота вращени я $n$ , мин <sup>-1</sup>	Сила $P_y$ , Н	Сила $P_z$ , Н
----------------	--------------------------------	-----------------------	-------------------------	---	-------------------	-------------------

1						
2						
3						

4.3. Установить деталь в патроне. Для получения более точных результатов, за счёт уменьшения колебаний деталь выставить по индикатору, закреплённому на штативе с магнитным основанием.

4.4. Произвести обработку.

4.5. Замерить деталь после обработки (см п.1.1.) и полученные значения занести в таблицу 3.

Таблица 3.

Результаты обработки

№ прохода	Точность обработки в соответствующих сечениях, мкм						
	1	2	3	4	5	6	7
1							
2							

5. Произвести сравнение расчетных и экспериментальных данных. Данные занести в таблицу 4.

Таблица 4.

#### Результаты экспериментов

№ п/п	Результаты расчетов	Результаты экспериментальных исследований	Отклонения	% отклонения

5.1. Сделать вывод. И дать рекомендации по уменьшению погрешности обработки.

#### Отчет о работе

Отчет должен содержать:

1. Краткое описание (название, цель, задание).
2. Схему обработки вала с указанием всех размеров, материала, режимов обработки, наименования и модели станка, материала и геометрии инструментов.
3. Заполненные таблицы 1 – 4 с результатами испытаний. Эскиз гладкого вала со значением расчетных и физических размеров и погрешностей.
4. Выводы о работе и рекомендации по уменьшению погрешности обработки.

#### Лабораторная работа №4

## Жесткость технологической системы и точность обработки для обработки деталей закрепленных в центрах

Цель работы: Изучение влияния упругих деформаций технологической системы под действием сил резания на точность размеров и формы вала при токарной обработке деталей закрепленных в центрах.

### Теоретические положения

При обработке деталей на металлорежущих станках под действием сил резания происходят упругие деформации элементов технологической системы. При недостаточной жесткости эти деформации являются источником значительных погрешностей размеров и формы обработанных поверхностей.

Под жесткостью технологической системы понимается способность системы сопротивляться действию сил, стремящихся ее деформировать. Жесткость определяется

(1)

где  $j$  – жесткость,  $кН/м$  или  $кг/мм$ ;  $F$  – составляющая силы резания, направленная по нормали к обрабатываемой поверхности,  $кН$  ( $кг$ );  $y$  – смещение поверхности в направлении действия силы относительно режущей кромки инструмента,  $м$  ( $мм$ ). В технологических расчетах удобнее пользоваться понятием податливости технологической системы

(2)

Зная жесткость элементов технологической системы, можно рассчитать возможную погрешность обработки поверхностей. Жесткость узлов станка, например шпинделя, пиноли, суппорта, можно определить расчетным и экспериментальным путем.

До последнего времени теоретическое определение жесткости деталей основывалось на формулах сопротивления материалов. Такой подход применяли в основном для оценки жесткости деталей несложной формы. В настоящее время анализ жесткости деталей сложной формы выполняют с помощью метода конечных элементов. Расчеты на ЭВМ выполняют с применением систем конечно-элементного анализа.

При экспериментальном определении жесткости применяют статический и динамический методы. В первом случае к исследуемым узлам прикладывают статическую нагрузку и измеряют возникшие при этом величины деформации. Величину жесткости вычисляют с помощью формулы (1).

При использовании динамического метода жесткость системы находят путем непосредственной обработки на станке ступенчатого вала. При обтачивании такого вала за один проход на его участках будет сниматься различный припуск и, следовательно, будут возникать разные силы резания и деформации. Соотношение размеров поверхностей до и после обработки будет характеризовать жесткость технологической системы.

Значение жесткости в этом случае находят по эмпирической формуле:

$$(3)$$

где  $k$  - коэффициент, зависящий от свойств материала заготовки и условий резания;  $v$  - подача, мм/об;  $k_1$  и  $k_2$  - коэффициенты – обточки вала,  $k_3$  – после обточки.

### **Содержание работы**

При выполнении работы определяют жесткость и податливость технологической системы динамическим методом, вычисляют значение погрешности формы обработанной поверхности вала.

### **Оборудование, инструмент, заготовки**

Оборудование: токарно-фрезерный станок EMCO CONCEPT TURN 155 с ЧПУ (Описание станка и его основные узлы см. Лабораторную работу №1 данного пособия).

Приспособления: трехкулачковый самоцентрирующийся патрон, центр задний.

Инструмент: режущий – резцы проходные Sandvik; инструмент мерительный – микрометр.

Заготовки: валы ступенчатые размерами  $d_1=50-60$  мм,  $d_2=45-50$  мм,  $l=300-350$  мм, материал – сталь 45, 3-4 шт.; валы гладкие, материал – сталь 35,45;  $d = 15-20$  мм,  $l=350-400$  мм, 3-4 шт.

### Порядок выполнения работы

1. Определить податливость станка динамическим методом.

1.1. Составить эскиз обработки ступенчатого вала (рис. 1), подготовить протоколы испытаний (таблица 1 и 2).

Назначить режимы резания (разные для двух – трех опытов) в пределах:

$$t = 3 - 4 \text{ мм для } d_1; t=0,8 - 1 \text{ мм для } d_2; S = 0,4 - 0,6 \text{ мм/об}; v = 20 - 30 \text{ м/мин.}$$

Определить значение  $n$ ,  $\text{мин}^{-1}$ . Режимы резания записать в таблицу 1.

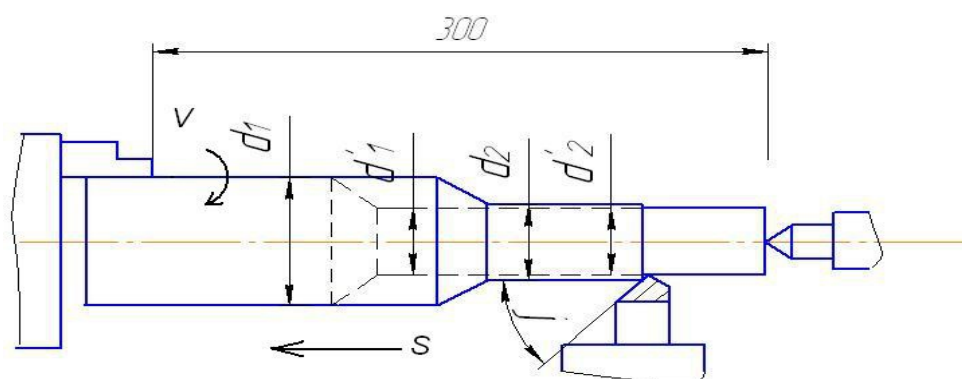


Рис.3.2 Схема обработки ступенчатого вала для оценки жесткости станка динамическим методом: материал резца Т5К10

Рис. 1. Схема обработки ступенчатого вала для оценки жесткости станка динамическим методом

Таблица 1.

