



МАШПРОМ

# Университет технического прогресса В МАШИНОСТРОЕНИИ

Ф. А. БРОНИН, А. П. ЧЕРНОВ

УЛЬТРАЗВУКОВАЯ ОЧИСТКА ДЕТАЛЕЙ  
ВО ФРЕЕНОВЫХ КОМПОЗИЦИЯХ

Центральное правление  
научно-технического общества  
машиностроительной промышленности

---

Университет  
технического прогресса в машиностроении

---

Ф. А. БРОНИН, А. П. ЧЕРНОВ

**УЛЬТРАЗВУКОВАЯ ОЧИСТКА ДЕТАЛЕЙ  
ВО ФРЕОНОВЫХ КОМПОЗИЦИЯХ**

Допущено научно-методическим советом  
в качестве учебного пособия для слушателей  
заочных курсов повышения квалификации ИТР  
по применению ультразвука в машиностроении

Москва

"Машиностроение"

1978

УДК 621.03:534-8

Бронин Ф. А., Чернов А. П. Ультразвуковая очистка деталей во фреоновых композициях. М., "Машиностроение", 1978, 48 с.

В брошюре изложены основные сведения об ультразвуковой очистке деталей во фреоновых композициях. Описаны конструкции отечественных ультразвуковых установок для очистки во фреоне. Приведены свойства фреонов, используемых при очистке, указана рецептура композиций и изложены технологические процессы очистки, применяемые при работе с фреонами.

Ил. 13, табл. 5, список лит. 5 назв.

Председатель научно-методического совета заочных курсов повышения квалификации ИТР по применению ультразвука в машиностроении д-р техн. наук проф. А. И. Марков

Научный редактор Б. Г. Новицкий

© НТО Машпром, 1978 г.

## ВВЕДЕНИЕ

Качество и надежность изделий находится в прямой зависимости от степени их очистки от различного вида загрязнений. В настоящее время на отечественных заводах очистка в производственном цикле является узким местом, осуществляется, как правило, вручную с использованием токсичных пожароопасных растворителей.

Основные преимущества ультразвуковой очистки перед всеми известными методами удаления загрязнений – высокое качество (например, при прополаскивании на поверхности деталей остается до 80% загрязнений, при вибрационной очистке ~50%, при ручной ~20%, а при ультразвуковой < 0,5%), отсутствие ручного труда, а также исключение пожароопасных токсичных растворителей.

В последнее время появилось новое направление в технологии ультразвуковой очистки. Это использование галогенпроизводных углеводородов, в частности композиций на основе трифтотрихлорэтана (фреон-113) и тетрафтордибромэтана (фреон-114B-2). Основное преимущество этих композиций в том, что они обладают меньшей токсичностью и полной пожаро- и взрывобезопасностью в сравнении с широко применяемыми в промышленности растворителями типа бензина. Кроме того, некоторые свойства упомянутых фреонов (малая теплота испарения, высокая плотность пара) позволяют применять в установках ультразвуковой очистки такие эффективные технологические циклы, как, например, очистку в парах и обрызгивание чистым конденсатом. Важным свойством упомянутых фреонов являются их высокие изоляционные свойства (большое омическое сопротивление, высокое значение пробивного напряжения). Эти характеристики фреонов обеспечивают возможность надежной очистки электроэлементов без нарушения электрических параметров последних.

Применение регенерации фреонов позволяет их многократно использовать, сокращая тем самым расход моющих сред.

Ввиду того, что фреоны имеют низкую температуру кипения для подогрева их или перевода в парообразное состояние, можно использовать отработанное тепло после других технологических процессов.

В настоящей работе обобщен опыт промышленного использования фреоновых композиций при ультразвуковой очистке, дано изложение технологических процессов, применяемых при работе с фреонами, приведено детальное описание разработанного и внедренного в производство ультразвукового оборудования, предназначенного для работы с фреонами.

## СПОСОБЫ ОЧИСТКИ ВО ФРЕОНАХ И КОМПОЗИЦИЯХ НА ИХ ОСНОВЕ

Фреоны и композиции на их основе эффективно растворяют жиры, смазки, масла и другие загрязнения. На этом свойстве основаны три основных способа мойки фреонами, применяемыми в промышленности: 1) погружение; 2) обрызгивание; 3) конденсация паров растворителя на поверхности деталей.

Эти способы могут применяться как в отдельности, так и в комбинации друг с другом. Процесс очистки деталей может быть интенсифицирован ультразвуковым воздействием.

При мойке погружением детали погружают (окунают) в моющую среду и выдерживают в ней определенное время. После полного растворения загрязнений с поверхности деталей процесс мойки заканчивается и детали вынимают. В зависимости от температуры применяемой моющей жидкости получили распространение следующие разновидности мойки погружением: 1) при температуре растворителя ниже нормальной точки кипения; 2) в кипящем растворителе при нормальных условиях; 3) в перегретом растворителе ниже точки кипения; 4) в перегретом кипящем растворителе.

При применении растворителя в кипящем состоянии повышается эффективность очистки за счет бурного перемешивания жидкости при кипении. При этом перегрев растворителя позволяет проводить очистку при  $70\text{--}90^{\circ}\text{C}$  и выше, т. е. при температурах, необходимых для расплавления (размягчения) туго-плавких загрязнений. Большинство применяющихся фреонов имеет нормальную температуру кипения (не выше  $45\text{--}50^{\circ}\text{C}$ ),

что затрудняет очистку от загрязнений с высокой температурой плавления.

При сочетании ультразвуковой очистки и перегретой жидкости под избыточным давлением сжатого газа получают лучшие результаты, однако в процессе очистки целесообразно периодически снижать давление. Это необходимо для интенсивного выделения растворенного газа из моющей жидкости, что создает дополнительные центры ультразвуковой кавитации, повышающие эффективность очистки.

Основной недостаток способа очистки погружением заключается в том, что вымытая деталь не может быть чище применяемого растворителя, в котором по мере мойки накапливаются смывные загрязнения.

При мойке обрызгиванием на детали направляют струи чистого растворителя под избыточным давлением  $> 0,5 \text{ кгс}/\text{см}^2$ . При этом используются не только свойства моющей жидкости, но и ударная сила струи, которая смывает загрязнения с очищаемой поверхности. Этот способ особенно эффективен при удалении механических загрязнений, не растворимых в моющей жидкости, например абразивных частиц. Мойка обрызгиванием может быть интенсифицирована ультразвуковым воздействием. Ультразвуковой излучатель размещают внутри сопла, подающего растворитель к детали, либо сопло выполняют в виде концентратора ультразвуковых колебаний. Ультразвуковые колебания, возбуждаемые в струе жидкости, повышают эффективность очистки. Мойку обрызгиванием можно производить путем ультразвукового распыления растворителя с поверхности излучателя. При этом распыляемую жидкость направляют на очищаемую деталь. Ее целесообразно подавать к излучателю от сборника конденсата растворителя, которым может служить водоохлаждаемый корпус или волновод излучателя, расположенного в парах кипящего растворителя. Недостаток обрызгивания заключается в том, что струи моющей жидкости трудно направить на все участки (в том числе в отверстия, щели). Кроме того, расход моющей жидкости большой.

При очистке конденсацией паров растворителя пары кипящего растворителя конденсируются на холодной поверхности очищаемых деталей. Образующийся конденсат растворяет загрязнения и, стекая по поверхности за счет гравитационных сил, уносит с собой смывные загрязнения. Конденсация паров растворителя на поверхности изделия продолжается до тех пор, пока температура изделия не достигнет температуры пара. Чем больше начальная разница в температурах пара и изделия и больше масса изделия, тем дольше происходит конденсация, и,

следовательно, выше эффективность мойки. В промышленности для увеличения разницы температур применяют два основных метода: 1) предварительное охлаждение очищаемого изделия; 2) перегрев паров растворителя.

Очищаемое изделие обычно охлаждают окунанием в холодный растворитель или обрызгиванием последним. Указанные методы можно применять как в отдельности, так и в сочетании друг с другом.

Основное преимущество очистки конденсацией паров заключается в том, что пары, конденсирующиеся на поверхности изделия, чистые, без следов каких-либо загрязнений. Недостаток способа состоит в том, что нерастворимые частицы часто не удаляются с растворимыми загрязнениями. Чтобы устранить этот недостаток, иногда применяют возбуждение в очищаемых деталях колебаний ультразвуковой частоты. При этом в обращающемся на поверхности изделия конденсате возникает кавитация, способствующая отслаиванию и удалению нерастворимых загрязнений, кроме того, увеличивается количество конденсата, взаимодействующего с единицей поверхности детали в единицу времени, так как с детали конденсат удаляется не только за счет гравитационных сил, но и за счет ультразвукового распыления, что способствует повышению эффективности очистки этим способом.

На практике для устранения недостатков, присущих вышеупомянутым способам, применяют различные комбинации, например очистку погружением с очисткой обрызгиванием, либо очистку конденсацией в парах. Иногда используют все три способа совместно, например вначале очищают деталь погружением в кипящий моющий раствор, затем обрызгивают холодным растворителем и в заключение конденсируют пары кипящего растворителя на поверхности деталей. Возможны и другие комбинации этих способов, которые рассмотрены ниже при описании конструкций установок для очистки деталей во фреоновых композициях.

Технологические процессы с использованием моющих жидкостей на основе фреонов целесообразно применять в случаях, когда требуется обеспечить высокую степень очистки и обезжиривания ( $\Delta 10^{-4}$  г/см<sup>2</sup>). Наибольшее распространение моющие жидкости на основе фреонов получили для очистки от механических загрязнений и расконсервации деталей и сборочных единиц; для удаления остатков флюсов после пайки монтажных соединений плат печатного монтажа (ППМ) и блоков радиоэлектронной аппаратуры (РЭА); для очистки и подготовки к склеи-

ванию поверхностей деталей из пьезокерамики, ферритов и стекла; для подготовки поверхностей деталей и изделий перед нанесением лакокрасочных и гальванических покрытий.

