

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

Институт машиностроения и автомобильного транспорта

Кафедра Технологии машиностроения

**Методические указания**

к выполнению практических работ по дисциплине  
**«ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ МАШИНОСТРОЕНИЯ»**

для студентов направления

15.03.05 «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств»

Владимир 2016

Методические указания, содержащие рекомендации по содержанию и выполнению практических работ по дисциплине «Перспективы развития машиностроения» для студентов направления 15.03.05 «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств» ВлГУ.

Методические указания составлены на основе требований ФГОС ВО и ООП направления 15.03.05 «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств», рабочей программы дисциплины «Перспективы развития машиностроения». В качестве рекомендации для организации эффективной работы студентов использованы методические пособия ведущих вузов России.

## ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение .....	4
Практическая работа № 1. Изучение устройства и функционирования установки лазерной маркировки .....	5
Практическая работа № 2. Изучение устройства и функционирования ультразвукового станка модели .....	9
Практическая № 3. Изучение устройства электроэрозионного станка модели . .....	13
Практическая работа № 4. Изучение устройства и функционирования установки для гидроабразивной резки материалов .....	18
Практическая работа № 5. Изучение особенностей технологии электроэрозионной обработки труднообрабатываемых материалов. ....	21
Литература: .....	29

## **Введение**

Целью выполнения практических работ студентом является расширение кругозора знаний в области проектирования и эксплуатации перспективных технологических систем машиностроительного профиля с использованием ранее полученных теоретических знаний; формирование самостоятельности мышления, стремления к саморазвитию, самосовершенствованию и самореализации.

Целью выполнения практических работ является закрепление теоретического материала по курсу «Перспективы развития машиностроения», а так же построение индивидуальной образовательной траектории или работа над заданием в группе. По выполнении каждой практической работы студент составляет отчет.

## Практическая работа № 1. Изучение устройства и функционирования установки лазерной маркировки

*Цель работы.* Ознакомление с устройством и функционированием установки лазерной маркировки

1. *Назначение.* Установка предназначена для маркирования импульсным лазерным излучением с длиной волны 1064 нм различного рода заготовок, инструментов и деталей из металлов и сплавов, полупроводниковых материалов, пластмасс и дерева путём нанесения символов, буквенно-цифровой или графической информации на их поверхность.

В качестве источника лазерного излучения в установке используется излучатель ЛТИ-505 Р на алюмоиттриевом фанате, активированном неодимом.

2. *Основные технические данные и характеристики:*

2.1.	Длительность импульса излучения, мкс	2-10
2.2.	Частота повторения импульсов, кГц	5-50
2.3.	Максимальные размеры поля маркировки, мм <sup>2</sup>	100x100
2.4.	Максимальная мощность, потребляемая установкой, кВт	не более 5
2.5.	Максимальная мощность, потребляемая лазером, кВт	не более 3,5
2.6.	Средняя мощность лазерного излучения, Вт	18
2.7.	Время готовности лазера, мин	не более 15
2.8.	Время непрерывной работы установки, ч	не более 8

3. *Состав, устройство и работа установки*

На рис. 1 приведена блок-схема лазерной установки, дающая представление о функциональной связи входящих в неё элементов.

3.1. Излучатель установки. Излучатель состоит из собственно генератора излучения (ГИ), в состав которого входят активный элемент, конструктивно объединённый с лампой накачки, образуя так называемый квантрон 1 (рис. 2), глухое 2 и выходное 3 зеркала резонатора, диафрагма 4, акустооптический затвор (АОЗ) 5, электромеханическая заслонка 6; за пределами генератора расположены телескоп 7 с оптикой, просветлённой на  $\lambda = 1064$  нм, поворотное зеркало 8, зеркала дефлекторов 9 и 10 и фокусирующий объектив 11.

Периодически зажигающаяся лампа накачки создаёт инверсную населённость в активном элементе. Акустооптический затвор, представляющий собой нелинейный кристалл, в котором вследствие электро-стрикции возникает стоячая ультразвуковая волна, изменяющая оптические характеристики кристалла, является активным модулятором добротности резонатора. АОЗ формирует короткий импульс лазерного излучения, следующий с частотой, определяемой периодичностью зажигания ЛН. Диафрагма формирует одномодовый режим генерации. Электромеханическая заслонка прерывает попадание излучения на рабочую поверхность обрабатываемого изделия без прекращения генерации.

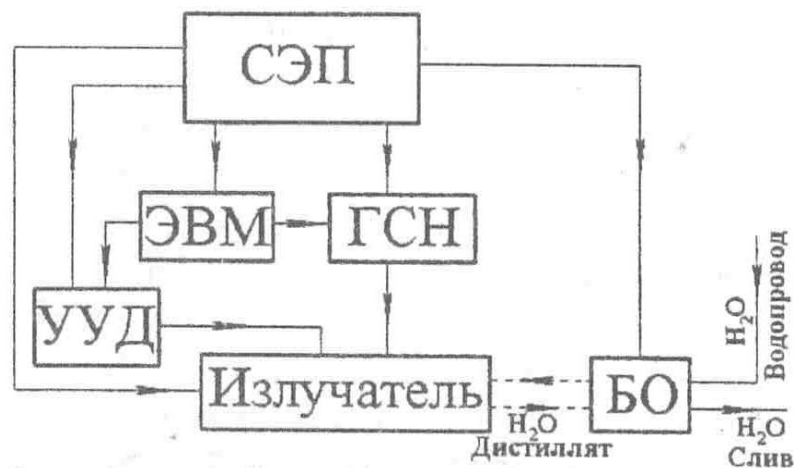


Рис. 1. Блок-схема лазерной установки:  
 СЭП – система электропитания; ГСН – генератор синусоидального напряжения; УУД – устройство управления дефлекторами; БО – блок охлаждения

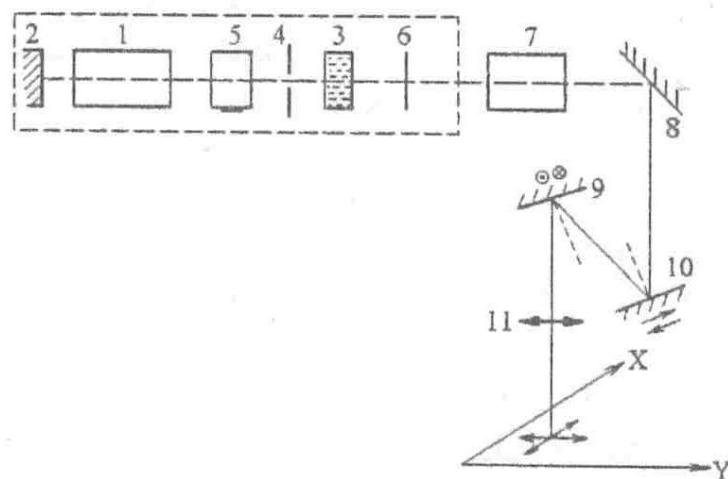


Рис. 2. Схема излучателя с системой управляющих зеркал:

1 – квантрон; 2, 3 – глухое и выходное зеркала; 4 – диафрагма; 5 – акустооптический затвор; 6 – электромеханическая заслонка; 7 – телескоп; 8 – поворотное зеркало; 9, 10 – зеркала дефлекторов; 11 – фокусирующий объектив

Телескоп обеспечивает необходимое для дальнейшей транспортировки пространственное формирование лазерного излучения. Поворотное зеркало направляет его на подвижные зеркала дефлекторов. Колебания нормали в двух взаимно перпендикулярных плоскостях обеспечивают перемещение лазерного луча по двум пространственным координатам X и Y на поверхности обрабатываемой детали. Фокусирующий объектив создаёт острую фокусировку излучения по всему полю маркировки.

3.2. Система электропитания (СЭП) (см. рис. 1). Работа установки обеспечивается подключением системы электропитания к сети трёхфазного напряжения (380 В) частотой 50 Гц.