Режимы обработки

Номер опыта	Глубина резания $t, \text{мм}$	Подача $S, \text{мм/об}$	Скорость $v, \text{м/мин}$	Частота вращени я $n, \text{мин}^{-1}$	Сила $P_y, \text{Н}$	Сила $P_z, \text{Н}$	$K_p$
1							
2							
3							

Для каждого опыта выполнить расчет составляющих силы резания, используя формулы:

Вычислить коэффициент  $K_p$  (см. пояснения к формуле (3)) и также записать в таблице 1.

Измерить диаметры  $d_1$  и  $d_2$  вала микрометром с точностью  $0,01 \text{ мм}$ , определить  $\Delta_1 = d_1 - d_2$  и записать в таблицу 2.

Таблица 2.

#### Размеры и жесткость вала

Номер опыта	Разме ры до обраб отки	Разме ры после обраб отки	$K_{\Delta}$	$j_{ст},$ $\text{Н/мм}$	$\omega_{ст}, \text{Н/мм}$	
					$d_1, \text{мм}$	$d_2, \text{мм}$
	$d_1, \text{мм}$	$d_2, \text{мм}$	$\Delta_1, \text{мм}$	$d_1, \text{мм}$	$d_2, \text{мм}$	$\Delta_2, \text{мм}$

1									
2									
3									
Средние значения								$j_{cp}$	$\omega_{ст. cp}$

Закрепить вал в патроне, поджать центром, закрепить пиноль, проверить крепление (**следует быть осторожным**: обработка связана с ударной нагрузкой).

Обточить вал за один проход на участках с  $d_1$  и  $d_2$ . Снять вал, измерить  $d'_1$  и  $d'_2$ , вычислить  $\Delta_2$  (см. пояснения к формуле 3). Обточить еще один – два вала на других режимах.

Вычислить значение жесткости станка по формуле (3), приняв значение  $C_p=150$ .

Вычислить значение податливости станка  $\omega_{ст}$  с помощью формулы (2) и податливость его узлов:  $\omega_{суп}$ ,  $\omega_{п.б}$ ,  $\omega_{з.б}$ . при этом следует воспользоваться известным соотношением, принимая во внимание, что

2. **Вычислить** погрешность формы, возникающую при обработке вала.

Составить эскиз обработки вала (рис.2) и подготовить таблицу 3 и 4.

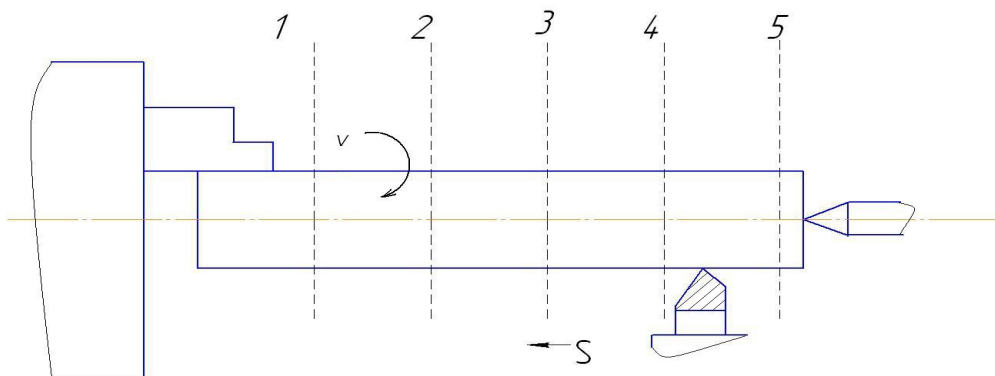


Рис. 3.3. Схема обработки нежесткого вала



Рис. 2. Схема обработки нежесткого вала

Таблица 3.

Упругие перемещения вала в сечениях

Упругие деформации	Сечение вала				
	1 $X=0$	2 $X=0,25l$	3 $X=0,5l$	4 $X=0,75l$	5 $X=l$
При статическом испытании жесткого вала					
При динамическом испытании жесткости станка					

Таблица 4.

Расчетные и фактические размеры вала

Значения диаметра	$d_1$	$d_2$	$d_3$	$d_4$	$d_5$
При					
При					

Фактические					

Назначить режимы резания:  $t = 0,8 - 1 \text{ мм}$ ;  $S = 0,4 - 0,6 \text{ мм}$ ;  $v = 20 - 30 \text{ м/мин}$ . Вычислить значение составляющей силы резания  $P_x, H$ .

Выполнить расчет податливости станка в пяти сечениях: при  $x=0; 0,25l; 0,5l; 0,75l; l$ , где  $x$  – расстояние от торца заготовки у передней бабки до точки приложения силы резания, мм;  $l$  – длина заготовки, мм. Податливость станка вычисляют дважды, используя значения податливости его узлов и , полученные экспериментальным путем на первом и втором этапах. Расчет выполнить с помощью формулы:

$$(4)$$

где  $i$  – номер выделенного сечения вала. Результаты вычислений поместить в табл. 4.

Выполнить расчет значений податливости заготовки в пяти сечениях с помощью формулы:

где  $E = 2,1 \cdot 10^5$  – модуль упругости материала вала, МПа;  $J$  – момент инерции сечения вала,  $\text{мм}^4$ ;  $x$  – значения координаты точек приложения силы при  $i=1 \dots 5$ , как в формуле (4), мм.

Вычислить значения податливости технологической системы в пяти сечениях при статическом и динамическом испытаниях жесткости станка. В  $i$ -м сечении значение податливости составляет

Вычислить упругие перемещения технологической системы в каждом из пяти сечений при статическом и динамическом испытаниях станка

где  $F_x$  – радиальная составляющая силы резания, вычисленная в п. 2.2;  $\Delta x$  и  $\Delta y$  – упругие перемещения (при статическом и динамическом испытаниях), соответствующие перемещению режущей кромки резца из положения его настройки.

Найти значение  $d_0$  настроечного диаметра обрабатываемого вала. Для этого выполнить следующее:

<sup>35</sup><sub>17</sub> Измерить диаметр заготовки  $d_{заг}$  в сечении 5 на рис.2;

<sup>35</sup><sub>17</sub> Вычисление выполнить с помощью формулы  $d_0 = d_{заг} - 2t$

где  $d_0$  – значение настроечного диаметра, мм;  $d_{заг}$  – измеренное значение диаметра в 5-ом сечении вала;  $t$  – глубина резания, мм, принятая в п. 1.2, мм.

Найти расчетный размер обрабатываемого вала в каждом из пяти сечений для двух вариантов испытания жесткости станка. Расчет выполнить с помощью формулы

где  $d_i$  – расчетный диаметр вала в  $i$ -ом сечении;  $\delta_i$  – значение упругого перемещения режущей кромки резца относительно заготовки из положения его настройки, найденное в п. 1.6.

Результаты, полученные на данном этапе, занести в табл. 4.