## СОСТАВЫ МОЮЩЕГО РАСТВОРА

Органические растворители, применяемые для очистки деталей в ультразвуковых установках, должны удовлетворять ряду требований. Растворитель должен иметь низкую температуру кипения; не должен гореть и образовывать взрывоопасных смесей; должен быть нетоксичным; не должен воздействовать на материалы, из которых изготовлены детали; должен иметь высокую плотность пара, чтобы не улетучиваться из открытой ванны при кипении, малое значение теплоты испарения, чтобы конденсироваться в достаточном количестве на поверхности детали; малое значение коэффициента поверхностного натяжения, чтобы легче проникать в щели и зазоры очищаемых деталей.

В табл. 1 приведены некоторые свойства органических растворителей, применяемых для очистки. Наиболее приемлемы фреон-113 и фреон-114 В2. При этом фреон-114 В2 более предпочтителен, так как при прочих одинаковых свойствах с фреоном-113 он имеет более высокую плотность пара, более низкую теплоту испарения и более низкий коэффициент поверхностного натяжения.

В чистом виде фреон-113 и фреон-114 В2 в качестве рабочей жидкости при ультразвуковой очистке применяют редко. Это вызвано тем, что они не обладают достаточной растворяющей способностью по отношению к некоторым загрязнениям (например, паяльным флюсам, применяемым при изготовлении плат печатного монтажа, смолам и лакам и другим труднорасторвимым загрязнениям).

С целью улучшения растворяющей способности фреонов используют их смеси со спиртами или другими растворителями.

Однако при использовании смесей растворителей с разными температурами кипения в ультразвуковых установках с дистилляцией или перегонкой растворителя необходимо, чтобы смесь или композиция растворителей не изменяла своих свойств в процессе очистки. Данному требованию удовлетворяют только азеотропные смеси растворителей, так как они не разлагаются на фракции при кипении, сохраняя одинаковый состав жидкой и паровой фазы в течение цикла очистки.

В табл. 2 приведены азеотропные составы, предназначенные для очистки на основе фреона-113.

**о 1. Физико-химические свойства органических растворителей, используемых для очистки деталей**

Растворитель	Воспламеня- емость	Предельно до- пустимая кон- центрация, мг/м <sup>3</sup>	Температура кипения, °С	Поверхно- стное на- тяжение, 10 <sup>-3</sup> н/м	Относитель- ная плотность паров*	Тепллота парообра- зования, кал/Г
Бензол	Легко вос- пламеняется	5	80,1 110,6 139,7	28,9 27,0 29,2	2,7 3,2 3,7	94,0
Толуол	Горит	50				88,5
Ксилол	Легко вос- пламеняется	200	56,2 87,2	23,7 31,6	6,6 4,5	120,0 57,2
Ацетон	Не горит	10	121,2	32,0	5,8	50,0
Трихлорэтилен						
Перхлорэтилен						
Четыреххлори- стый углерод		20	76,8	25,7	5,4	48,8
Фреон-113		3000	47,6	19,0	6,5	35,1
Фреон-114		1000	47,2	18,0	9,8	25,8
Мегилен хлори- стый		50		40,0	19,3	2,9
						78,7

\*По сравнению с воздухом.

## 2. Азеотропные композиции на основе фреона-113

Компоненты	Содержание компонентов, % по массе	Температура кипения композиции, °C
Фреон-113	97,0	
Изопропиловый спирт	3,0	46,5
Фреон-113	87,5	
Ацетон	12,5	45,0
Фреон-113	93,6	
Метиловый спирт	6,4	39,0
Фреон-113	52,0	
Хлористый метилен	48,0	37,0
Фреон-113	92,8	
Хлороформ	7,2	47,6
Фреон-113	98,0	
Третбутиловый спирт	2,0	47,1
Фреон-113	97,1	
Нитрометан	2,9	46,8
Фреон-113	96,0	
Этиловый спирт	4,0	44,1
Фреон-113	63,5	
Метилаль (диметилформаль)	36,5	41,1
Фреон-113	59,0	
Транс-1,2 дихлорэтилен	41,0	44,1
Фреон-113	55,0	
Хлористый метилен	41,7	47,6
Метиловый спирт	3,3	
Фреон-113	39,1	
Хлористый метилен	51,6	36,1
Цикlopентан	9,3	
Фреон-113	95,5	
Изопропиловый спирт	2,5	45,9
Нитрометан	2,0	
Фреон-113	49,5	
Хлористый метилен	49,5	36,2
Этиловый спирт	1,0	
Фреон-113	86,4	
Ацетон	12,0	43,6
Этиловый спирт	1,6	

В табл. 3 указаны некоторые азеотропные составы на основе фреона-113 и фреона-114 В2, которые с учетом изложенных выше требований могут быть рекомендованы к использованию в ультразвуковых установках для очистки (например, для очистки от паяльных флюсов ППМ и блоков РЭА). Кроме того, приведены данные по оценке растворяющей способности азеотропных композиций по сравнению с чистыми растворителями. Растворяющую способность растворителей оценивали методом анилиновых точек. Чем ниже значение анилиновой точки, тем выше растворяющая способность растворителя.

Все приведенные азеотропные смеси являются негорючими и не образуют взрывоопасных смесей.

Из табл. 3 следует, что наиболее приемлемой композицией, которую можно рекомендовать для очистки трудноудаляемых загрязнений, если необходимо иметь наибольшую растворяющую способность, является азеотропная композиция № 9, имеющая наименьшее значение анилиновой точки.

При кипении фреоны разлагаются с образованием ионов хлора (в случае фреона-113) или ионов брома (в случае фреона-114 В2); так, например, выделение брома препятствует применению фреона-114 В2 при очистке по рассматриваемой технологии, если не использовать специальных стабилизаторов. В композиции № 9 (табл. 3) роль стабилизатора выполняет третбутиловый спирт; в свободном виде бром не выделяется.

Композиция, содержащая фреон-114 В2, третбутиловый спирт и хлористый метилен, может быть использована и без нагрева, если это необходимо по технологическому процессу. Однако моющая способность этой композиции повышается при использовании кипящего растворителя. Эта композиция может быть использована для удаления флюсов с плат печатного монтажа, для очистки пьезокерамики, а также и для удаления загрязнений материалов, чувствительных к сильным растворителям (пластмассы, фотопленки, магнитофонные ленты и др.).

В большинстве случаев удовлетворительные результаты можно получить, используя композицию № 6. Она имеет растворяющую способность, не уступающую большинству композиций на основе фреона-113, приведенных в табл. 3. Наличие в качестве компонента третбутилового спирта препятствует выделению брома при нагреве или длительном хранении.

Удовлетворительные результаты могут быть получены при использовании азеотропных композиций на основе фреона-113. Наибольшее распространение в промышленности получила композиция № 4. В сравнении с композицией № 3 она не воздей-

ствует на лакокрасочные покрытия очищаемых деталей и сбо-  
рочных единиц.

Рекомендации по выбору моющих сред в зависимости от ви-  
да загрязнений даны в приложении 1.

### 3. Азеотропные композиции на основе фреонов для обезжикивания и очистки от паяльных флюсов ППМ и блоков РЭА

№ по пор.	Компоненты	Содержание компонентов, % по массе	Стоимость 1 кг ком- позиции, руб.	Анилиновая точка, °C
1.	Фреон-113	97,0	2,73	-19,3
	Изопропиловый спирт	3,0		
2.	Фреон-113	87,5	2,49	-24,8
	Ацетон	12,5		
3.	Фреон-113	55,0		
	Хлористый метилен	45,0	1,74	-45
4.	Фреон-113	86,4	2,45	-25
	Ацетон	12,0		
	Этиловый спирт	1,6		
5.	Фреон-113	98,0		
	Третбутиловый спирт	2,0	3,34	-10,8
6.	Фреон-114 В2	99,0		
	Третбутиловый спирт	1,0	4,36	-35,9
7.	Фреон-114 В2	99,0		
	Ацетонитрил	1,0	5,30	-36,8
8.	Фреон-114 В2	97,6		
	Ацетон	2,4	3,40	-41,3
9.	Фреон-114 В2	63,0		
	Третбутиловый спирт	0,5		
	Хлористый метилен	36,5	3,37	-58,0
10.	Фреон-113	100	2,80	-14,8
11.	Фреон-114 В2	100	3,60	-36,3

# УЛЬТРАЗВУКОВЫЕ УСТАНОВКИ ДЛЯ ОЧИСТКИ ВО ФРЕОНАХ И ЕГО АЗЕОТРОПНЫХ КОМПОЗИЦИЯХ

## Классификация ультразвуковых установок

Эффективность ультразвуковой очистки при использовании фреонов зависит не только от растворителей, но и от оборудования, в котором производится этот процесс по выбранной технологии.

Конструкция ультразвуковых установок зависит от расположения акустических преобразователей в рабочем объеме; количества рабочих ванн; размеров обрабатываемых деталей; выбранного технологического процесса очистки; степени механизации процесса очистки; требований безопасности очистки; способа нагрева растворителя.