Система электропитания содержит блок питания лампы накачки, формирующий выпрямленное напряжение в диапазоне 400 - 600 В при токе 20-25 А; два блока питания (БП1 и БП2) устройства управления дефлекторами, формирующими напряжение  $\pm 30$ ,  $\pm 10$  и 5 В. Она также обеспечивает автономную подачу напряжения на ЭВМ, генератор синусоидального напряжения (ГСН) и водяной насос блока охлаждения (БО).

3.3. Генератор синусоидального напряжения (ГСН) предназначен для питания акустооптического затвора в составе излучателя.

3.4. Устройство управления дефлекторами (УУД) предназначено для управления работой дефлекторов. Оно выполнено в виде отдельного блока, соединённого кабелями с дефлекторами, излучателем и ЭВМ, причём ЭВМ и УУД гальванически развязаны посредством оптоэлектронной связи.

3.5. ЭВМ осуществляет электронное управление лазерным излучением через УУД, которое преобразует команды от ЭВМ в электрические сигналы, подаваемые на дефлекторы, перемещающие излучение по двум взаимно перпендикулярным координатам, и ГСН, обеспечивающий «запирание» акустооптического затвора в паузах между командами.

В ЭВМ программируется также количество импульсов лазерного излучения, подаваемых в одну точку (от чего зависит глубина маркировки), а также размер и содержание маркируемых символов (наносимой информации).

3.6. Блок охлаждения (БО). Установка имеет двухконтурную систему охлаждения. Активный элемент, лампа накачки и акустооптический затвор охлаждаются дистиллированной водой и составляют замкнутый внутренний контур охлаждения. Суммарный объём хладагента 20 л. Его охлаждение осуществляется проточной водой от водопроводной магистрали с расходом не более 5 л/мин при температуре от 10 до 25 °С.

#### 4. Управление установкой

4.1. Органы управления (кнопки, тумблеры и т.д.) расположены на отдельных блоках установки (БПЛН, ГСН и др.) и имеют установочные (наладочные) функции: задание режимов, выведение на требуемые параметры и т.д., и после их установления в необходимое положение в дальнейшем не используются.

4.2. Управление установкой производится с пульта управления. Органы управления, выведенные на панель пульта, представлены на рис. 3.

4.3. Перед запуском установки необходимо убедиться в том, что органы управления находятся в исходном состоянии, а именно:

- кран на подаче воды от водопроводной сети закрыт;
- выключатель автоматический В А 51-3400 (25 А, 660 В, 50 Гц) в положении - «выключен»;
- ключ «сеть» находится в положении «до упора против часовой стрелки», т.е. выключен;

- тумблер «излучение» - в положении «вниз», т.е. выключен;
- тумблер ЛД (лазерный диод) - в положении «вниз», т.е. выключен;
- индикаторы не горят;
- ЭВМ отключена.

4.4. Запуск установки в работу производится в следующем порядке:

- открыть кран для подачи воды во внешний охлаждающий контур,
- включить выключатель автоматический В А 51-3400;
- включить питание «сеть» ключом, расположенным на панели пульта управления, повернув его до упора по часовой стрелке. При этом загорится индикатор «сеть»;
- нажать кнопку «пуск» и выждать некоторое время до загорания индикатора «готов», свидетельствующего о готовности силовых блоков к работе;
- включить полупроводниковый лазер, переведя тумблер ЛД в верхнее положение;
- подготовить ЭВМ к работе, включив питание и установив требуемый файл;
- включить тумблер «излучение», переведя его в верхнее положение, при этом загорится индикатор, свидетельствующий о разрешении на выход лазерного излучения при поступлении команды от ЭВМ.

4.5. В случае аварийной ситуации следует нажать большую красную кнопку в правом верхнем углу пульта. При этом прекратится подача питающих установку напряжений.

4.6. Для перевода установки в рабочем порядке в исходное (отключенное) положение операции с органами управления, изложенные в п. 4.4., следует произвести в обратном порядке.

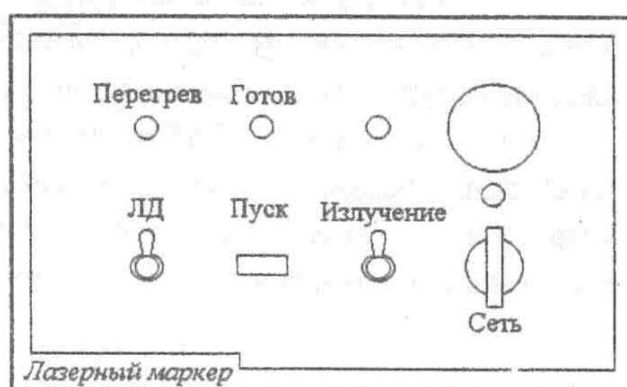


Рис. 3. Внешний вид пульта управления

4. Отчет должен содержать:

- цель и краткое описание работы;
- принципиальную схему станка, наименование измерительных инструментов и точность измерения;
- таблицы и графики результатов измерения;
- выводы.



## Практическая работа № 2. Изучение устройства и функционирования ультразвукового станка модели

*Цель работы.* Изучить устройство ультразвукового станка модели 4772.

Ознакомьтесь с устройством ультразвукового генератора УЗ М – 1,5.

1. *Назначение.* Ультразвуковой станок модели 4772 предназначен для обработки твердых и хрупких материалов: стекла, керамики, твердых сплавов и т.п. на станке могут изготавливаться методом прошивания отверстия и плоскости различной конфигурации. Станок оснащен самостоятельным генератором ультразвуковых колебаний УЗ М – 1,5 мощностью 1,5 кВт.

2. *Основные технические данные и характеристики:*

Оптимальный диаметр прошиваемых отверстий	30мм
Максимальный диаметр прошиваемых отверстий	70мм
Максимальная глубина прошиваемых отверстий	30мм
Максимальный рабочий ход ультразвуковой головки	30мм
Максимальные размеры обрабатываемой детали, мм	

длина 200  
ширина 150  
высота 180  
0,05-7,5

Мощность акустической системы, кВт

3. *Состав, устройство и работа установки*

Общий вид станка с органами управления приведен на рисунке 4: 1 – маховик профильной подачи стола; 2 – маховик поперечной подачи стола; 3 – маховик подъема стола; 4 – выключатель электронасоса; 5 – выключатель соленоида; 6 – кнопка релаксации; 7 – выключатель освещения станка; 8 – регулятор подачи головки.

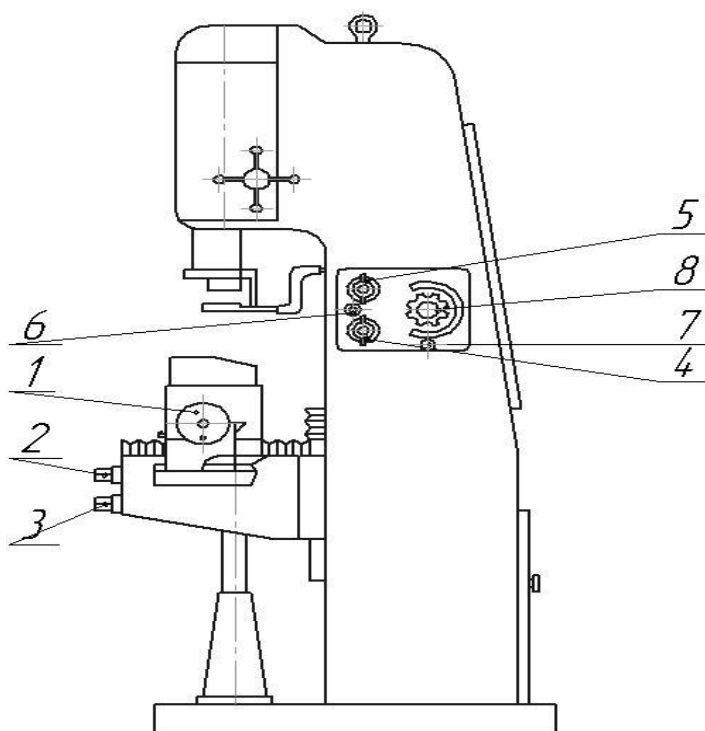


Рис.4. Общий вид ультразвукового станка модели 4772

### Описание станка

Кинематическая схема станка приведена на рисунке 5. Схема перемещений стола и консоли проста и пояснений не требует. Ультразвуковая головка имеет разъемный корпус; внутри может перемещаться относительно корпуса по вертикальным направляющим качения. Ползун уравновешен противовесом и связан с соленоидом, с помощью которого можно, по мере необходимости, уменьшить избыточный вес ползуна и следовательно, давление инструмента на изделие. В нижней части ползуна расположена геометрическая камера с магнитострикционным преобразователем, охлажденным водой.