3. Выполнить следующее:

Закрепить вал на станке согласно рис.1.

Установить значения режимов  $t$ ,  $S$ ,  $v$ , выбранные при выполнении п.2.

Обточить вал за один проход. Снять вал.

Измерить диаметры в выделенных сечениях  $d_1, d_2, d_3, d_4, d_5$  и результаты измерений занести в таблица 4.

Оценить совпадение расчетных и фактических значений диаметра вала при разных способах определения податливости.

Выполнить эскизы (рис. 3), иллюстрирующие несовпадение расчетных и фактических значений диаметра вала в 5 значениях при  $\delta_i$  и  $d_i$ .

Сделать выводы.

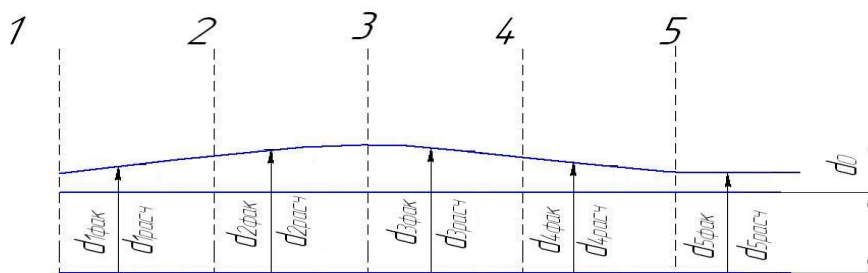


Рис. 3.4. Схема распределения погрешности обработки по длине вала

Рис. 3. Схема распределения погрешности обработки по длине вала

Отчет о работе

Отчет должен содержать:

1. Краткое описание (название, цель, задание).
2. Схемы обработки ступенчатого и гладкого валов с указанием всех размеров, материала, режимов обработки, наименования и модели станка, материала и геометрии инструментов.
3. Заполненные таблицы 1 – 4 с результатами испытаний. Эскиз гладкого вала со значением расчетных и физических размеров и погрешностей.
4. Краткие выводы о работе.

## **Лабораторная работа №5**

### **Электроэрозионная обработка труднообрабатываемых материалов.**

Цель работы: исследование влияния режимов электроискровой обработки на производительность процессов, шероховатость поверхности и точности обработки труднообрабатываемых сталей и твердых сплавов.

При прохождении между двумя электродами импульсов электрического тока возникает разрушение электродов, т.е. электроэрозия. Разрушение электрода происходит путем образования лунки на его поверхности под воздействием единичного электрического разряда.

На поверхностях электрода-инструмента 3 и обрабатываемой детали 2 имеется большое количество микронеровностей (рис.1). При подведении напряжения к электродам в межэлектродном промежутке возникает электрическое поле. Наибольшую напряженность оно имеет в направлении, проходящем через два наиболее близких друг к другу микровыступа на поверхности электродов.

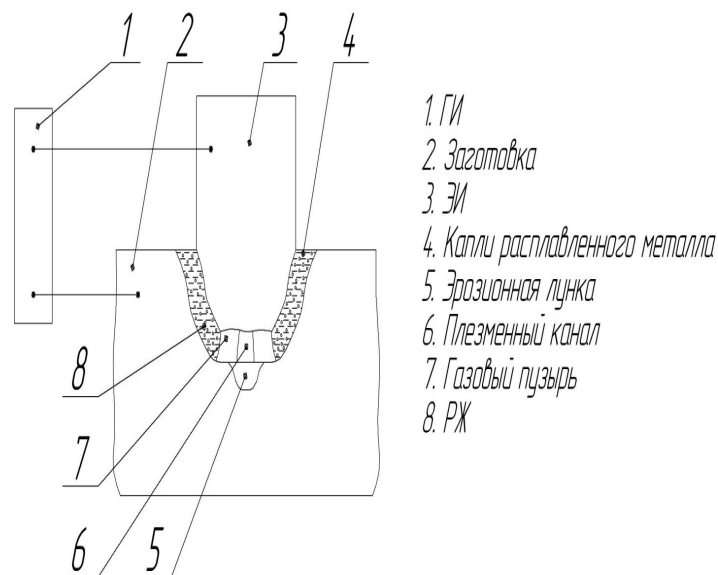


Рис.1. Схема процесса электрической эрозии:

1 – ГИ; 2 – заготовка; 3 – электрод инструмент; 4 – капли расплавленного металла; 5 – эрозионная лунка; 6 – плазменный канал разряда; 7 – газовый пузырь; 8 – рабочая жидкость.

При определенном значении напряженности электрического поля электрическая прочность рабочей жидкости нарушается – происходит электрический пробой промежутка и образуется канал разряда 8. По этому каналу устремляется электрическая энергия в виде импульсного разряда. Нагрев поверхности электродов (до 10000 °С) создается в результате бомбардировки анода электронами и катода – положительными ионами. Вначале разряд обусловлен ионами жидкости, а затем – ионизированными парами металла, микропорции материала 4 и 8 плавятся и испаряются. В результате развивающихся в канале разряда 8 и газовом пузыре 7 динамических сил капли расплавленного материала 4 выбрасываются за пределы электродов и застывают в окружающей электроде рабочей жидкости 8 в виде мелких частиц сферической формы.

После разрядки в течение некоторого времени происходит восстановление электрической прочности рабочей жидкости. Следующий разряд возникает на поверхности электродов между двумя другими ближайшими точками.

Характер протекания электроэрозионного процесса, количество и состав удаляемого из электроэрозионной лунки материала, скорость его удаления зависит от различных параметров импульсов электрического тока.

Основными параметрами электрических импульсов являются: длительность, скважность, амплитуда и частота.