В зависимости от формы, размеров и количества очищаемых деталей за один рабочий цикл применяют различные способы расположения ультразвуковых преобразователей относительно очищаемых деталей или стенок рабочей ванны:

1) преобразователь встроен в одну из боковых стенок рабочей ванны (рис. 1);

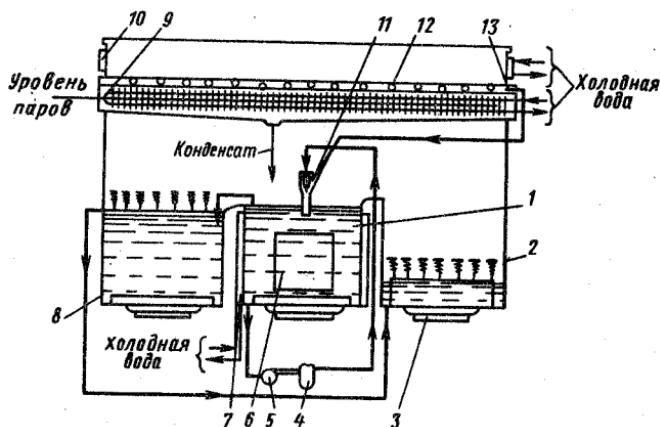


Рис. 1. Схема ультразвуковой установки УЗВФ-1

2) преобразователь встроен в дно рабочей ванны (рис. 2 и 3);

3) преобразователи расположены сверху и снизу очищаемых деталей (рис. 4);

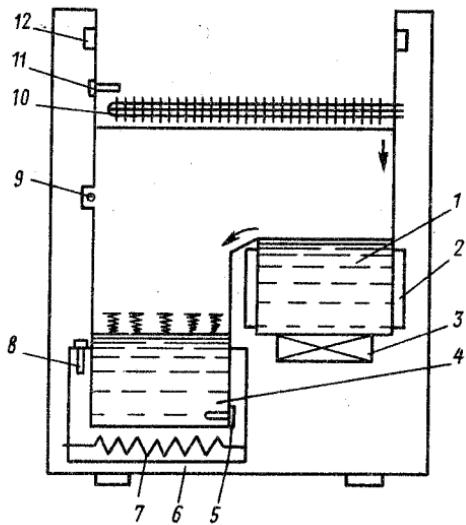


Рис. 2. Схема ультразвуковой установки УЗВФ-2

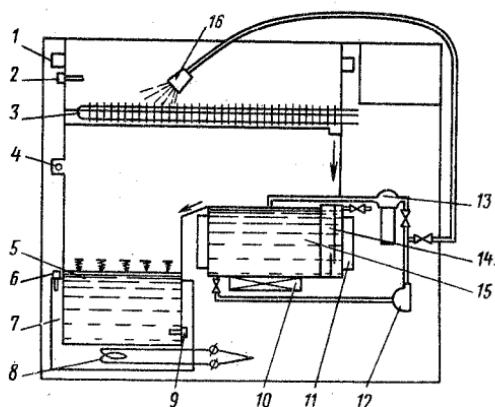


Рис. 3. Схема ультразвуковой установки УЗВФ-3

- 4) преобразователи встроены в дно и боковую стенку ванны (рис. 5);
- 5) преобразователь прижат к очищаемой детали (рис. 6);
- 6) преобразователь привинчен к детали (рис. 7).

В тех случаях, когда на очищаемых деталях мало грязи и требуется малое число циклов очистки, достаточно эффективной является ультразвуковая очистка с использованием одной ван-

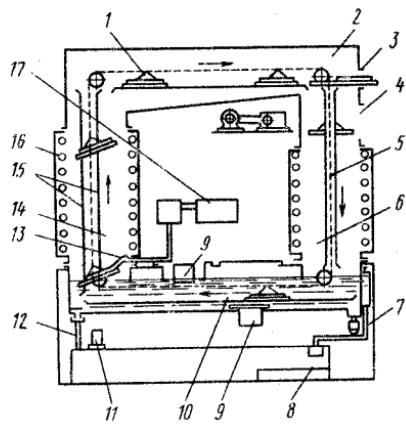


Рис. 4. Схема ультразвуковой конвейерной установки УЗО-2

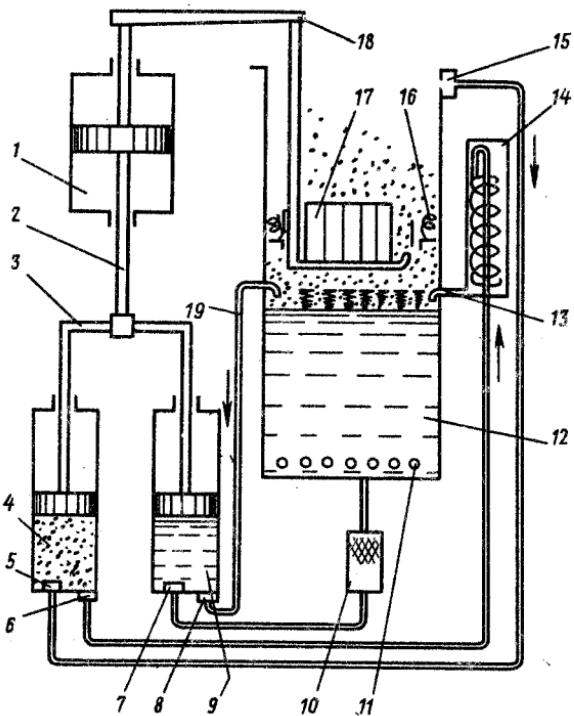


Рис. 5. Схема ультразвуковой установки УОФ-2

ны для обработки в холодном или кипящем растворителе. Такая установка показана на рис. 4.

При обработке сильно загрязненных деталей требуется несколько циклов очистки. В таких случаях обычно используют многокамерные ультразвуковые установки различной конструкции. В них наряду с ультразвуковой очисткой предусмотрены камеры, в которых производится очистка в кипящем растворителе и обработка паром (см. рис. 1). При этом паровая камера служит одновременно грязеотстойником.

По конструкции ультразвуковые установки для очистки в фреонах подразделяют на открытые и закрытые.

Открытые установки в рабочем положении открыты сверху для загрузки и выгрузки деталей, а также для переноса их в очередные рабочие камеры согласно технологическому процессу (см. рис. 1 и 2). Такие установки имеют сравнительно небольшие габаритные размеры и проще по конструкции, чем закрытые (рис. 8), но они более опасны при работе с высокотоксичными растворителями, которые могут быть компонентами сред на основе фреонов. Несмотря на то, что открытые установки имеют в верхней части водоохлаждаемый теплообменник и водянную рубашку и, как правило, бортовые отсосы, часть паров растворителя попадает в атмосферу рабочего помещения. Этот недостаток полностью устранен в установках закрытого типа, т.е. таких, у которых рабочий объем с растворителем выполнен в виде герметичной камеры (рис. 8).

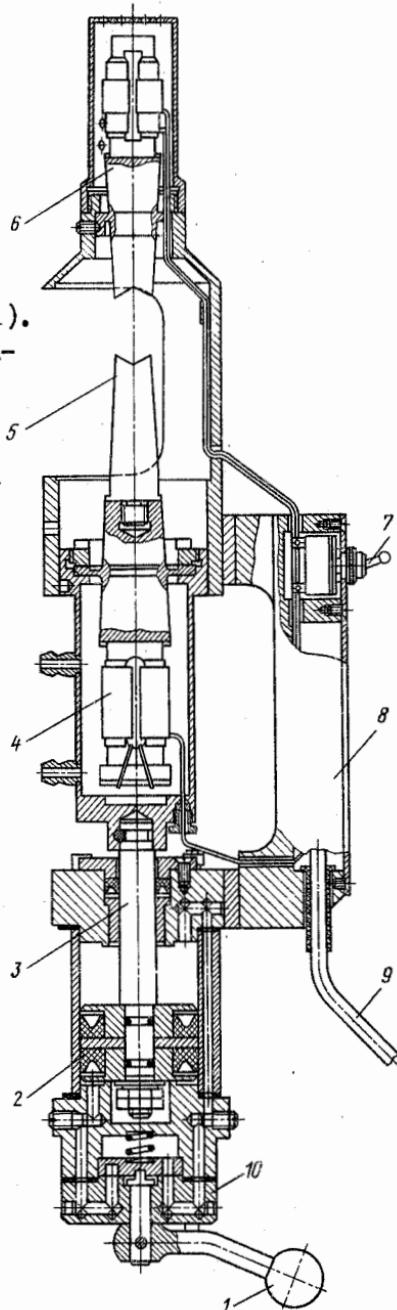
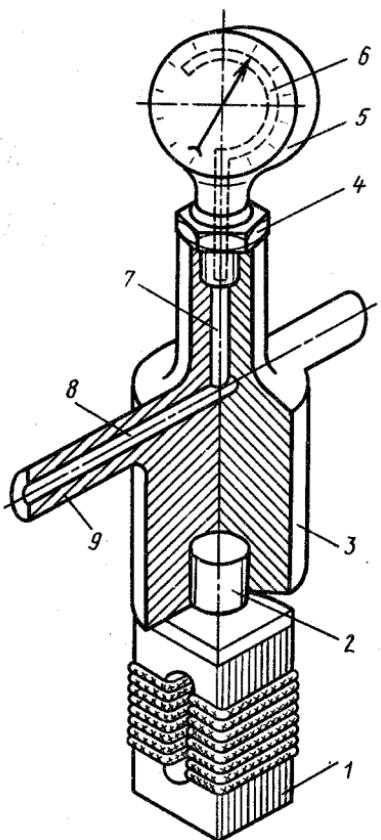


Рис. 6. Схема ультразвукового устройства для очистки трубопроводов РУОТ-1



По характеру технологического процесса установки для ультразвуковой очистки бывают периодического (рис. 1 и 2) и непрерывного действия (рис. 4). В установках периодического действия производят очистку отдельных деталей или партий. В установках непрерывного действия технологический процесс проводится непрерывно, как правило, с помощью конвейерной ленты. Последние установки сложнее, но значительно производительнее установок периодического действия и используются для обработки деталей крупносерийного производства.