К преобразователю крепится на резьбе концентратор.

В головке имеется устройство для замера давления инструмента на изделие и снижение давления в конце обработки по заранее заданному режиму. Внутри станины помещается бак с абразивной суспензией. Внутри стола проходят каналы слива абразивной суспензии. На столе устанавливается защитный кожух, препятствующий разбрызгиванию абразивной суспензии.

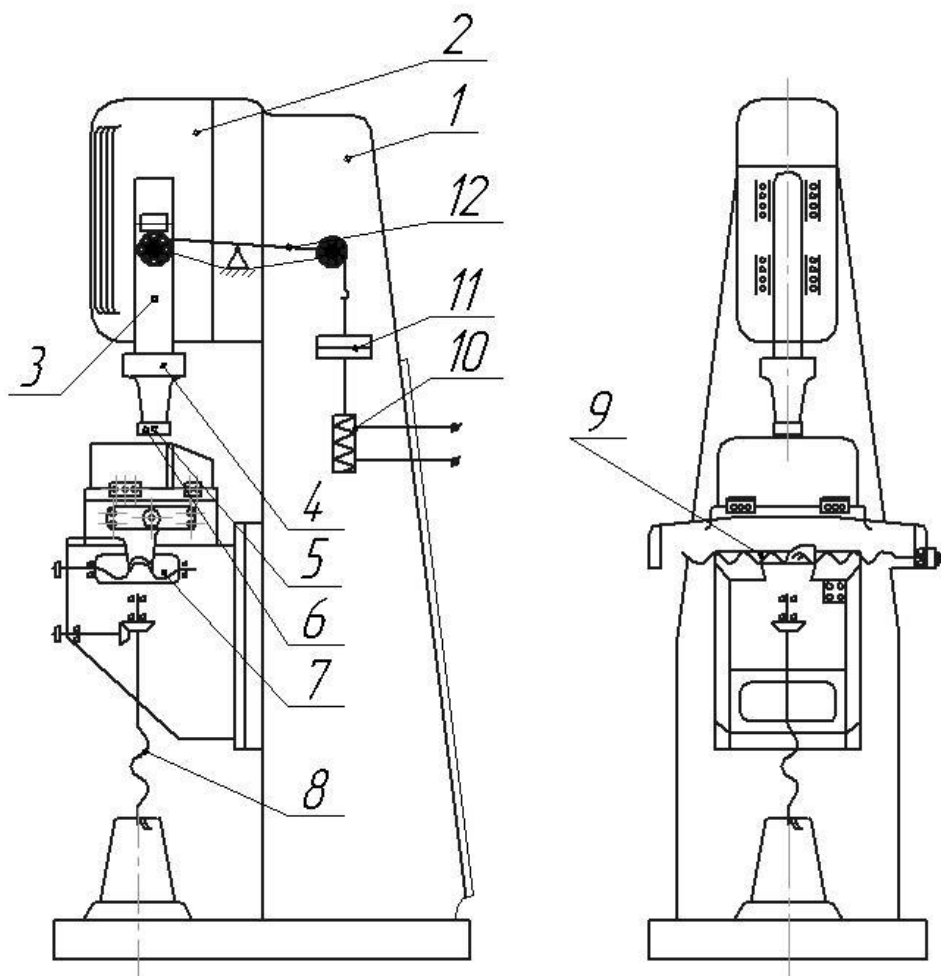


Рис. 5. Кинематическая схема станка модели:

1 – станина; 2 – головка; 3 – ползун; 4 – магнитостриктор; 5 - концентратор; 6 – инструмент; 7 – винт поперечного перемещения; 8 – винт подъема стола; 9 – винт продольного перемещения стола; 10 – соленоид; 11 – противовес; 12 – коромысло.

Электрическая схема станка приведена на рис.6. выключатель ДВ отключает систему при недостаточном давлении воды, охлаждающую магнитостриктор.

Выключатель 1ВВ служит для включения насоса 1М. Тумблер 3 включает помпу. Соленоид «С» регулирует силу подачи. «Питание» его осуществляется постоянным током через селеновые выпрямители ВС, собранные по схеме Герца при включенном выключателе 2ВВ. Меняя автотрансформатором АТ силу тока в соленоиде, регулируют его тянущее усилие. Для релаксации головки служит кнопка 1КУ, которая закорачивает автотрансформатор АТ и подает ток на соленоид К.

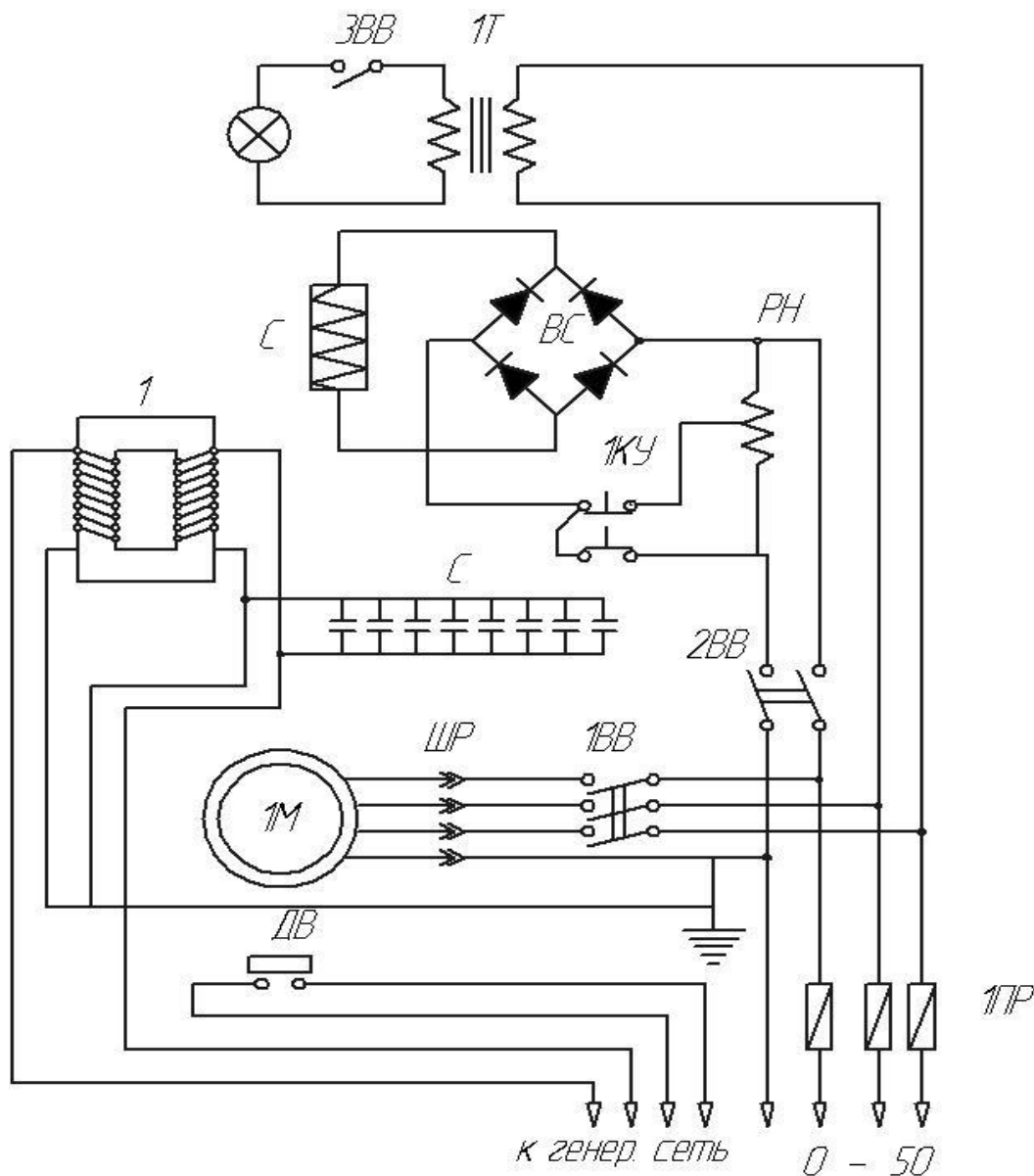


Рис.6. Принципиальная схема электрооборудования станка.