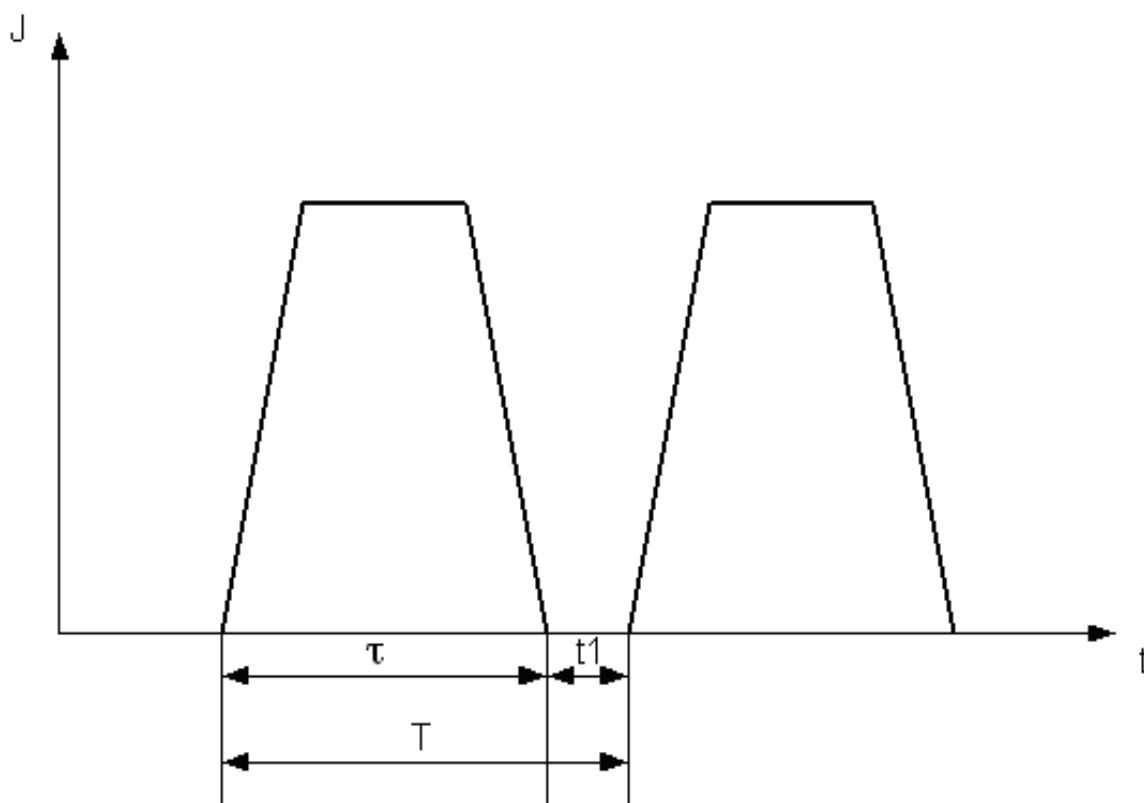


Рис.2. Характеристики импульсов электрического тока

Длительность импульса  $\tau$  определяет время действия импульса электрического тока (его продолжительность, рис.2). При электрической обработке используются импульсы длительностью от  $10^{-3}$  до  $10^{-7}$  с. Сквозностью импульсов  $q$  называют отношение периода повторения импульсов  $T$  к длительности импульса  $\tau$ .

;

где – интервал времени, в течение которого электрический импульс на электроды не подается.

Импульсы, применяемые при электроискровой обработке, следуют с большой сквозностью ( $q > 5 - 10$ ). Энергия каждого импульса невелика (4 – 5 Дж). Электроискровая обработка выполняется при прямой полярности подключения электродов: электрод-инструмент является катодом, т.е. на него подается отрицательный полюс; электрод – заготовка – анодом, на заготовку подается положительный полюс.

Частота следования импульсов определяется их числом в одну секунду, т.е. частота обратно пропорциональна периоду.

При электроэрозионной обработке используется диапазон частот 100 Гц – 200 кГц; амплитуда импульсов тока изменяется от долей ампера до десятков тысяч ампер; амплитуда импульсов напряжения изменяется от десятков до нескольких сотен вольт.

Характеристикой электроэрозии материала служит критерий Палатника ( $\Pi$ ).

где  $C$  – теплоемкость материала электрода, кг\*моль\*град;

$\lambda$  – коэффициент теплопроводности, м\*град;

$\rho$  – плотность, кг/м<sup>3</sup>;

$T_m$  – температура плавления, К.

Чем больше величина  $\Pi$ , тем выше электроэрозионная стойкость электрода.

### **Содержание работы**

Работа заключается в электроискровой обработке труднообрабатываемых материалов; в определении микронеровности поверхности; точности, производительности процесса при различных параметрах импульсов электрического тока.

### **Оборудование, инструменты, заготовки**

Оборудование: Станок электроэрозионный прошивной CHMER CM A53C с ЧПУ. Станок предназначен для получения отверстий, щелей и углублений любой формы в деталях из твердых и хрупких материалов, проводящих электрический ток (твердые сплавы, закаленные стали и пр.) (рис.3).



Рис.3. Общий вид

электроэрозионного прошивного станка CHMER CM A53C с ЧПУ.

Механическая часть станка имеет механизмы вертикального, продольного и поперечного перемещения детали и инструмента относительно друг друга.

Инструменты: для обработки – П – образного паза размером 10x20мм (рис. 4 а), материал – латунь ЛС-59 и медь М; измерительный: штангенциркуль, секундомер, весы, профилометр Mitutoyo Corp. Surftest SJ-201.

Заготовки (рис. 4 б): материал – сталь углеродистая У10А с твердостью  $HRC_3=60-65$ ; сплав 4Х5МФС повышенной теплостойкости, с твердостью  $HRC_3=50$ , твердый сплав ВК-15.