Безопасность очистки обеспечивается вентиляционными устройствами. В ряде установок открытого типа предусматривается отсос прорвавшихся выше холодильника паров растворителя с последующим выбросом в атмосферу (рис. 4). В таких установках наблюдаются потери растворителя и происходит загрязнение атмосферы. Поэтому предпочтительнее замкнутая система вентиляции (рис. 1 и 9).

Рис. 7. Конструкция ультразвукового узла очистки манометрических датчиков

По способу нагрева растворителя различают установки с передачей тепла контактным методом, через стенку и промежуточную среду. При контактном способе нагревательные элементы размещают в ванне с растворителем либо закрепляют на стенке ванны с наружной стороны (см. рис. 1). Оба эти метода имеют недостатки, заключающиеся в том, что возможен местный перегрев растворителя. Поэтому способ передачи тепла через промежуточную среду, нагреваемую посторонним источником тепла, наиболее предпочтителен (см. рис. 2).

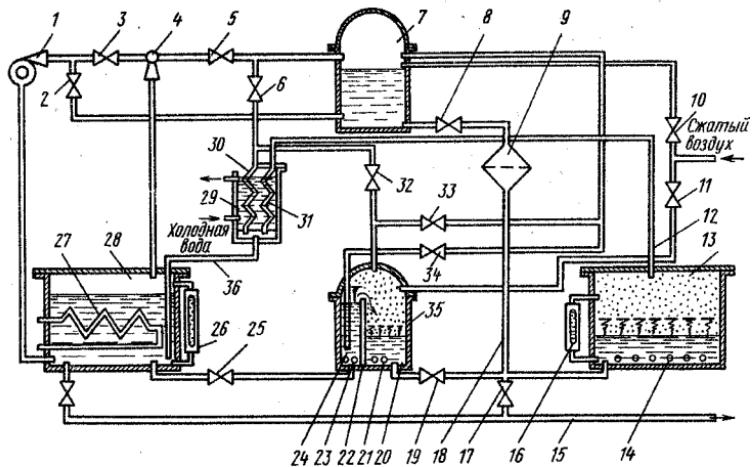


Рис. 8. Схема ультразвуковой установки для очистки в органических растворителях под статическим давлением

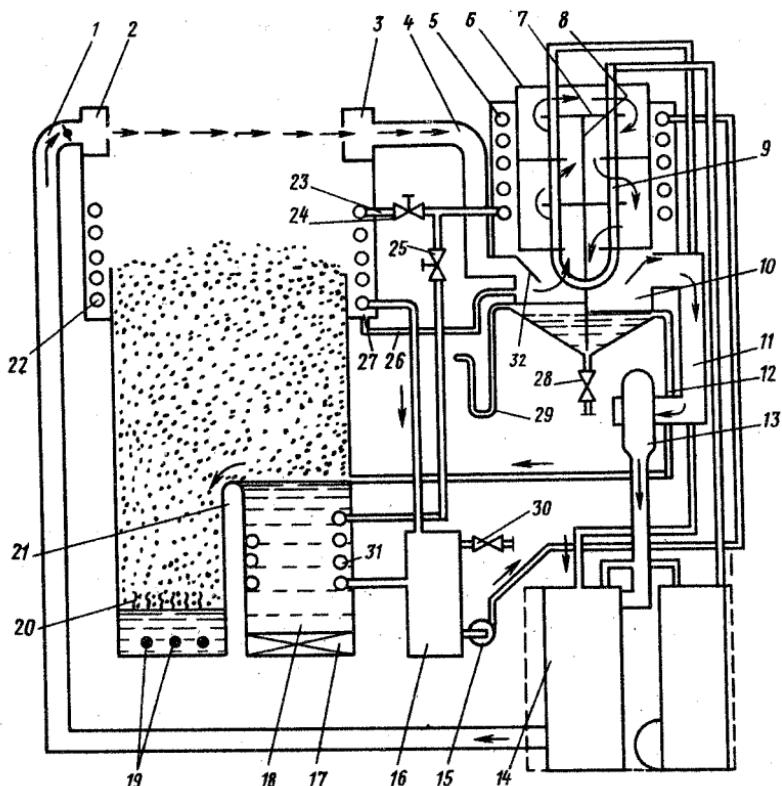


Рис. 9. Схема ультразвуковой установки УОФ-1

## Установки для очистки деталей во фреоновых композициях

Для очистки деталей и изделий во фреоновых композициях разработана серия установок типа УЗВФ с открытым зеркалом растворителя в рабочей ванне, а также установка для очистки в герметичной камере (табл. 4).

Принципиальная схема установки УЗВФ-1 показана на рис. 1.

Установка включает секции с кипящим растворителем 8, ультразвуковую 1 и паровую 2.

Секции снабжены электронагревателями 3 с регулируемой мощностью и каждая из них может быть соединена с насосом 5 и фильтром 4. Секция 1 имеет ультразвуковой магнито-стрикционный преобразователь 6 и охлаждаемую водяную рубашку 7. Чтобы избежать потерь растворителя, предусмотрен водоохлаждаемый теплообменник 9, на котором конденсируются пары, образующиеся при кипении растворителя. Ниже устройства 9 расположен лоток для сбора конденсата. Собирающийся на нем конденсат может стекать в секцию 1, 2 или 8.

Пары растворителя тяжелее воздуха, поэтому они не проникают выше теплообменника. Однако незначительная их часть за счет диффузии может выйти за пределы установки. Чтобы избежать этого, в верхней части установки предусмотрена система вытяжной внутренней вентиляции, работающая от струйного насоса 11.

Засасываемые через отверстия 12 пары рабочей смеси смешиваются в корпусе этого насоса с холодным растворителем, конденсируются и конденсат поступает в секцию 1. Насос 5 обеспечивает работу струйного насоса 11, при этом происходит непрерывная очистка растворителя от механических загрязнений в фильтре 4.

По контуру ванны проходит водяная рубашка 10, служащая для охлаждения ее борта. Растворитель в ванне 1 охлаждается водяной рубашкой 7. В ванне имеется загрузочное приспособление, обеспечивающее перенос деталей из секции в секцию, датчики контроля уровня паров, концентрации рабочей смеси и степени ее загрязнения, не показанные на схеме.

Работа на установке производится следующим образом. Загрузочное приспособление с размещенными на нем деталями погружается в секцию 8 с кипящим растворителем. Затем детали переносятся в ультразвуковую ванну 1 с холодным растворителем и в паровую секцию 2, в которой происходит их очистка в парах растворителя.

#### 4. Технические характеристики установок серии УЗВФ

Параметры	УЗВФ-1	УЗВФ-2	УЗВФ-3
Максимальные размеры деталей, мм	300x300	140x100	200x200
Производительность по максимальным размерам деталей, шт/ч	100	120	150
Потребляемая мощность, кВт	11,0	0,8	3,7
Объем рабочего раствора, л	125-175	6	30
Способ подачи изделий в зону очистки	Механизированный		Ручной
Ультразвуковой излучатель	Магнитострикционный ПМС-6-22		Пьезокерамический
Число излучателей	1		7
Амплитуда колебаний излучателя, мкм	2-3		6-7
Потребляемая мощность излучателя, кВт	2,5		0,2
Рабочая частота преобразователя, кГц	22		20
Тип ультразвукового генератора	УЗГ-2-4		УЗГ-3-0,4
Габаритные размеры, мм	1845x902x x1005	606x400x x563	1150x676x x985
Масса, кг	635	63	377

**Примечание.** Предусмотрена регенерация моющего раствора и сушка изделий.

В зависимости от загрязнения деталей на установке можно проводить следующие циклы очистки:

1) очистка в кипящем растворителе (секция 8); ультразвуковая очистка (секция 1); очистка в парах, сушка (секция 2);

2) ультразвуковая очистка (секция 1); очистка в парах, сушка (секция 2);

3) смачивание в холодном растворителе (секция 8); ультразвуковая очистка (секция 1); очистка в парах, сушка (секция 2);

4) ультразвуковая очистка (секция 1); очистка в кипящем растворителе (секция 8);

5) очистка в кипящем растворителе (секция 8); очистка в кипящем растворителе без ультразвука (секция 1); очистка в кипящем растворителе (секция 2);

6) очистка в кипящем растворителе (секция 8); смачивание в холодном растворителе без ультразвука (секция 1); очистка в парах, сушка (секция 2).

Цикл 1 наиболее предпочтителен. Циклы 2 и 3 применяют в случаях, когда очистка ведется от термоРеактивных загрязнений, которые полимеризуются в кипящем растворителе (некоторые виды лаков и смол). Цикл 4 используют для вымывания из углублений в деталях загрязнений, отслоенных от их поверхности при воздействии ультразвука. В этом случае конденсат поступает в секцию 8. Цикл 5 применяют в случаях очистки плат печатного монтажа от флюсов с активаторами. При этом конденсат направляют в ванну 2. Цикл 6 применяют при очистке плат с навесным монтажом, не допускающим воздействия ультразвука. Система трубопроводов и кранов обеспечивает поступление чистого конденсата растворителя и загрязненного растворителя в секции в зависимости от цикла очистки. Уровень растворителя в секции 1 определяется высотой ее стенок, а уровень растворителя в секции 8 – сливным отверстием, расположенным на ее боковой стенке. Уровень растворителя в секции 2 при технологическом цикле, показанном на рис. 1, поддерживается постоянным за счет поступления растворителя из секции 8.

Количество растворителя, переходящего в секциях 8 и 2, компенсируется количеством поступающего конденсата в секцию 1 и, следовательно, далее в секции 8 и 2.