Описание генератора.

Схема генератора ультразвуковых колебаний типа УЗГ – 1,5 приведена на рис.7. генератор состоит из возбудителя колебаний, собранного по двухконтактной схеме на мощных выходных триодах ГУ – 80. Все эти элементы питаются от специального блока питания. С выходом

конечного каскада переменное напряжение ультразвуковой частоты подается на магнито-стрикционный преобразователь МПС, к которому и крепится концентратор.

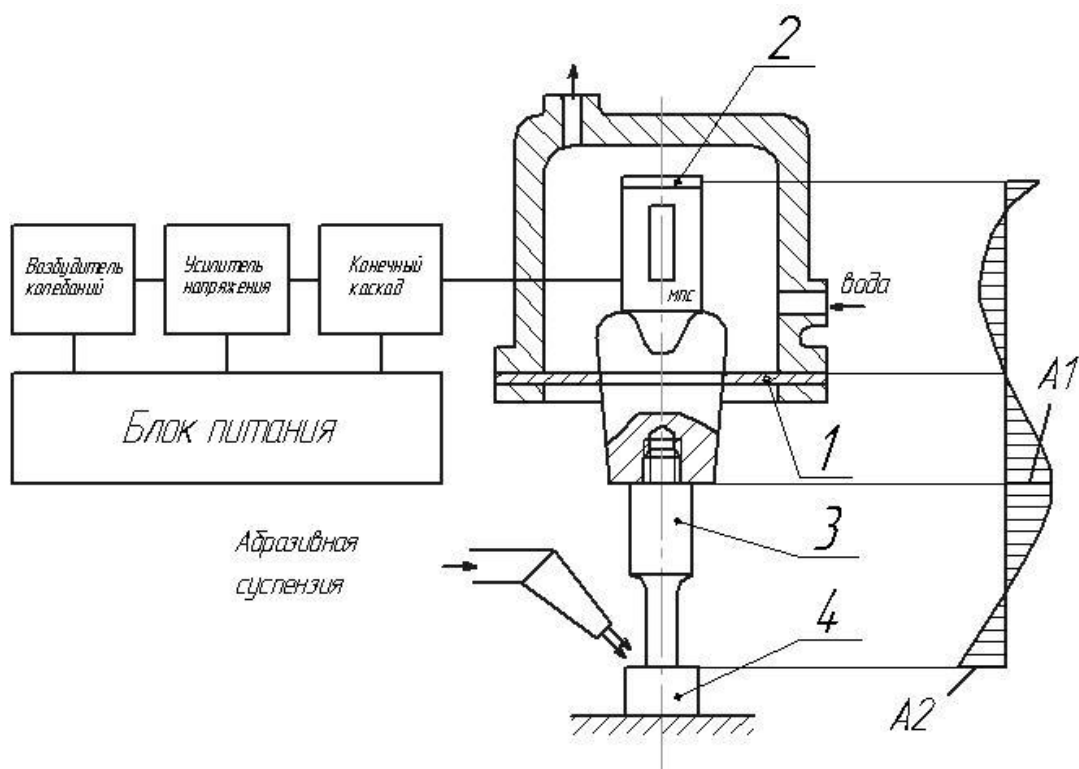


Рис. 7. Принципиальная схема генератора:

1 – опорный фланец; 2 – резиновая накладка; 3 – концентратор (двухполуволновый); 4 – обрабатываемая заготовка; МПС - магнито-стрикционный преобразователь.

#### 4. Порядок работы на станке для прошивки отверстия

1. Необходимо опробовать все ручные и механические перемещения с помощью соответствующих органов управления (см. рис.1).
2. В бак залить абразивную суспензию.
3. Открыть запирающий клапан без охлаждения магнито-стрикционного вибратора.
4. Включить ультразвуковой генератор.
5. Установить инструмент. Верхний торец концентратора должен прилегать плотно, без зазора.
6. Ручным штурвалом ручная головка поднимается в верхнее положение.
7. На стол устанавливается обрабатываемая деталь, которая выставляется относительно инструмента.
8. Деталь вводится в контакт с инструментом.
9. Включается соленоид и с его помощью устанавливается необходимое давление.
10. Включается насос подачи абразива.
11. Включается анодное напряжение генератора.
12. После прошивки отверстия органы управления выключаются в обратной последова-

тельности.

#### 5. Отчет должен содержать:

- цель и краткое описание работы;
- принципиальную схему станка, наименование измерительных инструментов и точность измерения;
- таблицы и графики результатов измерения;
- выводы.

### **Практическая № 3. Изучение устройства электроэрозионного станка**

*Цель работы.* Ознакомление с устройством и принципом функционирования станка модели

*1. Назначение.* Электроэрозионный копировально-прошивочный станок с адаптивно-программным управлением предназначен для изготовления деталей объемной формы типа штампов, пресс-форм, обработки отверстий различной конфигурации в деталях из токопроводящих материалов как из обычных конструкционных, так и из труднообрабатываемых типа нержавеющей сталей и т. п.

Область применения станка – единичное и мелкосерийное производство.

*2. Основные технические данные и характеристики:*

Размеры рабочей поверхности стола по ГОСТ 15954-70, мм:

ширина.....400

длина.....630

Наибольшее расстояние от рабочей поверхности стола

до торца осциллирующей головки, мм, не менее.....450

Перемещение головки относительно стола

при опущенной ванне, мм, не менее:

поперечное.....250

продольное.....400

вертикальное.....200

Наибольшее рабочее перемещение

шпинделя, мм, не менее.....200

Дискретность отсчёта координатных перемещений, мкм.....10

Предельные размеры устанавливаемой заготовки, мм

ширина×длина×высота.....380×580×250

Наибольшая масса устанавливаемой

заготовки, кг.....750

Наибольшая допустимая масса электрода-инструмента

с приспособлением, кг.....80

Наибольшая производительность по стали 45 ГОСТ 1050-74 при обработке медным электродам, мм<sup>3</sup>/мин, не менее.....1200

Наибольшая шероховатость обработанной поверхности по ГОСТ 2789-73 по стали 45 ГОСТ 1050-74 при обработке медным электродом, мкм.....R<sub>a</sub> 2,5<sup>+40%</sup>

Сплавных изделий при обработке латунным электродом, мкм.....R<sub>a</sub> 0,8<sup>+40%</sup>

Рабочая жидкость.....Основа рабочей жидкости

РЖ-8 для электроэрозионных станков ТУ38.101883 83.

Допускается смесь 1:1 масла индустриального И-12А ГОСТ 20799-75 керосина КО-30 ОСТ 381407-86.

Габаритные размеры собственно станка, мм:

ширина×длина×высота.....1300×1700×2480

Габаритные размеры станка с приставным оборудованием, мм:

ширина×длина×высота.....2100×4500×2480

Масса собственно станка, кг.....2500

Масса станка с приставным оборудованием, кг.....4100

Класс точности станка – Н по ГОСТ 8-82.

### 3. Состав, устройство и работа установки

#### 3.1. Состав станка

Общий вид станка с обозначением его составных частей и органов управления (см. рис. 8) перечень составных частей и органов управления приведен в таблице.