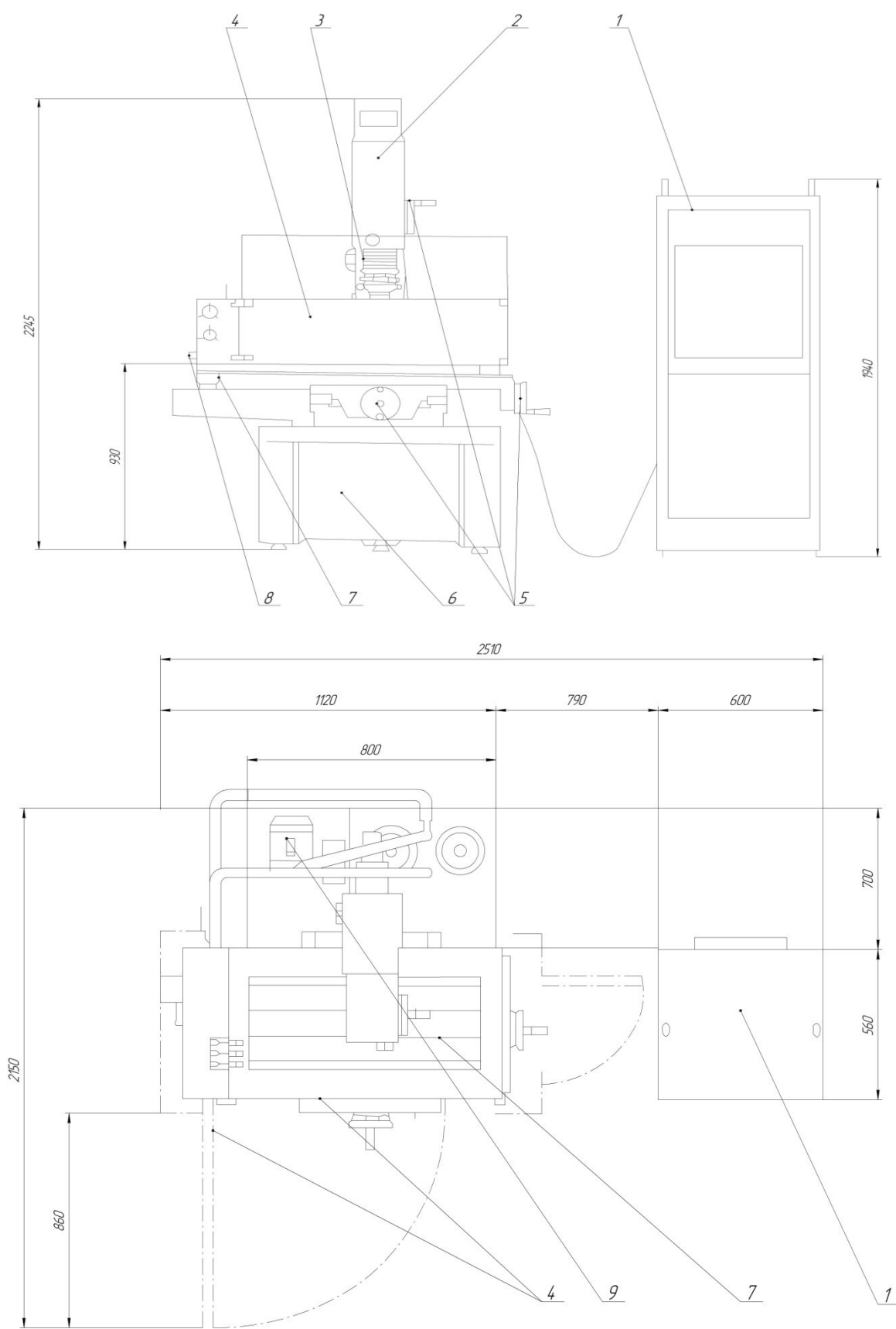


Рис.4.Основные элементы

электроэрозионного прошивного станка CHMER CM A53C с ЧПУ:

1– Стойка ЧПУ; 2 – головка (серводвигатель постоянного тока); 3 – патрон; 4 – рабочая ванна; 5 – маховики для регулировки положений; 6 – основание станка; 7 – рабочий стол; 8 – рукоятка для управления подачей масла; 9 – насосная станция.

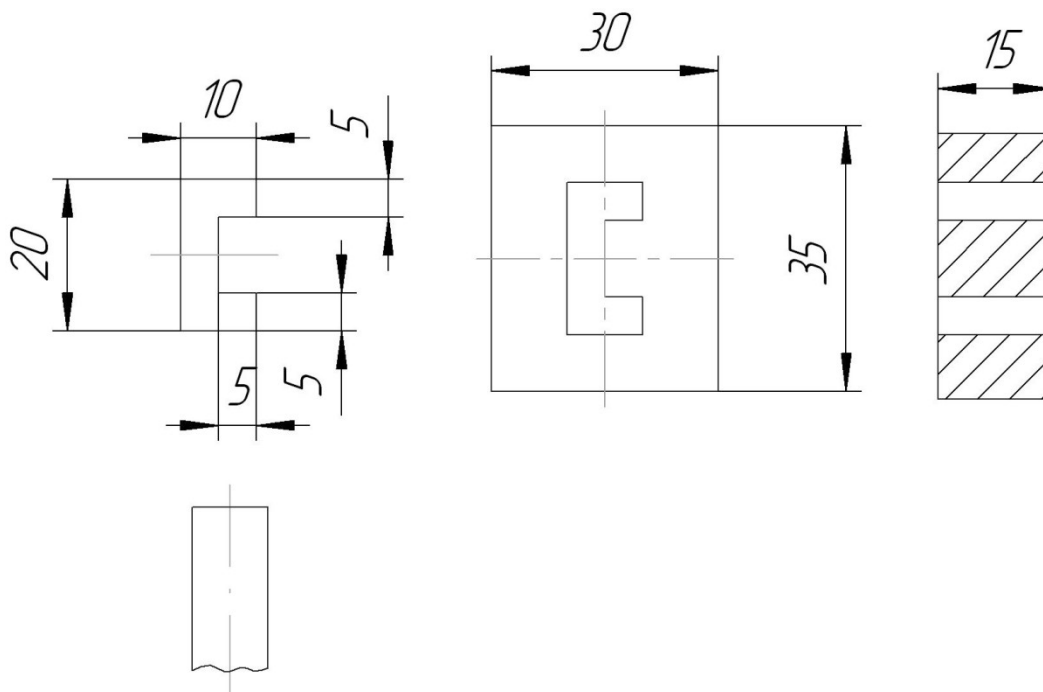


Рис.4. а) – эскиз инструмента; б) – эскиз заготовки.

### Порядок выполнения работы.

1. Выслушать пояснение мастера об устройстве электроэрозионного прошивного станка СНМЕР СМ А53С с ЧПУ: его компоновке, узлах, их назначении; его управлении.
2. Определить производительность процесса в зависимости от режимов обработки.  
В зависимости от изменения емкости конденсаторов изменяется рабочий ток. Производительность электроискровой прошивки отверстий определяется по количеству материала, удаляемого в единицу времени, т.е. по формуле:

где  $P_2$  – масса заготовки до обработки электроискровым методом, г;

$P_1$  – масса заготовки после обработки электроискровым способом, г;

$t$  – время обработки, мин.

Или по формуле:

где  $V$  – объем снятого материала;

$F$ – площадь, определяемая по формуле,

где  $F_2$ – площадь отверстия после обработки,  $\text{мм}^2$ ;

$F_1$ – площадь отверстия заготовки до обработки,  $\text{мм}^2$ ;

$h$ – толщина образца, мм;

$t$ – время прошивки отверстия, мин.

По полученным данным построить график зависимости производительности от рабочего тока .

Результаты исследования записать в таблицу 1.

Таблица 1.

Режим	Время обработки, мин	Диаметр прошитого отверстия, мм	Зазор, мм	Объем снятого материала, $\text{мм}^3$	Производительность процесса, $\text{мм}^3/\text{мин}$	Шероховатость поверхности, мкм
1						
2						
3						
4						

5						
---	--	--	--	--	--	--

3. Определить шероховатость обработанной поверхности. Снятые со станка обработанные заготовки измерить на профилометре Mitutoyo Corp. Surftest SJ-201 (методику измерения шероховатости на профилометре Mitutoyo Corp. Surftest SJ-201 см. в лабораторной работе №1 данного пособия), определить среднеарифметическое отклонение профиля обработанной поверхности. По полученным данным построить график:

4. Определить точность обработки в зависимости от режимов процесса. Точность обработки зависит от зазора между электродом– заготовкой и электродом – инструментом.

Изменение емкости конденсаторов приводит к изменению энергии рабочих импульсов. Энергия импульса рассчитывается по формуле:

где  $C$  – емкость конденсаторов, Ф;

$U_p$  – рабочие напряжения, В.

Режим работы станка и результаты записать в таблицу 2.

Таблица 2.

Режим	$U_{xx}$ , В	$U_p$ , В	$J_p$ , А	$C$ , мкФ	$W$ , Дж

1					
2					
3					
4					
5					

Построить график зависимости межэлектродного зазора от энергии импульса .