На рис. 2 показана схема настольной установки УЗВФ-2. Ванна установки состоит из секций с кипящим растворителем 4 и ультразвуковой секции 1. Секция 4 имеет водяную тепловую рубашку 6 с электронагревателем 7 и датчиком 8 для контроля температуры воды. Секция 1 имеет набор пьезокерамических преобразователей 3. Рубашка 2 секции 1 охлаждается водой. Выше упомянутых секций расположен водоохлаждаемый теплообменник 10, а над ним водяная рубашка 12. Ниже теплообменника 10 имеется лоток для сбора конденсата и возврата его в секцию 1. Установка снабжена температурными датчиками контроля нагрева воды 8, контроля уровня паров 11,

концентрации компонентов в азеотропной смеси 9 и датчиком температуры 5 для контроля степени загрязнения растворителя. Установка УЗВФ-2 выполнена в настольном исполнении и может быть использована в различных технологических операциях очистки, применяемых в механосборочном производстве.

На рис. 3 показана схема установки УЗВФ-3. Ванна установки состоит из секции 5 с кипящим растворителем и ультразвуковой секции 15. Секция 5 имеет водяную тепловую рубашку 7, электронагреватель 8 и датчик контроля температуры 6. Секция 15 имеет набор пьезокерамических излучателей 10 и водоохлаждаемую рубашку 11. Указанные конструктивные элементы аналогичны элементам, применяемым в установке УЗВФ-2.

Выше секций расположен теплообменник 3, а над ним водяная рубашка 1. Лоток теплообменника 3 через водоотделитель 14 соединен с секцией 15. Система фильтрации растворителя включает фильтр 13 и насос 12. Установка снабжена разбрызгивателем 16 для ополаскивания деталей чистым растворителем. В ней имеются датчики контроля уровня паров 2 концентрации компонентов в азеотропной смеси 4 и датчик контроля степени загрязнения растворителя 9. Типовые технологические процессы, применяемые на установках серии УЗВФ даны в приложении 2.

Установка для очистки деталей в герметичной камере состоит (рис. 8) из камеры 7, бака для охлажденного растворителя 28, герметичной ванны для растворителя 35 и парогенератора 13, выполненного в виде емкости для кипящего растворителя. Камера 7 через вентиль 6 соединена с теплообменником 29, который через трубопровод 36 соединен с баком 28. Камера 7 через вентиль 5 соединена со всасывающим патрубком струйного насоса 4, нагнетающий патрубок которого через вентиль 3 соединен с насосом 1. Вентилем 3 регулируется напор растворителя, подаваемого насосом 1 из бака 28 в нагнетающий патрубок струйного насоса 4. Выходной патрубок гидравлического насоса 1 через вентиль 2 соединен с камерой 7. Охлаждение растворителя в баке 28 обеспечивается змеевиком 27, а контроль уровня растворителя в нем обеспечивается уровнемером 26.

В ванне 35 имеется перегородка 22, которая разделяет ванну на два отсека 20 и 24. Растворитель в отсеках нагревается с помощью электрических нагревателей 21 и 23. Отсек 24 соединен с баком 28 через вентиль 25 и с герметичной камерой 7 через вентиль 34. Паровая зона над отсеками 20 и 24 соединена через вентиль 11 с источником сжатого газа, через вентиль 33 с камерой 7 и через вентиль 32 с водоох-

лаождаемым змеевиком 30 теплообменника 29. Отсек 20 через вентиль 19 соединен со сливным коллектором 18, камерой 7 и емкостью 13, которая имеет нагреватель 14 и уровнемер 16. Паровая зона емкости 13 соединена трубопроводом 12 с водоохлаждаемым змеевиком 31 теплообменника 29. Рабочая камера 7 соединена с источником сжатого газа через вентиль 10, а через вентиль 8, фильтр 9, сливной коллектор 18 и вентиль 17 со сливной магистралью 15. Камера 7 снабжена преобразователем ПМС-15А-18, питаемым от генератора УЗГ-2-4 (на рисунке не показано). Потребляемая мощность преобразователя 4 кВт, рабочая частота 18 кГц, амплитуда колебаний 5 мкм.

Установка работает следующим образом. Перед началом работы все вентили закрыты. В бак 28, ванну 35, емкость 13 заливают органический растворитель. Включают нагреватели 14, 21 и 23, затем загружают детали в камеру 7, которую герметично закрывают крышкой. Открывают вентили 5 и 3 (управление всеми вентилями дистанционное), включают насос 1. и откачивают воздух из камеры 7 до остаточного давления 650-700 мм рт. ст. Это разряжение в камере 7 создается с помощью струйного насоса 4, через который под давлением 1-1,5 кгс/см<sup>2</sup> прокачивается растворитель из бака 28. Этот цикл проводится для эвакуации частиц воздуха из щелей и глухих каналов в монтаже очищаемых деталей для лучшего проникновения в них растворителя.

В рабочую камеру 7 заливают нагретый выше нормальной точки кипения жидкий растворитель. Для этого закрывают вентили 3 и 5 и открывают вентиль 11. В ванне 35 создают избыточное давление 3 кгс/см<sup>2</sup>, при котором температура растворителя 60-70°C (при нормальных условиях температура кипения, например, фреона-113 составляет 47,6°C). Открывают вентиль 34, и под давлением сжатого газа и пара подают растворитель в камеру 7, где происходит эффективная очистка обрабатываемых деталей, после чего вентиль 34 закрывают. Загрязненный растворитель из камеры 7 сливается под избыточным давлением сжатого газа через вентиль 8, фильтр 9 и коллектор 18 в емкость 13.

Следующий цикл - ополаскивание деталей в холодном растворителе. Для этого закрывают вентиль 8, открывают вентиль 2, включают насос 1 и подают из бака 28 в камеру 7 холодный растворитель. При проведении этого цикла возможна обработка деталей ультразвуковыми колебаниями. После ополаскивания растворитель сливают в емкость 13.

Дальнейшая очистка производится в парах, нагретых до температуры выше нормальной точки кипения растворителя, для чего закрывают вентили 2, 8, 10 и открывают 6 и 33. Пар растворителя из ванны 35 под избыточным давлением поступает в камеру 7. Несконденсированные пары удаляются из камеры 7 через вентиль 6 и теплообменник 29, где происходит их конденсация в змеевике 30. Конденсат поступает в бак 28 по трубопроводу 36. Сконденсировавшиеся на деталях пары образуют конденсат в камере 7, который описанным выше способом удаляется в емкость 13, где растворитель постоянно кипит. Пары растворителя из емкости 13 подаются в теплообменник 29, конденсируются на змеевике 31 и конденсат поступает в ванну 28, восполняя в ней потери.

Следующая операция – отсос из камеры 7 остаточных паров растворителя. Для этого закрывают вентили 6, 8, 33, открывают вентили 3, 5 и производят откачу паров растворителя до остаточного давления 650–700 мм рт. ст., после чего открывают крышку камеры и производят выгрузку очищенных деталей.

Перед следующим циклом очистки открывают вентили 19 и 25 и выравнивают уровень растворителя в баке 28, отсеках 20, 24 и емкости 13, после чего вентили 19 и 25 закрывают и производят очистку следующей партии деталей.

Таким образом, в установке осуществляется непрерывный кругооборот растворителя: загрязненный растворитель самотеком поступает из камеры 7 в емкость 13, где превращается в пар, который конденсируется в теплообменнике 29, откуда чистый дистиллят поступает в бак 28 и далее в отсек 24 ванны 35, где в случае его избытка переливается в отсек 20, затем самотеком поступает в емкость 13 или подается из отсека 24 в камеру 7, откуда поступает в емкость 13 или в виде паров в теплообменник 29, далее чистый дистиллят направляется в бак 28.

Такая установка по сравнению с вышеописанными ваннами серии УЗВФ имеет следующие преимущества:

1) температура органического растворителя повышается до необходимого уровня, определяемого видом загрязнений, что улучшает эффективность очистки от термопластичных органических загрязнений (типа смол, флюсов, канифоли и т. п.), температура размягчения которых выше температуры используемого растворителя;

2) при обработке деталей в парах увеличивается поступление на поверхность последних частых порций растворителя за

счет увеличения относительной разницы температур между поверхностью деталей и паров растворителя, так как чем выше температура насыщенных паров и ниже температура поверхности детали, тем эффективнее процесс концентрации и, следовательно, очистки;

3) обеспечивается возможность использования для очистки любых видов галогенпроизводных органических растворителей, например трихлорэтилена, хлористого метилена, указанных в табл. 1, а также фреонов любых марок, в том числе с низкой температурой кипения, так как в установке полностью исключается утечка растворителя в окружающую среду и отсутствует контакт обслуживающего персонала с растворителем при загрузке и выгрузке деталей из установки;

4) ультразвуковую очистку можно проводить под избыточным давлением сжатого газа.

В установке предусмотрена возможность менять порядок операций очистки в любой последовательности.

Общая емкость заправляемого в установку растворителя составляет 180 л. Габаритные размеры установки 2520x2200xх2200 мм при емкости рабочей камеры 42,8 л.

В отдельных случаях установки, предназначенные для ультразвуковой очистки, которые не оборудованы устройствами для работы с органическими растворителями, можно использовать для очистки деталей во фреоне или композициях на его основе. Для этого их снабжают блоком регенерации моющих сред, схема которого изображена на рис. 10. Рабочая ванна 1 ультразвуковой установки через трубопровод 2 соединена с блоком регенерации 3, внутри которого расположена ванна для кипящего растворителя со сливным окном 4. В донной части этой ванны расположен нагреватель 5 и температурный датчик 6.