#### Перечень составных частей станка

Поз.	Наименование	Обозначение	Примечания
1	Станина	4E723 – 01Ф1. 10. 000	
2	Механизм подъёма ванны	4E723 21. 000	
3	Защита направляющей скалки	4E723 – 01Ф1. 23. 000	
4	Головка прошивочная	4E723 – 01Ф1. 31. 000	
5	Траверса	4E723 – 01Ф1. 33. 000	
6	Агрегат насосный	4E723 – 01Ф1. 61. 000	
7	Блок прокачки	4E723 – 01Ф1. 62. 000	
8	Разводка гидросистемы	4E723 – 01Ф1. 65. 000	
9	Размещение электрооборудования на станке	4E723 – 01Ф1. 80. 000	
10	Шкаф с электрооборудованием	4E723 – 01Ф1. 84. 000	
11	Комплект коробок	4E723 – 01Ф1. 86. 000	
12	Генератор	ШГИ-80×2-8М	

Поз.	Органы управления и их назначение
13	Маховик продольного перемещения траверсы
14	Хвостовик винта для слива рабочей жидкости из ванны
15	Рукоятка зажима указателя продольного перемещения головки
16	Манометр контроля давления на входе в фильтры
17	Манометр контроля давления на выходе из фильтров

Продолжение табл.

18	Термометр системы подачи и очистки рабочей жидкости
19	Маховик поперечного перемещения головки
20	Хвостовик ручного привода орбитального движения
21	Рукоятка вводного автоматического выключателя
22	Замок запорного устройства
23	Панель управления шкафа с электрооборудованием
24	Лампа сигнальная «сеть включена»

### 3.2. Краткое описание основных узлов станка

#### Станина.

На верхней плоскости основания станка монтируется на одной круглой тумбе неподвижный стол. На рабочей поверхности стола имеется Г – образные пазы для крепления обрабатываемых деталей. Стол охватывает подъёмная ванна. Для предотвращения перекоса ванны и лучшего её направления служат скалки. К рабочему столу станка подсоединены через стойку провода технологического тока от генератора.

#### Механизм подъёма ванны.

Механизм подъёма и опускание ванны состоит из двух редукторов, установленных на верхней обработанной поверхности основания станка, справа и слева от ванны.

Редукторы представляют собой червячную передачу с выходом на ходовой винт подъёма ванны, оба редуктора соединены между собой валиком и втулочными муфтами с приводом от одного электродвигателя.

#### Траверса.

Траверса представляет собой литую деталь, выполненную в виде Г – образной консоли.

Механический привод перемещения головки с инструментом по траверсе осуществляется от электродвигателя, расположенного на задней стороне траверсы. Сама траверса перемещается по крутой направляющей скалке, укреплённой в тумбах станины. Нижний конец траверсы, оканчивающийся двумя сферическими подшипниками, опирается на направляющие клиновые планки. Перемещение траверсы по круглой скалке возможно как в ручную, так и механически.

#### Головка прошивочная (см. приложение).

Головка станка предназначена для придания электроду-инструменту рабочего перемещения.

Конструктивно головка представляет собой литой корпус 14, внутри которого смонтирован

гидроцилиндр 5, сообщающий шпинделю 6 рабочее перемещение. Нижний конец шпинделя заканчивается фланцем 16, на котором крепятся приспособления, несущие электрод-инструмент.

В качестве направляющих шпинделя применяются гидростатические направляющие 7. Для предотвращения поворота шпинделя вокруг своей оси служит скалка 15. От поворота скалку удерживают два подшипника качения, установленные на эксцентриковых осях.

На верхней переходной плите устанавливается редуктор 1 привода орбитальной головки. Привод редуктора осуществляется от электродвигателя типа СЛ. Вращательное движение на орбитальную головку передается с помощью валика 4, проходящего внутри полого шпинделя 6. Передвижной упор 12, закрепляемой рукояткой 13, служит для работы станка с орбитальной головкой.

В конструкции головки предусмотрен гидротормоз 3, во время рабочих установочных перемещений шпиндель растормаживается, по окончании перемещений шпиндель мгновенно тормозится при помощи цанги и тарельчатых пружин 2.

В головке имеются отсчетные устройства, дублирующее устройство цифровой индикации и используемые оператором при необходимости, а именно: линейка 17 для грубого отсчета величины прошивки; кронштейн 18, необходимый для закрепления индикатора, и упор 19.

С правой стороны головки крепятся гидропанель 9, на которой расположен следящий золотник 11.

Корпус головки крепится винтами к промежуточной плите, с помощью которой головка устанавливается на крестовую каретку траверсы и имеет вертикальное установочное перемещение.

#### Агрегат насосный.

В агрегате насосном находится рабочая жидкость, которую с помощью установленных насосов подают в ванну станка. Излишки жидкости сливают обратно в насосный агрегат самотёком.

В насосном агрегате установлена система охлаждения, состоящая из специального охладителя, вентиля с электромагнитным управлением для подвода охлаждающей воды и термометра, управляющего системой охлаждения.

#### Блок прокачки.

Блок прокачки служит для обеспечения прокачки рабочей жидкости через МЭЗ или отсоса её из зоны обработки. Конструктивно блок прокачки выполнен в виде гидропанели, в которой имеются каналы, обеспечивающие необходимые гидравлические связи.

Гидропанель с органами контроля и управления закреплена на боковой стенке подъёмной ванны, а кронштейн с насосом и разгрузочным бачком – на передней стенке левой стойки.



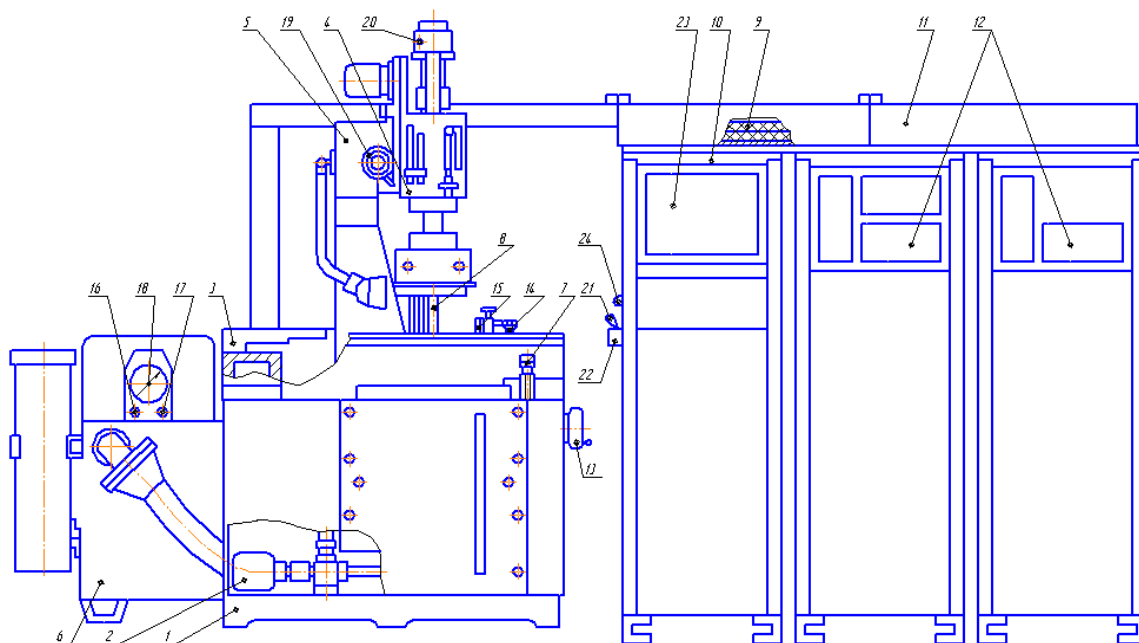


Рис. 8. Общий вид станка модели 4E723-01.Ф.

### 3.3. Описание кинематической схемы модели 4E723-01.Ф.

Кинематическая схема станка (см. Рис.9) обеспечивает:

1. Перемещение электрода-инструмента в трех взаимно перпендикулярных направлениях относительно стола:
  - продольное перемещение,
  - поперечное перемещение,
  - вертикальное рабочее перемещение шпинделя от следящей системы и установочные перемещения всей головки;
2. Подъём и опускание ванны;
3. Орбитальное движение электрода-инструмента.

Продольно установочное перемещение электрода-инструмента относительно стола обеспечивается перемещением траверсы по скалке механически от электродвигателя 1 или вручную от маховика 7.

Редуктор перемещения траверсы расположен в тумбе станины. Маховик 7 ручного перемещения выведен на боковую сторону тумбы.