### **Отчет о работе.**

Отчет должен содержать:

1. Цель и краткое описание работы;
2. Принципиальную схему электроискровой обработки с указанием модели станка, наименование измерительных инструментов и точность измерения;
3. таблицы и графики результатов измерения;
4. Выводы (целенаправленный выбор режимов обработки).

### **Лабораторная работа №6**

#### **Электроэрозионная вырезка деталей из труднообрабатываемых материалов**

Цель работы: Изучить основы обработки деталей на электроэрозионном проволочно – вырезном станке с ЧПУ Mitsubishi VA8 и технологию программирования обработки деталей из труднообрабатываемых материалов. Получить знания и навыки по программированию обработки деталей на электроэрозионном проволочно – вырезном станке с ЧПУ Mitsubishi VA8.

## Теоретические положения

Одним из видов электрофизической обработки является электроэрозионная обработка. В частности, электроэрозионная резка проволокой. Появившись в середине 50-х годов, данный вид электроэрозии получил бурное развитие в наши дни. Областью применения данного метода является производство штампов, пресс-форм, экструзионных фильер, режущего инструмента, шаблонов, а также часовая промышленность.

Сущностью процесса электроэрозионной резки, является воздействие на деталь искровых разрядов, образующихся вследствие протекания импульсного тока с высокой частотой между проволокой и деталью, находящихся в непосредственной близости друг от друга в жидком диэлектрике. В результате разрядов, из материалов детали выбиваются микрочастицы, которые выносятся из межэлектродного зазора струей диэлектрика. Кроме того, диэлектрик играет роль катализатора процесса распада, так как при высочайшей температуре разряда диэлектрик в зоне эрозии превращается в пар. Происходит дополнительный микровзрыв пара, который не может сразу выйти из межэлектродного зазора. При этом, поверхность проволоки тоже подвергается разрушению. Поэтому проволока постоянно протягивается через деталь, т.е. в зону эрозии все время поступает новый инструмент. Материалом проволоки служит латунь или вольфрам.

Для обеспечения высоких результатов обработки повторное использование проволоки, принимавшей участие в эрозии, не рекомендуется, так как диаметр инструмента должен быть строго калиброванным.

Проволока и деталь двигаются относительно друг друга по траектории обрабатываемого контура. В результате происходит вырезание лишнего материала из заготовки.

Данный метод электроэрозии следует применять только для обработки точных сквозных контуров. Термообработка детали, в принципе, большого значения не имеет. Электроэрозионная резка значительно быстрее метода электроэрозионной прошивки контурным электродом, так как площадь обработки в момент времени уменьшена из-за малого диаметра проволоки. Так же отпадает необходимость в изготовлении черновых и чистовых электродов под конкретный контур. Траектория контура программируется на персональном компьютере.



Рис. 1. Общий вид электроэрозионного проволочно – вырезного станка с ЧПУ Mitsubishi BA8.

### **Оборудование**

Оборудование: электроэрозионный проволочно – вырезной станок с ЧПУ Mitsubishi BA8, компьютер.

Инструмент: режущий - латунная проволока, измерительный - профилометр Mitutoyo Corp. Surftest SJ-201.

Заготовки: призматические сечением  $60 \frac{3}{2} 70$  мм, цилиндрические  $\varnothing 75$  мм. Длина заготовки до 100 мм. Материал: Сталь 40X ГОСТ 4543-71.

## Порядок выполнения работы

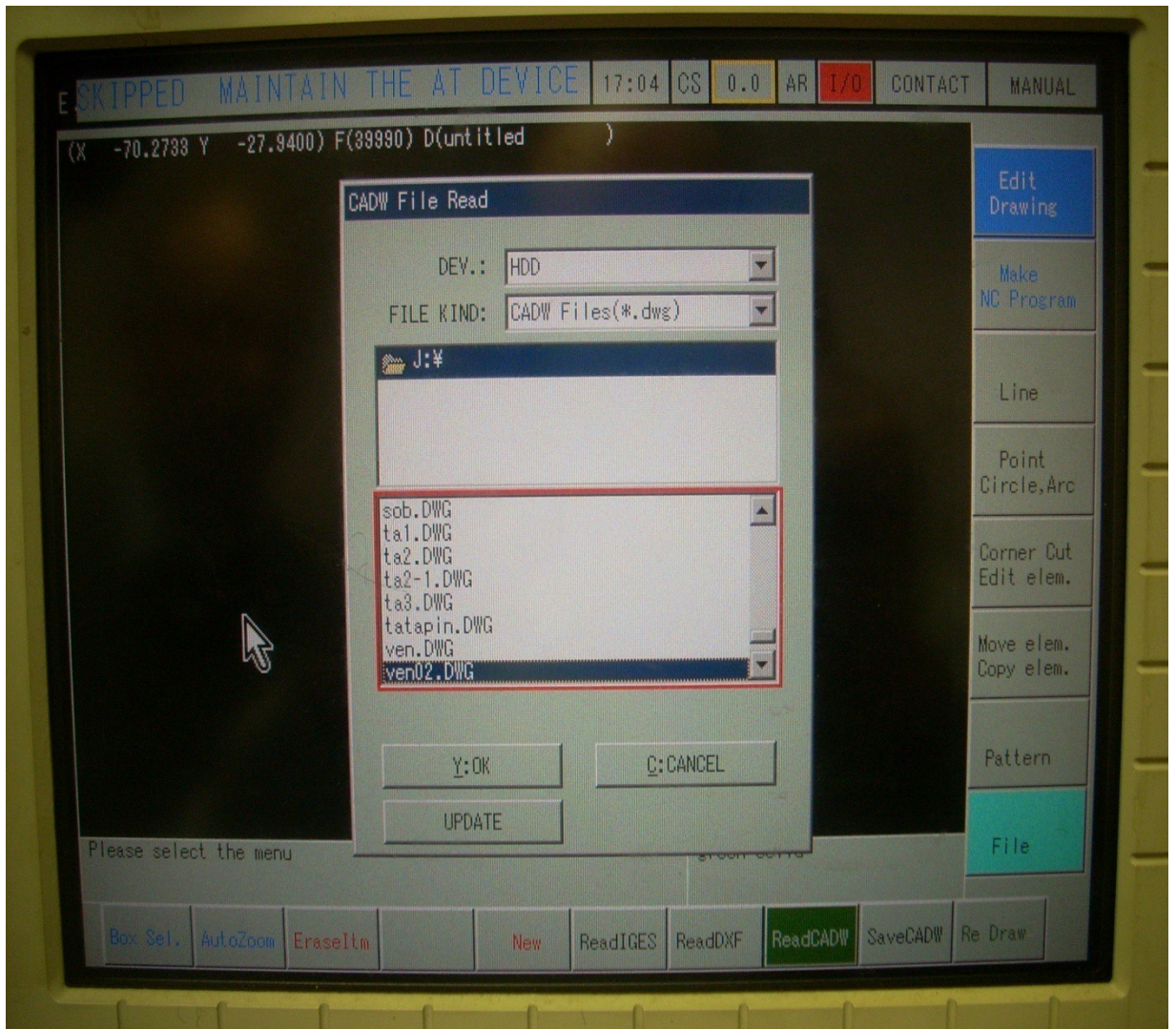
1. Выслушать пояснение мастера об устройстве электроэрозионного проволочно – вырезного станка с ЧПУ Mitsubishi VA8: его компоновке, узлах, их назначении; его управлении.