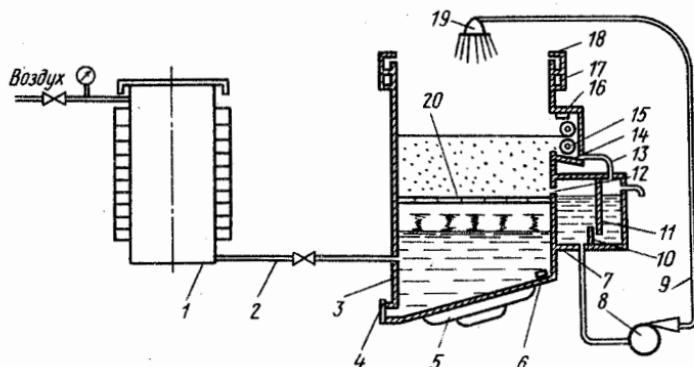


Рис. 10. Схема блока регенерации моющих сред

Блок регенерации имеет отсек для чистого растворителя 7, который через насос 8 связан с напорным трубопроводом 9. Внутри отсека 7 установлены перегородки 10 и 11. Отсек 7 через отверстие 12 соединен с ванной для кипящего растворителя, а также через трубопровод 13 с лотком 14, выше которого расположен водоохлаждаемый теплообменник 15. Над указанным теплообменником имеется датчик 16, обеспечивающий отключение нагревателя 5 при повышении уровня паров кипящего растворителя выше теплообменника 15. В верхней части блока регенерации 3 расположены водяная рубашка 17 и вентиляционный короб 18. На конце напорного трубопровода 9 установлен обрызгиватель 19. Над ванной с кипящим растворителем внутри блока 3 закреплена сетка 20.

Перегородка 11 служит для отделения от фреона воды, которая частично попадает в отсек вместе с конденсатом растворителя. Благодаря наличию перегородки 10 отстоявшаяся вода не попадает в напорный трубопровод 9 при работе насоса 8.

При работе ультразвуковых установок с описанным блоком регенерации после очистки грязный растворитель сливается в блок 3, а с помощью обрызгивателя 19 происходит заполнение рабочей ванны 1 чистым конденсатом. Детали после ультразвуковой очистки дополнительно обрабатываются в парах кипящего растворителя и чистым конденсатом (на сетке 20 обрызгивателем 19). Емкость ванны для кипящего растворителя 40 л, отсека для чистого растворителя 18 л, потребляемая мощность 4 кВт, общие габаритные размеры 980x760x985 мм.

Для автоматизированной промывки деталей в органических растворителях при большой программе производства используют ультразвуковую установку УЗО-2 конвейерного типа (рис. 4 и 11), а также установку типа УОФ. Технические характеристики установки УЗО-2 и УОФ приведены в табл. 5.

Корпус установки УЗО-2 (рис. 4) имеет четыре отсека; отсек загрузки деталей 6, отсек с рабочей ванной 10, в которой по ходу движения деталей имеется зона предварительной замочки обрабатываемых деталей, зона ультразвуковой обработки и зона обработки деталей встречным потоком отрегенированного растворителя; отсек сушки 14 и отсек выгрузки 2. Транспортирующим органом агрегата является цепной конвейер 5. На цепи подвешены корзины 1, на которые установлены кассеты с обрабатываемыми деталями.

Для предотвращения выброса паров растворителя из агрегата и конденсации в вертикальных отсеках 6 и 14 установлены водоохлаждающие змеевики 16.

## 5. Технические характеристики установок серии УОФ и УЗО

Параметры	УОФ-1	УОФ-2	УЗО-2
Максимальные размеры деталей, мм	700x700x x700	300x300x x300	300x300x100
Производительность (по максимальным размерам деталей), шт/ч	50	100	200
Потребляемая мощность, кВт	18	11	12
Объем рабочего раствора, л	800-1000	120-150	100-120
Тип ультразвукового излучателя	ПМС-38А	ПМС-6-22	
Число излучателей	3	2	
Амплитуда колебаний излучателей, мкм	6-7	2-3	
Потребляемая мощность излучателя, кВт	4,0	2,5	
Рабочая частота преобразователя, кГц	18	22	
Габаритные размеры, мм	3400x1600x x2950	1710x780x x1280	2100x1200x x2215
Масса, кг	1200	400	250

Примечания: 1. Предусмотрена регенерация моющего раствора и сушка изделий.  
 2. Подача деталей в зону очистки механизирована.  
 3. Применен ультразвуковой генератор типа УЗГ-24.

Для ультразвуковой обработки деталей отсек 10 снабжен двумя магнитострикционными преобразователями 9, смешенными относительно друг друга, что исключает одновременное воздействие ультразвуковых колебаний на очищаемые детали и соответственно увеличивает время обработки.

Во всех четырех отсеках агрегата смонтированы направляющие уголки 15, обеспечивающие горизонтальное движение корзин с кассетами и очищаемыми деталями в отсеках 6 и 26.

10, под углом 10–20° в отсеке сушки 14. При горизонтальном движении кассет с деталями значительно облегчается их выдача в корзины через загрузочное окно 4 на фронтальной стенке агрегата и снятие их через загрузочное окно 3. Кроме того, направляющие уголки предотвращают опрокидывание корзин с кассетами во время перемещения их через зоны обработки.

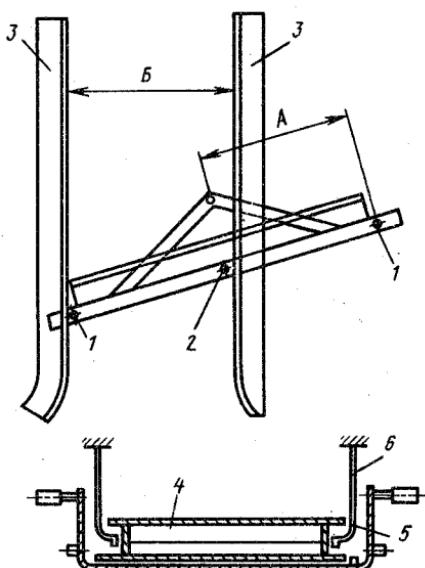


Рис. 11. Отдельные узлы установки УЗО-2

Наклон корзин с кассетами на 10–20° в отсеке сушки 14 (см. рис. 4) достигается тем, что расстояние Б между направляющими уголками 3 (см. рис. 11) меньше половины расстояния А между центрами боковых фиксирующих роликов 1, а в отсеке загрузки оно равно диаметру центральных фиксирующих роликов 1 и 2, за счет чего здесь обеспечивается горизонтальное движение корзин.

В отсеке 10 (рис. 4) установлены форсунки 13 с углом наклона, равным углу поворота корзин с кассетами. Растворитель (конденсат) в форсунки 13 подается из регенератора 17.

Постоянный уровень растворителя в рабочей ванне отсека 10 поддерживается с помощью переливного трубопровода 7. Чистый растворитель подается в рабочую ванну из бака накопителя 8 по трубопроводу 12 с помощью насоса 11. Для съема с корзин кассет с очищенными деталями в отсеке выг-

рушки у разгрузочного окна 3 (см. рис. 4) установлены захваты 6 (см. рис. 11) с выступами 5 входящими в прорезь кассеты 4.

Установка УЗО-2 работает следующим образом (см. рис. 4). Детали, подлежащие очистке, например платы печатного монтажа с остатками паяльных флюсов, размещают на кассетах и через загрузочное окно 4 подают в корзины 1, подвешенные к цепному конвейеру 5. Пройдя вертикальный отсек 6 с водоохлаждаемыми эмевиками 16, кассеты с деталями погружаются в растворитель, которым заполнена рабочая ванна отсека 10, в которой производится замочка деталей, затем двусторонняя ультразвуковая очистка, а далее обработка встречным потоком отрегенерированного растворителя.

При выходе из отсека 10 кассета поворачивается на угол 10–20° и производится очистка обрызгиванием деталей с помощью форсунок 13 конденсатом растворителя, подаваемого из регенератора 17. При такой обработке деталей с очищаемой поверхности можно удалить самые незначительные остатки загрязнений.

За время прохождения кассеты в отсеке 14 в наклонном положении с ее поверхности и с поверхности очищаемых деталей растворитель стекает в рабочую ванну отсека 10, детали предварительно подсушиваются и сухими подходят к разгрузочному окну 3. Здесь кассета с деталями подхватывается выступами 5 захвата 6 (см. рис. 11) и остается на нем, а пустая корзина 1 подходит к загрузочному окну 4 (см. рис. 4) агрегата и цикл очистки повторяется.

Технологический процесс очистки деталей в установке УЗО-2 автоматизирован, за исключением операций загрузки, что позволяет встроить ее в автоматическую линию.

Ультразвуковая установка УОФ-2 (см. рис. 5) обеспечивает механизацию загрузки и выгрузки деталей в рабочие камеры с помощью пневмопривода. Эта установка содержит три рабочие ванны: ультразвуковую с холодным растворителем, с кипящим растворителем и паровую (на рис. 5 показана часть установки – ванна с кипящим растворителем).

Габаритные размеры рабочих ванн 300x300x300 мм. Для создания объемного ультразвукового поля преобразователи типа ПМС-6-22 вмонтированы в дно и боковую стенку ванны; источник питания – генератор УЗГ-2-4.

В этой установке один пневмопривод обеспечивает работу механизма загрузки, насоса очистки растворителя и отсоса его паров, что позволяет стабилизировать работу пневмопривода и улучшить условия работы.

Рабочая ванна 12 установки снабжена нагревателями 11 для нагревания растворителя до температуры кипения. Выше ванны с кипящим растворителем расположен водоохлаждаемый теплообменник 16 для конденсации паров кипящего растворителя. Ванна 12 снабжена подъемником 18 для загрузки и выгрузки деталей. Подъемник 18 имеет подставку для кассет 17. Он приводится в движение пневмоцилиндром 1. В установке имеется насос 9 для работы системы фильтрации растворителя и вентиляционный насос 4 для отсоса его паров. Штоки этих насосов соединены через траверсу 3 со штоком 2 пневмоцилиндра 1. Всасывающий клапан 7 насоса 9 посредством трубопроводов через фильтр 10 соединен с ванной 12 ниже зеркала растворителя. Выпускной клапан 8 насоса 9 посредством трубопровода 19 соединен с ванной 12 выше зеркала рабочей жидкости. Через впускной клапан 5 насос 4 посредством трубопровода через всасывающий короб 15 соединен с ванной 12 выше теплообменника 16, а через выпускной клапан 6, холодильник 14 и трубопроводы – с ванной 12 ниже теплообменника 16.