Поперечное установочное перемещение электрода-инструмента относительно стола обеспечивается механически от электродвигателя 30 через шестерни 32, 33 – на ходовой винт с гайкой 34, 35 или вручную от маховика 41, установленного на переднем торце верхней полки траверсы.

Вертикальное установочное перемещение головки осуществляется от электродвигателя 42, установленного на каретке через червячную пару 43, 44 и винтовую пару 45, 46.

Рабочая вертикальная подача электрода-инструмента на прошивку осуществляется от электрогидравлического следящего золотника, подающего масло в гидроцилиндр прошивочной головки в верхнюю или нижнюю полость.

Подъем и опускание ванны осуществляется от электродвигателя через червячные пары с шестернями 19, 20 и червячными валами 21, 22, установленных по обе стороны ванны.

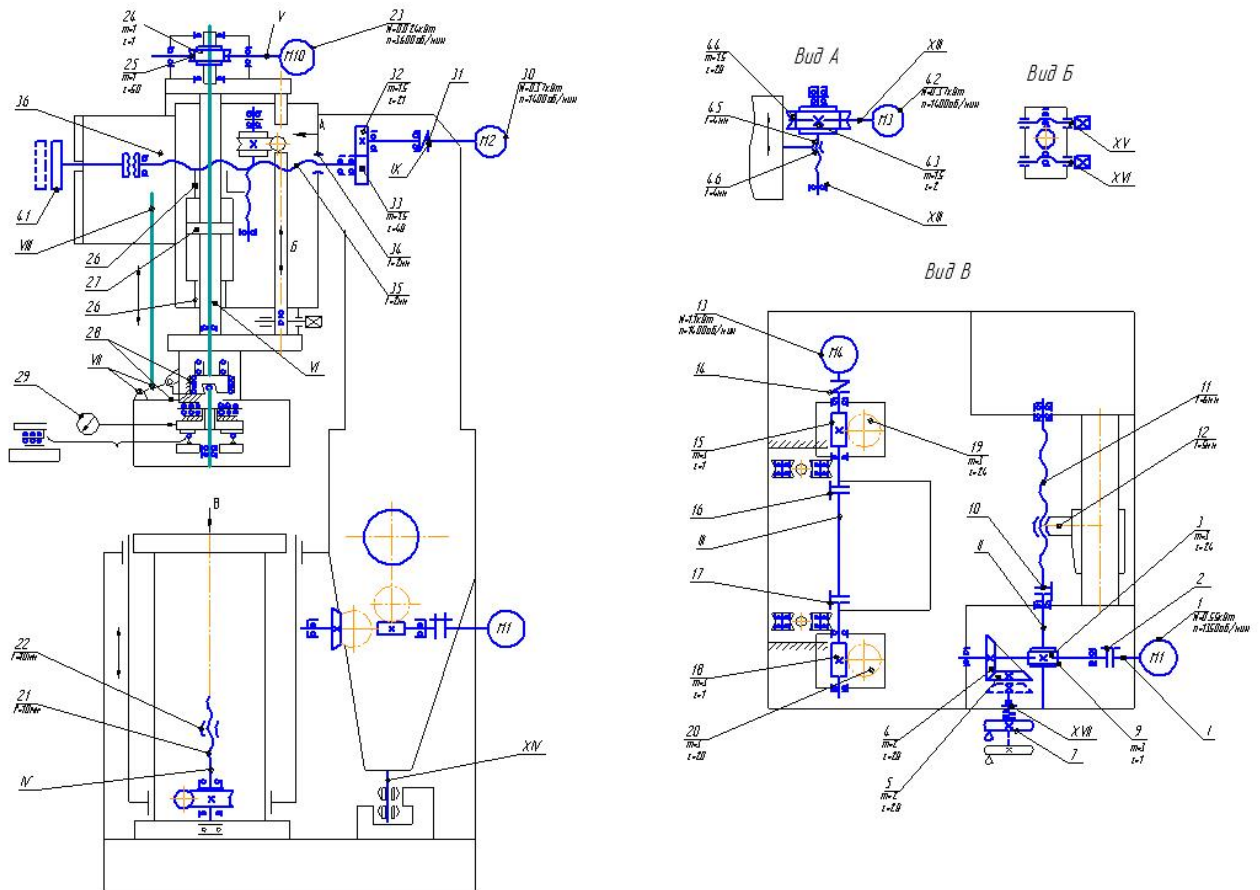


Рис.9. Кинематическая схема станка модели 4E723-01.Ф.

#### Практическая работа № 4. Изучение устройства и функционирования установки для гидроабразивной резки материалов

*Цель работы.* Ознакомление с устройством и функционированием установки для гидроабразивной резки материалов.

*1. Назначение.* Предназначена для резки абразивно-жидкостной струёй на объектах топливно-энергетического комплекса при ремонтно-восстановительных работах, а также камнедобывающая промышленность; металлолистное производство; стекольная промышленность; резка композиционных материалов; резинотехническая промышленность; раскрой пластмасс; коврово - линолиумное производство; легкая промышленность; электронная промышленность; утилизация боеприпасов и военной техники. Общий вид установки приведен на рисунке 10.

*2. Основные технические данные и характеристики:*

### **Техническая характеристика:**

Номинальное давление рабочей жидкости, МПа (кГс/см<sup>2</sup>) - 250(2500).

Максимальная подача, л/мин - 5,1.

Диаметр сопел, мм - не более 0,4.

Источник сверхвысокого давления – мультипликатор.

Коэффициент мультипликации – 14.

Объем ресиверов, см<sup>3</sup> - 800 х 4.

Охлаждение – воздушное.

Силовой агрегат - электродвигатель, кВт 37.

Установленная мощность эл.оборудования, кВт – 50.

Взрывозащита - 2Exdicop IIAT3.

Пыле -, влагозащита - IP54.

Габаритные размеры, мм - 2553х1520х1800.

Масса, кг – 3000.



Рис. 10 Общий вид установки и двухстороннего мультипликатора

### **3. Состав, устройство и работа установки**

Гидросхема привода главного движения (гидростанции высокого давления - СВД) на базе двухстороннего мультипликатора, приведенна на рис.11. Она состоит из трех основных узлов: А - системы низкого давления; В - системы подачи рабочей жидкости; С - системы высокого давления, и работает следующим образом.