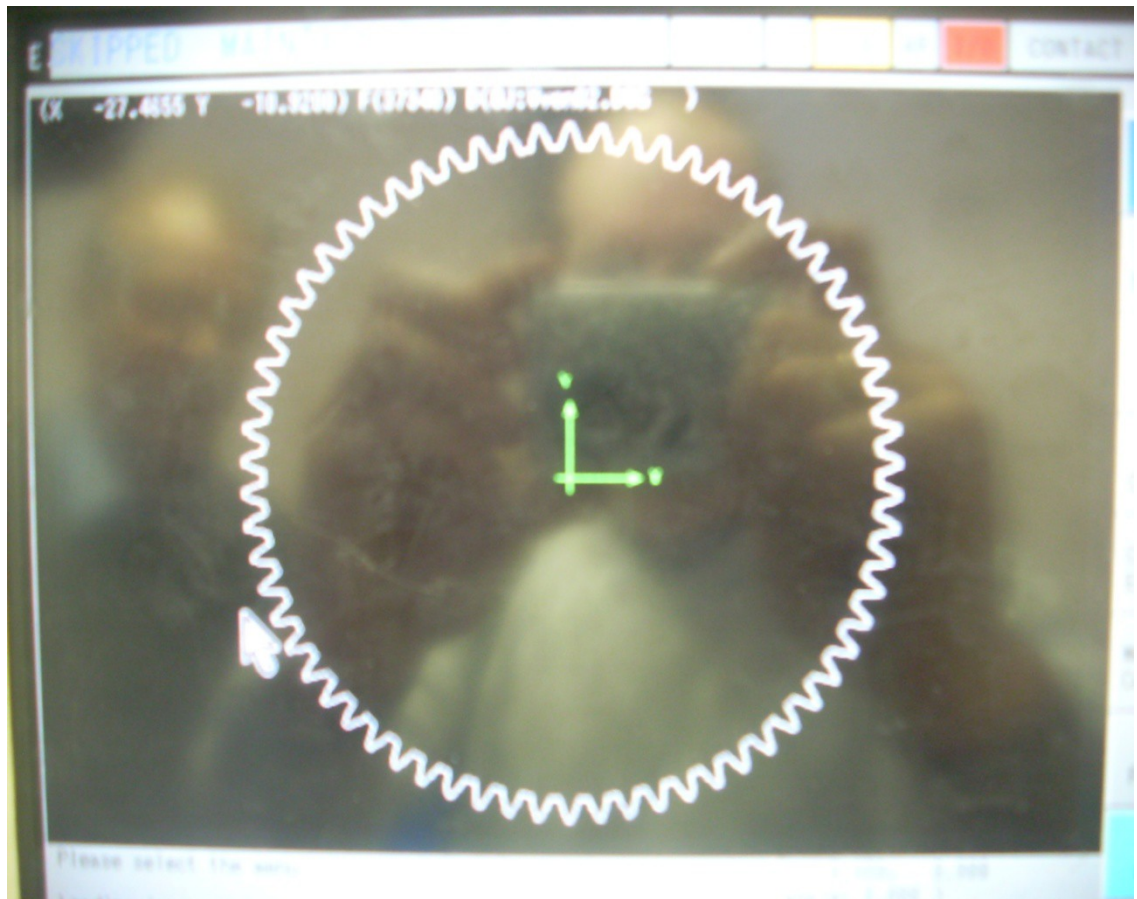
Рассмотрим выполнение данной работы на примере детали «Венец зубчатый» рис. 2.

Рис. 2. Чертеж детали «Венец зубчатый»

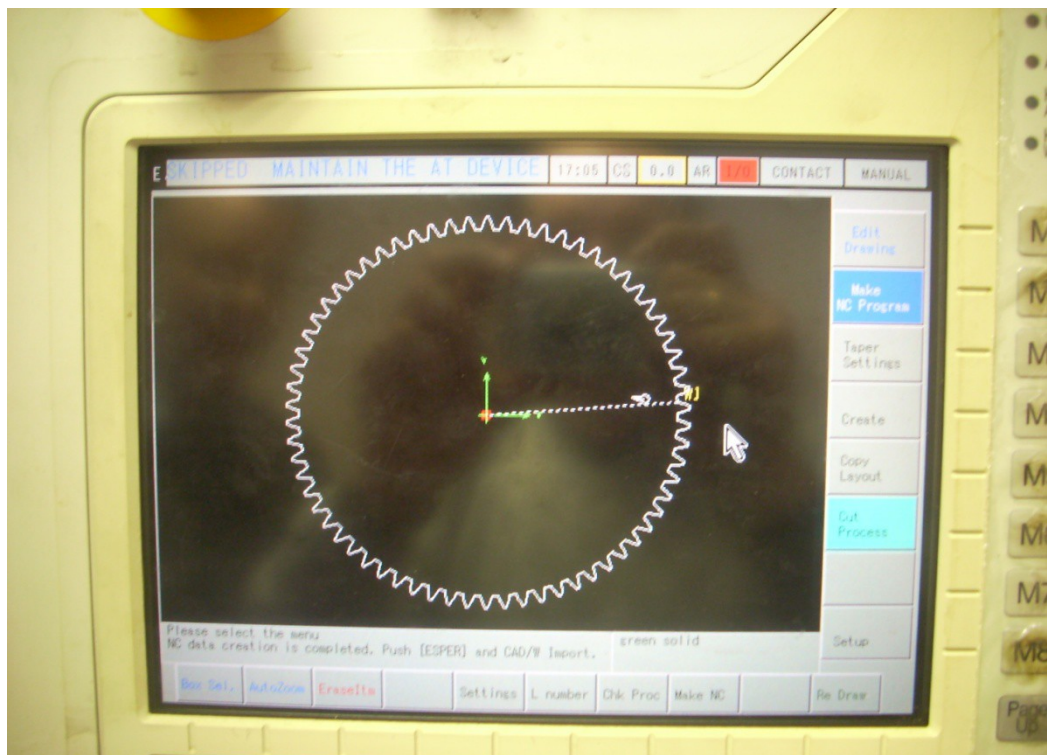
3. Создаем эскиз детали, используя программное обеспечение (Компас или AutoCAD).  
Для данной детали на электроэрозионном проволочно – вырезном станке с ЧПУ Mitsubishi VA8 обрабатываем внутренний зубчатый венец.
4. Сохраняем информацию на дискету 3,5" с расширением .dwg или .IGES или .dxf.
5. Переносим данную информацию в станок.
6. Открываем файл ven02.dwg на станке