Работа на установке производится следующим образом.

Кассеты 17 с деталями, подлежащими очистке, устанавливают на подставку и с помощью подъемника 18 размещают в кипящем растворителе. При кипении растворителя жировые загрязнения с поверхности деталей удаляются, после чего кассеты 17 подъемником 18 переносятся в паровую зону, расположенную ниже теплообменника 16. В этой зоне детали дополнительно смываются парами растворителя, что улучшает качество их очистки. После окончания цикла очистки кассеты выносятся из зоны паров и детали выгружаются. Далее цикл очистки повторяется. В случае необходимости детали подвергаются ультразвуковому воздействию до обработки в кипящем растворителе.

При загрузке кассет с деталями в кипящий органический растворитель, при переносе кассет в паровую зону и при выгрузке деталей шток 2 привода 1 подъемника 18 посредством траверсы 3 перемещает шток насоса очистки 9 и шток вентиляционного насоса 4.

При движении штока насоса 9 вверх через всасывающий клапан 7 и фильтр 10 происходит засасывание растворителя из рабочей ванны. При этом происходит очистка растворителя от механических частиц при протекании его через фильтр 10. При обратном движении штока этого насоса очищенный растворитель через выпускной клапан 8 и трубопровод 19 обратно перекачивается в рабочую ванну 12. Так как при движении вверх кассет 17 в положение разгрузки часть паров захватывается по-

верхностью деталей, пары растворителя поднимаются выше теплообменника 16. Они отсасываются насосом 4, который начинает работать при перемещении кассет в положение разгрузки деталей. При движении штока насоса 4 вверх через всасывающий клапан 5 и всасывающий короб 15 происходит всасывание паров органического растворителя в насос 4. При обратном движении штока пары растворителя через выпускной клапан 6 подаются в холодильник 14, где они конденсируются и конденсат сливается в рабочую ванну 12 через трубопровод 13.

Недостатком ультразвуковых установок открытого типа, имеющих ванны с кипящим растворителем, является прорыв паров за пределы установки, что ухудшает условия труда и технику безопасности для обслуживающего персонала. Для предотвращения этого установки снабжают системами вытяжной вентиляции. При такой конструкции обеспечиваются нормальные условия труда, но увеличиваются потери растворителя, так как вместе с воздухом в атмосферу выбрасывается значительное количество паров растворителя, имеющихся в паро-воздушной смеси. Особенно велики потери растворителя в установках с большими габаритными размерами рабочих ванн, так как увеличивается зеркало испарения растворителя.

Для устранения этого недостатка в двухкамерной ультразвуковой установке УОФ-1 (рис. 9 и 12) вентиляционная система выполнена замкнутой и снабжена холодильной камерой с водоотделителем. Габаритные размеры рабочих камер 1000x800x1000 мм, источник колебаний - преобразователи типа ПМС-38А.

В общем корпусе установлены рабочая ванна 20 для кипящего растворителя и ультразвуковая ванна 18, разделенные между собой перегородкой 21 с воздушной подушкой. Ванна 20 снабжена нагревателем 19, а ультразвуковая ванна 18 - ультразвуковым излучателем 17 и змеевиком 31 для охлаждения растворителя.

Устройство для конденсации паров кипящего растворителя выполнено в виде водоохлаждаемого теплообменника 22. Сборник конденсата 27 соединен с холодильной камерой 6 с помощью трубопровода 26.

В верхней части общего корпуса на его противоположных стенах расположены отсасывающий 3 и нагнетающий 2 коллекторы системы воздушной завесы, к которым подсоединенны магистраль отсоса 4 воздуха с парами растворителя и магистраль подачи воздуха 1. Магистраль отсоса 4 соединена с холодильной камерой 6, а магистраль подачи воздуха - с воз-

душным радиатором, входящим в комплект холодильника 14. Принудительная циркуляция воздуха и смеси паров растворителя с воздухом осуществляется посредством вытяжного вентилятора 13.

Холодильная камера 6 снабжена внутренним змеевиком 9, соединенным нагнетательным трубопроводом с компрессором холодильника 14, а змеевик 5 с помощью трубопровода 23 через вентиль 24 подсоединен к теплообменнику 22 и через вентиль 25 к змеевику 31 ванны 18. Змеевик 31 и теплообменник 22 соединены с баком 16, который через циркуляционный насос 15 и трубопровод подключен ко входу змеевика 5.

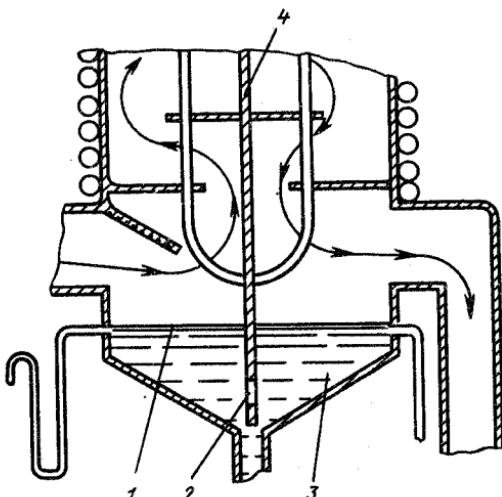


Рис. 12. Схема водоотделителя-холодильника установки УОФ-1

Бак 16 заполняется по трубопроводу с вентилем 30 из водопроводной сети. Внутри холодильной камеры 6 расположены пластины 7, прикрепленные в шахматном порядке к змеевику 9, и вертикальная перегородка 8, имеющая отверстия в верхней и нижней частях. Внутренние стенки холодильной камеры 6 пластины 7 и вертикальная перегородка 8 образуют лабиринт для прохождения засасываемой смеси воздуха с парами растворителя.

Над входными отверстиями магистрали 4 в холодильной камере 6 закреплена отражательная пластина 32. В нижней части камеры 6 расположен водоотделитель 10. Обезвоженный конденсат растворителя сливается из водоотделителя 10 в ультразвуковую ванну 18 по трубопроводу 12, а отделившаяся вода — через изогнутый трубопровод 29 в канализацию.

К нижней части камеры 6 подсоединен сливной трубопровод с вентилем 28. Водоотделитель (рис. 12) имеет отсеки 1 и 3 которые в нижней части соединены между собой через отверстие 2 в перегородке 4.

Установка работает следующим образом. Из водопроводной сети через вентиль 30 заполняют водой бак 16. Охлаждающая вода подается в эмевик 31 охлаждения растворителя в ультразвуковой ванне 18 и в теплообменник 22 установки путем включения циркуляционного насоса 15.

Предотвращение прорыва паров растворителя (например, фреона-113) при заправке и работе установки достигается за счет включения агрегатов системы воздушной завесы: холодильника 14 и вытяжного вентилятора 13. После достижения заданной температуры циркулирующего по магистрали отсоса 4 и подачи 1 воздуха в ультразвуковую ванну 18 заливают растворитель до перелива его через перегородку в ванну 20. После заполнения ванны 20 до уровня, равного  $\sim 1/4$  уровня ванны 18, включают нагреватели 19 и доводят растворитель до температуры кипения.

Пары растворителя заполняют пространство над ваннами 18 и 20 до уровня теплообменника 22, в котором они конденсируются. При этом на теплообменнике 22 конденсируются пары воды из окружающего воздуха. Конденсат растворителя стекает в сборник конденсата 27 и по трубопроводу 26 поступает в холодильную камеру 6, предварительно заполненную до уровня сливного трубопровода 12 обезвоженным фреоном.

По мере поступления конденсата в отсек 1 (рис. 12) водоотделителя холодильной камеры 6 (рис. 9) вода из растворителя всплывает на поверхность за счет разности удельных весов растворителя и воды (удельный вес фреона - 113 в 1,67 раз больше удельного веса воды) и сливается через трубопровод 29 в канализацию. Обезвоженный конденсат растворителя через отверстие 2 (рис. 12) поступает в отсек 3, затем по трубопроводу 12 (рис. 9) - в ультразвуковую ванну 18.

Размеры изогнутого трубопровода 29 (высота столба жидкости в ней) выбраны такими, чтобы предотвратить подсос воздуха через нее при разряжении в камере 6, создаваемом вентилятором 13.

При непрерывном поступлении конденсата растворителя в ванну 18 обеспечивается постоянный перелив загрязненного растворителя в ванну 20.

Часть паров растворителя, проникающих за счет диффузии выше теплообменника 22, отсасывается через коллектор 3 и по магистрали 4 попадает в нижнюю часть камеры 6.

Отражательная пластина 32 направляет поток смеси паров растворителя и воздуха на поверхность жидкого растворителя, что способствует удалению механических, пылевых частиц из потока. Это происходит ввиду того, что механические частицы за счет инерционных сил продолжают двигаться прямолинейно и попадают в растворитель, затем осаждаются на коническое дно камеры 6 и периодически удаляются при открывании вентиля 28.

Внутри отражательной пластины 32 имеется водоохлаждаемый змеевик, позволяющий предварительно охлаждать поступающую паровоздушную смесь и конденсировать пары растворителя, которые стекают (см. рис. 12) по пластине 32 в отсек 1, а затем в отсек 3 через отверстие 2.