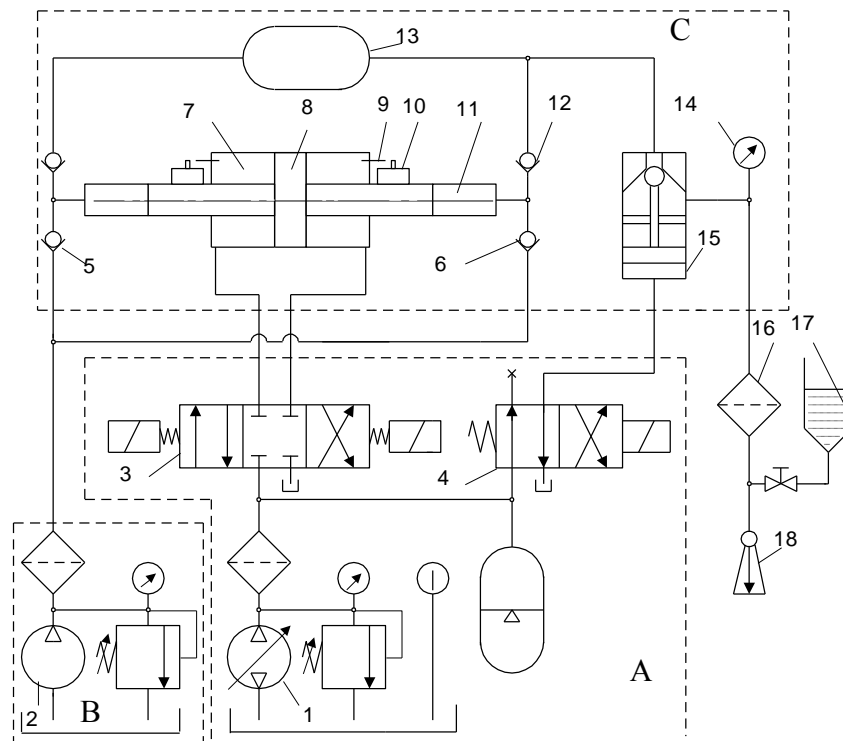


Рис.11 Гидросхема станка на базе двухстороннего мультипликатора

Масло от насоса 1 через распределитель 3 поступает в цилиндр 7 низкого давления мультипликатора и вызывает поступательное движение поршня 8 мультипликатора и его двух штоков слева направо. В результате этого рабочая жидкость, например, вода, поступавшая ранее от насоса 2 через обратный клапан 6 в цилиндр 11 высокого давления, сжимается обратный клапан 6 в цилиндр 11 высокого давления, сжимается и подается через обратный клапан 12, ресивер 13, прерыватель струи 15, фильтр тонкой очистки 16 в струйную головку 18 и истекает через струеформирующее сопло. Одновременно от насоса 2 через обратный клапан 5 вода поступает на заполнение внутренней полости левого цилиндра высокого давления мультипликатора. При достижении поршнем 8 правого крайнего положения, он через упор 9 и микровыключатель 10 переключает распределитель 3 на подачу масла от насоса 1 в правую полость цилиндра 7 низкого давления мультипликатора. Далее цикл работы мультипликатора повторяется и вода, находящаяся в левом цилиндре высокого давления поступает в струйную головку 18.

В момент реверса поршня 8 со штоками, давление в цилиндрах мультипликатора резко падает до нуля, а затем быстро восстанавливается до рабочего. Несмотря на то, что падение давления происходит в десятые доли секунды, на этот промежуток времени истечение струи прекращается, прекращается и процесс резания материала. Для обеспечения длительного истечения непрерывной струи воды постоянного давления в гидросхеме предусмотрен ресивер 13.

В момент реверса поршней мультипликатора давление в его цилиндрах резко падает до нуля и затем быстро восстанавливается до максимального рабочего. Несмотря на то, что падение

давления происходит за 0,2-0,5 с, в зависимости от типа применяемого переключателя, в этот временной промежуток времени истечение струи прекращается, прерывается и процесс обработки материала. Как показали эксперименты, качественная разрезка материала при заданных параметрах обработки происходит, если падение давления истечения струи не превышает 10% от рабочего, иначе рез получается не сплошным, а имеет перемычки неразрезанного (не разрушенного) материала в местах соответствующих реверсу поршней мультипликатора.

Для устранения этого недостатка, учитывая, что жидкость при давлениях 100-500 МПа становится сжимаемой на 5-12%, в гидросхему станков и вводят дополнительный элемент - ресивер 13.

4. Отчет должен содержать:

- цель и краткое описание работы;
- принципиальную схему станка, наименование измерительных инструментов и точность измерения;
- таблицы и графики результатов измерения;
- выводы.

#### **Практическая работа № 5. Изучение особенностей технологии электроэрозионной обработки 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.

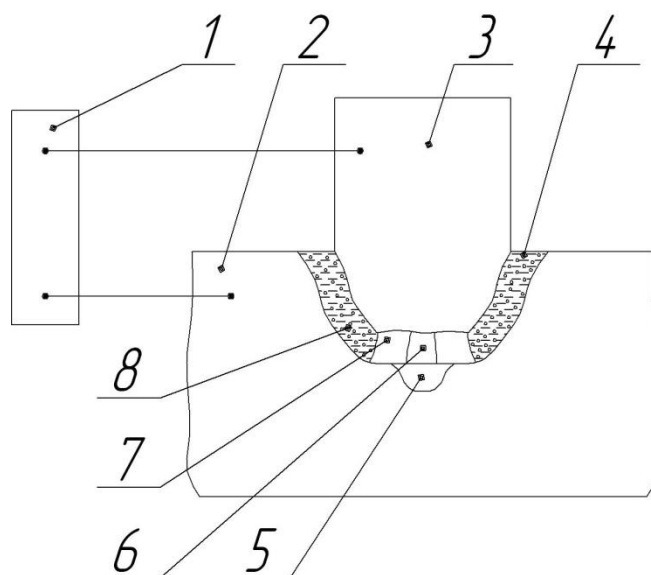


Рис.1. Схема процесса электрической эрозии:

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  $10000^{\circ}\text{C}$ ) 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.

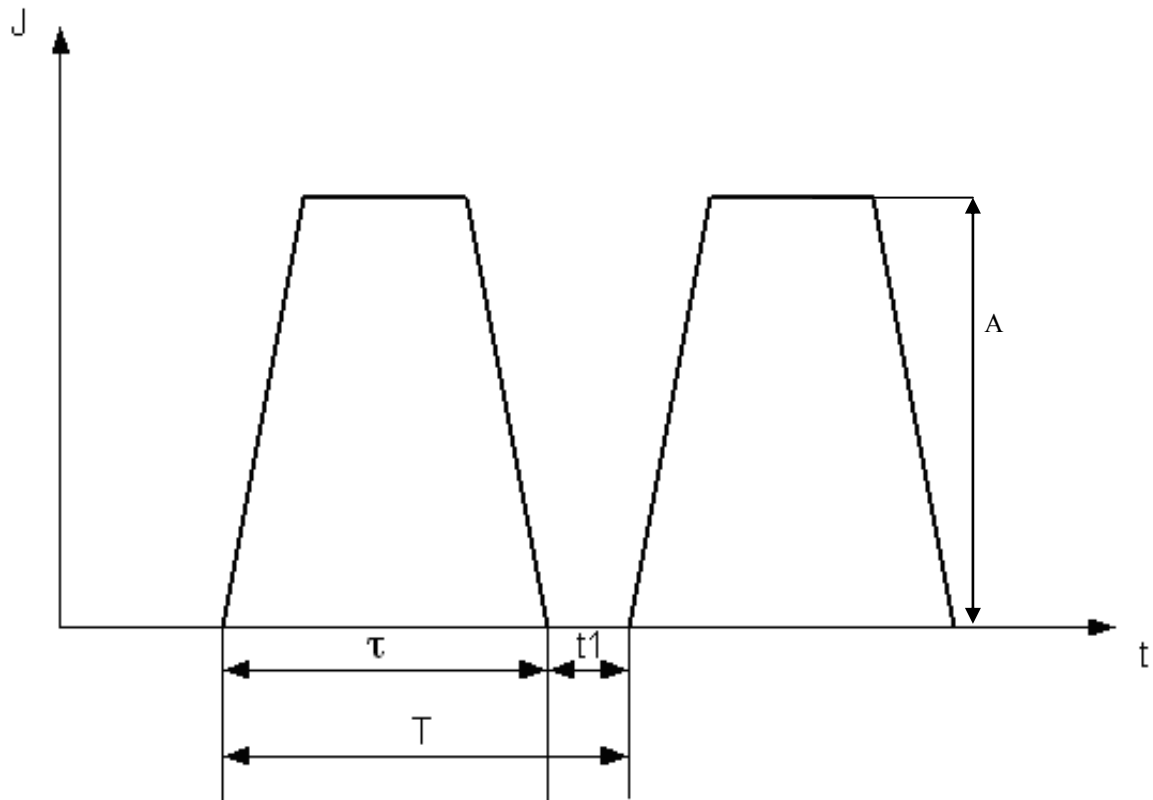


Рис.2. Характеристики импульсов электрического тока

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  $\tau$ .

$$q = \frac{T}{\tau}; \quad T = \tau + t_1,$$

где  $t_1$  – 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 – 5Дж). 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.

$$f = \frac{1}{T}$$

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 (П).

$$\dot{I} = C \cdot q \cdot \lambda \cdot T_n^2$$

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

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

$q$  – плотность, кг/м<sup>3</sup>;

$T_n$  – температура плавления, К.

Чем больше величина П, 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.