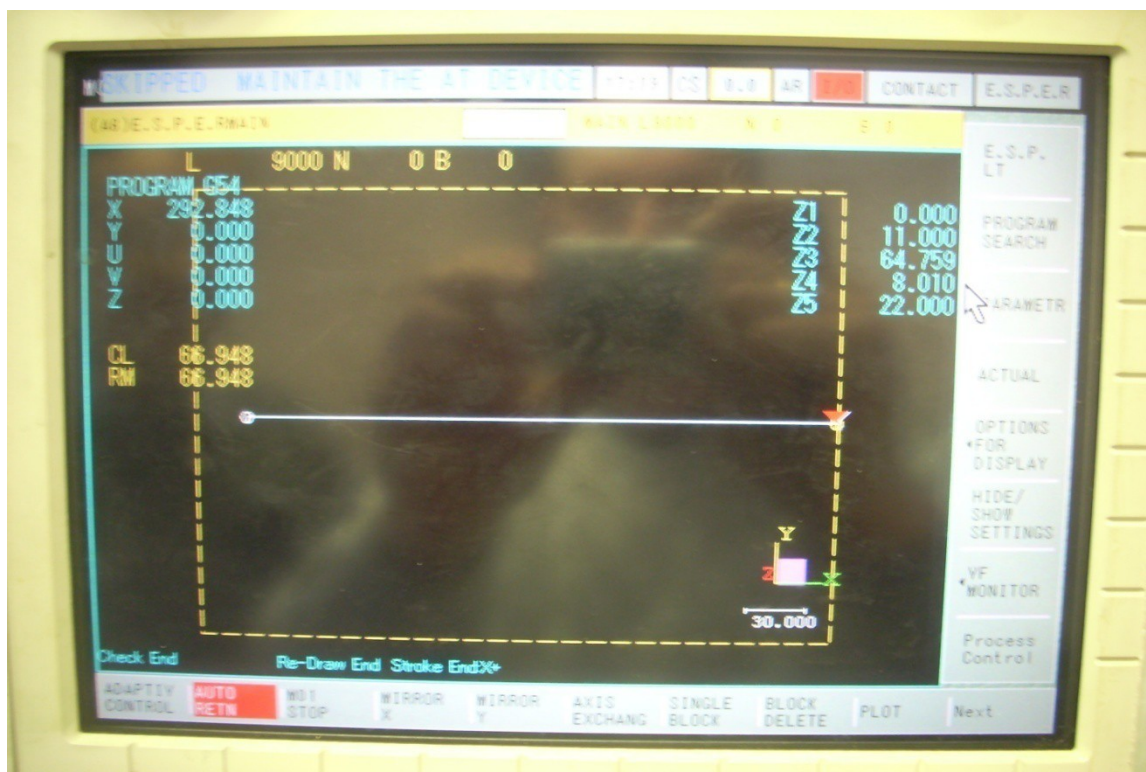
7. Назначаем стартовую точку и точку контуре вырезки



8. Делаем переход в режим E.S.P.E.R. В данном режиме задаем следующее: материал заготовки, толщину материала заготовки, выбираем количество проходов в зависимости от заданной точности по чертежу детали, при необходимости задаем углы наклона поверхностей.



9. Проводим графическое исследование на возможность обработки детали на станке. И делаем вывод о возможности обработки детали.



10. Если установлено в п.7, что деталь может быть обработана, то запускаем обработку на станке.
11. Выполнить измерение шероховатости поверхности профилометром Mitutoyo Corp. Surfrest SJ-201 (методика измерения шероховатости профилометром Mitutoyo Corp. Surfrest SJ-201 представлена в лабораторной работе №1).
12. По результатам работы сделать выводы.

### **Отчет о работе**

Отчет должен содержать:

1. Наименование, цель, содержание работы, используемое оборудование, материал заготовки.
2. Эскиз общего вида электроэрозионного проволочно – вырезного станка с ЧПУ Mitsubishi VA8 с указанием на нем основных узлов станка.
3. Чертеж детали (по заданию преподавателя).
4. Эскиз детали, выполненный в программных продуктах Компас или AutoCAD.
5. Результаты измерения шероховатости поверхности профилометром Mitutoyo Corp. Surfrest SJ-201.
6. Выводы по результатам выполненной работы.

### **Оглавление**

Предисловие.....	3
Техника безопасности.....	4
Лабораторная работа №1. Анализ влияния режимов резания и геометрии инструмента на шероховатость обрабатываемой поверхности.....	5
Лабораторная работа №2. Погрешность базирования деталей при выполнении фрезерных работ.....	15
Лабораторная работа №3. Жесткость технологической системы и точность обработки для обработки консольно закрепленных деталей.....	21

Лабораторная работа №4. Жесткость технологической системы и точность обработки для обработки деталей закрепленных в центрах.....	31
Лабораторная работа №5. Электроэрозионная обработка труднообрабатываемых материалов.....	38
Лабораторная работа №6. Электроэрозионная вырезка деталей из труднообрабатываемых материалов.....	46
Список рекомендуемой литературы.....	62

### Список рекомендуемой литературы

1. Гусев В.Г., Жарков В.Н., Морозов В.В. Основы технологии машиностроения: Учеб. Пособие по самостоятельному изучению курса для студентов – заочников / Владим. гос. ун-т. Владимир, 2004. 144 с. ISBN 5-89368-523-7.
2. Методические указания к выполнению лабораторных работ по дисциплине «Программирование обработки деталей на многофункциональных станках с ЧПУ» / Владим. гос. ун – т; сост. В.Г. Гусев. – Владимир: Изд – во Владим. гос. ун – та, 2009. – 224 с.
3. Обработка металлов резанием: Справочник технолога / А.А. Панов, В.В. Аникин, Н.Г. Бойм и др.; Под общ. ред. А.А. Панова. – М.: Машиностроение. 1988. – 736 с.: ил.
4. Кондаков А.И. САПР технологических процессов: учебник для студ. высш. учеб. заведений / А.И. Кондаков. – М.: Издательский центр «Академия», 2007. – 272 с.
5. Морозов В.В. Программирование обработки деталей на современных многофункциональных токарных станках с ЧПУ: учеб. пособие / В.В. Морозов, В.Г. Гусев; Владим. гос. ун-т. – Владимир: Изд-во Владим. гос. ун-та, 2009. – 236 с. – ISBN978-5-89368-979-2
6. Каталоги фирм производителей инструмента.
7. Бондаренко Ю.А. Технология изготовления деталей на станках с ЧПУ: учебное пособие / Бондаренко Ю.А., Погонин А.А., Схиртладзе А.Г., Федоренко М.А. – Старый Оскол: ТНТ, 2011. – 292 с. ISBN978 – 5 – 94178 - 141 – 6