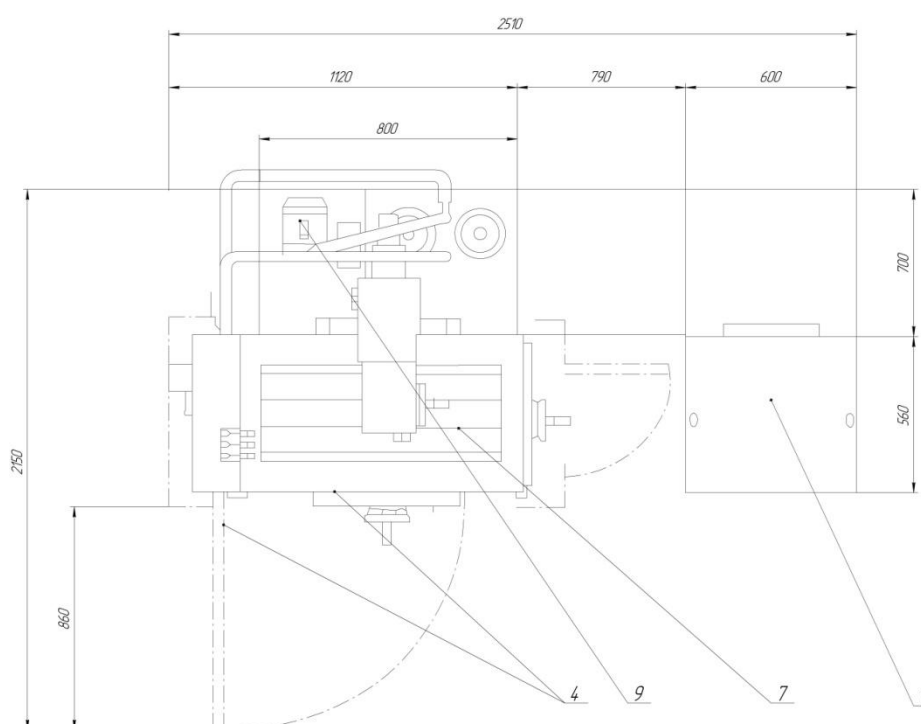
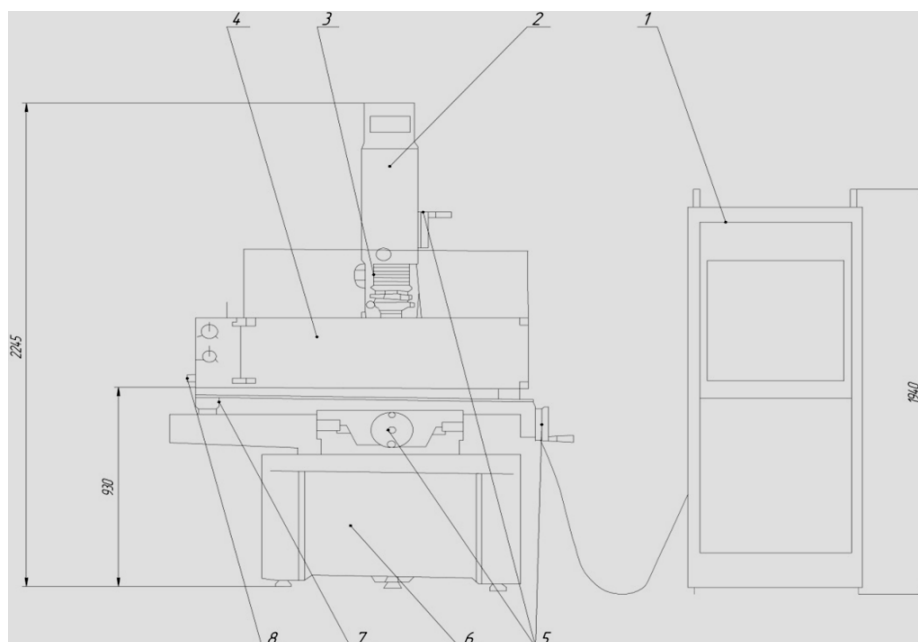


Рис.4.Основные элементы

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.

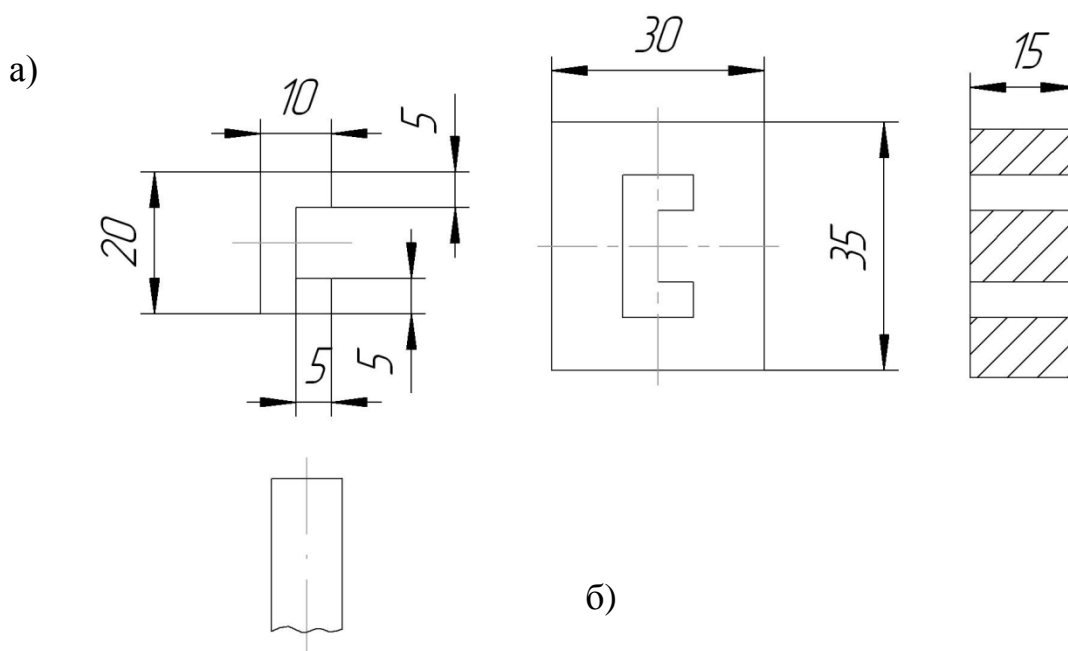


Рис.4. а) – эскиз инструмента; б) – эскиз заготовки.

#### Порядок выполнения работы.

1. Выслушать пояснение мастера об устройстве электроэрозионного прошивного станка CHMER CM A53C 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:

$$Q = \frac{P_2 - P_1}{t}$$

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:

$$Q = \frac{V}{t}$$

где  $V$  – объем снятого материала;

$$V = F \cdot h$$

F– площадь, определяемая по формуле,

$$F = F_2 - F_1$$

где  $F_2$ – площадь отверстия после обработки, мм<sup>2</sup>;

$F_1$ – площадь отверстия заготовки до обработки, мм<sup>2</sup>;

h– толщина образца, мм;

t– время прошивки отверстия, мин.

По полученным данным построить график зависимости производительности от рабо-

чего тока  $Q = f(J_p)$ .

Результаты исследования записать в таблицу 1.

Таблица 1.

Режим	Время обработки, мин	Диаметр прошитого отверстия, мм	Зазор, мм	Объем снятого материала, мм <sup>3</sup>	Производительность процесса, мм <sup>3</sup> /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:

$$R_a = f(J_p)$$

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:

$$W_u = 0.4 \cdot C \cdot U_p^2$$

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).

### **Литература:**

1. Изготовление штампов, пресс-форм и приспособлений. Учебник для проф.-техн. училищ. Изд. 2-е перераб. и доп. М.: Высшая школа, 1974. – 431с. с ил.
2. Немилов Е.Ф. Справочник по электроэрозионной обработке материалов. – Л.: Машиностроение. Ленингр. отд-ние, 1989. – 164 с.
3. Попилов Л.Я. Справочник по электрическим и ультразвуковым методам обработки материалов. Л.: Машиностроение, 1971. – 544.
4. Физико-химические методы обработки в производстве газотурбинных двигателей: Учеб. пособие / Ю.С. Елисеев, В.В. Крымов, А.А. Митрофанов и др.; под ред. Б.П. Саушкина. – М.: Дрофа, 2002. – 656 с. с ил.