Поток смеси паров растворителя и воздуха проходит через охлаждаемые пластины 7, образующие лабиринт, и постепенно охлаждается до 1-5°C за счет циркуляции хладоагента в змеевике 9. Образующийся конденсат растворителя стекает в нижнюю часть камеры 6 и, пройдя через водоотделитель 10, поступает по трубопроводу 12 в ультразвуковую ванну 18.

Установка для обеспечения безопасной и экономной работы имеет автономную систему охлаждения воды в змеевике 31 и теплообменнике 22. Вода из бака насосом 15 подается в змеевик 5, где отдает тепло и вновь поступает в змеевик 31 и теплообменник 22. Температуру растворителя в ванне 18 регулируют путем изменения расхода воды, подаваемой в змеевик 31, вентилем 25. Таким же образом регулируется температура воды в теплообменнике 22 с помощью вентиля 24.

На установке УОФ-1 очистку деталей производят по следующей схеме:

загрузка деталей в контейнеры или крепление на технологических подвесах;

загрузка контейнеров или подвесок с деталями в ультразвуковую ванну с холодным растворителем;

ультразвуковая очистка деталей от загрязнений;

перенос контейнеров с холодными деталями в паровую зону над ванной с кипящим растворителем;

конденсация паров на холодных деталях и обмывание их потоком дистиллята;

нагрев деталей парами и постепенная сушка;

выгрузка контейнеров из установки;

контроль качества очистки деталей.

Одним из перспективных методов очистки в органических растворителях является контактный метод очистки, при кото-

ром ультразвуковые колебания создаются в детали в результате акустического контакта между преобразователем и деталью. Наиболее эффективна очистка контактным методом тонкостенных изделий, например, трубопровода. При этом желательно, чтобы площадь контакта между преобразователем и деталью была минимальна, а моющую жидкость непрерывно прокачивать или подавать на очищаемую поверхность тонким слоем. Очистка в тонком слое жидкости при одновременном наложении на него ультразвуковых колебаний позволяет образовать на нем развитую кавитацию, которая нарушает сплошность пленки жировых загрязнений на очищаемой поверхности детали.

Для очистки трубопроводов диаметром 4–30 мм контактным методом применяют ручное ультразвуковое устройство РУОТ-1 (см. рис. 6).

Устройство РУОТ-1 состоит из магнитострикционного стержневого преобразователя 4 типа ПМС-00-00 (частота 22 кГц) с инструментом 5, которые соединены с полуволновой опорой 6 трубчатой скобой 8. Корпус преобразователя 4 шарнирно соединен со штоком 3 пневмоприжима 2. Посредством ручки 1 осуществляется подача сжатого воздуха в воздухораспределитель 10.

Электрическое питание преобразователя от ультразвукового генератора УЗГ-3-0,4 включают и выключают тумблером 7.

Очистка трубопроводов осуществляется следующим образом. Очищаемый участок вставляют в паз между инструментом 5 и полуволновой опорой 6. При повороте ручки 1 воздух через воздухораспределитель подается в нижнюю камеру пневмоприжима 2. Усилие от поршня пневмоприжима через шток 3 передается опорной пяте преобразователя, что позволяет осуществить плотный контакт инструмента с обрабатываемым участком трубы. Тумблером 7, расположенным на ручке скобы, включаются ультразвуковые колебания и происходит обработка участка трубы.

По окончании очистки обратным поворотом ручки 1 воздух подается в верхнюю камеру пневмоприжима, труба освобождается и устройство РУОТ-1 переносится на новый участок очистки. Благодаря такой маневренности ультразвукового устройства можно обрабатывать трубопроводы любой длины и конфигурации.

На рис. 7 и 13 показана схема ультразвуковой установки для обезжикивания полостей манометрических датчиков, т.е. трубчатых изделий закрытых с одного конца.

## Техническая характеристика ультразвукового устройства РУОТ-1

Источник питания преобразователя.....	Ультразвуковой генератор УЗГ-3-
	-0,4
Преобразователь ПМС-51:	
рабочая частота, кГц.....	44
рабочее напряжение, В.....	50-150
ток подмагничивания, А.....	3-5
Давление при контакте, кгс/мм <sup>2</sup> .....	≥ 2
Диаметр обрабатываемых трубопроводов, мм.....	8 - 30
Габаритные размеры устройства, мм .....	542; φ 76
Масса, кг .....	4,5

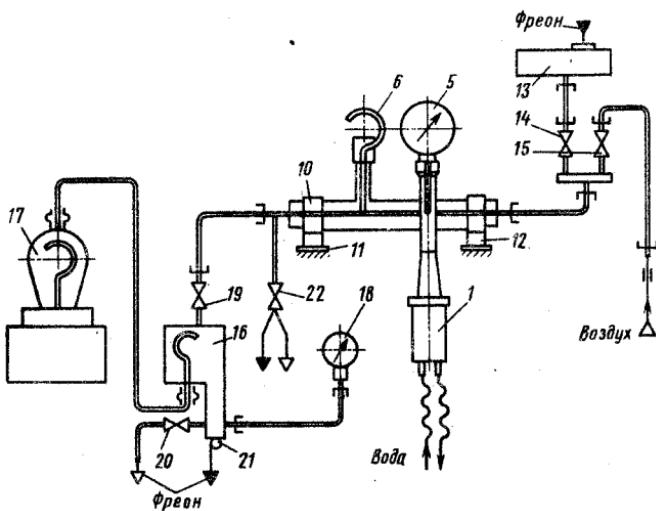


Рис. 13. Схема ультразвуковой установки для очистки  
манометрических датчиков

К ультразвуковому вибратору 1 (рис. 7) посредством шпильки 2 подсоединен концентратор ультразвуковых колебаний 3. Через разъемное сменное соединение 4 концентратор связан с очищаемым изделием 5. Внутренняя полость 6 датчика (манометрическая пружина) через канал 7 в концентраторе соединена с каналом 8 для моющей жидкости, выполненным в нереzonансной опоре 9, которая связана с опорами 10 (рис. 13), укрепленными на стойках 11 с подставкой 12. Напорный бак

13 содержит моющую жидкость фреон-113. Вентили 14 и 15 служат для подачи фреона и сжатого воздуха соответственно. Ресивер-ловитель 16 соединен с вакуум-насосом 17 и с вакуумметром 18. Посредством вентиля 19 ресивер-ловитель сообщается с полостью 6. Вентиль 20 служит для слива отработанного моющего раствора, а пробка 21 - для удаления осадка. Через вентиль 22 осуществляется воздушный дренаж для продувки системы чистым сжатым воздухом.

Установка работает следующим образом. При открытом вентиле 19 включают вакуумный насос 17. Вентили 14, 15, 20, 22 закрыты. При достижении в системе разряжения  $1 \cdot 10^{-4}$  мм рт. ст. вентиль 19 закрывают, а вентиль 14 открывают. Из напорного бака 13 моющий раствор подается через трубопровод коллектора и каналы 8 и 7 (см. рис. 7) во внутреннюю полость 6 датчика 5. Включается вибратор 1 и ультразвуковые колебания передаются в моющую жидкость, которой заполнена полость 6, что способствует высококачественной очистке. При открытом вентиле 19 осуществляется слив отработанного фреона в ресивер-ловитель 16, а через вентиль 20 его подают в напорный бак 13, предварительно подвергнув очистке или регенерации, например, с помощью устройства, изображенного на рис. 10.

## ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ РАБОТЕ С ФРЕОНАМИ И КОМПОЗИЦИЯМИ НА ИХ ОСНОВЕ

При ультразвуковой очистке и обезжиривании деталей фреонами или смесями на их основе необходимо учитывать опасность воздействия токсичных веществ и ультразвуковых колебаний и электроопасность.

Источниками токсичности являются пары компонентов моющих жидкостей: фреонов, кетонов (ацетон) и спиртов. Отравления могут возникнуть при составлении моющих жидкостей в помещениях, не имеющих вентиляции, и при эксплуатации установок с недействующей местной вентиляцией.

Опасность воздействия ультразвуковых колебаний появляется при ультразвуковой очистке и обезжиривании. Источником ультразвукового воздействия является колебательная система установок.

Электротравмы могут возникнуть при ненадежном заземлении электроустановок и повреждении их токоведущих элементов.

Пожароопасность может возникнуть при приготовлении рабочих смесей. Отдельные компоненты моющих жидкостей легко воспламеняются. Однако рабочие растворы этих жидкостей с фреонами являются негорючими жидкостями.

При разработке технологического процесса и введении в эксплуатацию оборудования должна быть составлена инструкция по технике безопасности в соответствии с "Санитарными правилами организации технологических процессов и гигиенических требований к производственному оборудованию" (1042-73, Минздрав СССР, 1973 г.); "Правилами технической эксплуатации электроустановок потребителей" и "Правилами техники безопасности при эксплуатации электроустановок потребителей", утвержденных Госэнергонадзором СССР 12 апреля 1963 г., а также "Типовыми правилами пожарной безопасности для промышленных предприятий", утвержденных Главным управлением пожарной охраны МВД СССР 21 августа 1975 г.

Для обеспечения безопасности работающих производственные помещения, в которых размещаются установки и приготавливаются моющие жидкости, необходимо оборудовать общеобменной приточно-вытяжной вентиляцией. Установки и ультразвуковой генератор должны быть надежно заземлены. На участке, где размещаются установки, рекомендуется иметь противогазовый фильтрующий респиратор РПГ-67 (ГОСТ 12.4.004-74) для использования в аварийной ситуации. При проведении технологических операций с использованием ультразвука следует пользоваться заглушками из ультратонкой ваты или противошумными наушниками. При приготовлении моющей жидкости следует пользоваться фартуками и резиновыми перчатками.

Перед вводом в эксплуатацию установок, работающих с использованием жидкостей на основе фреонов, необходимо также проверить воздух рабочей зоны в соответствии с требованиями ГОСТ 12.1.005.-76. Содержание вредных веществ в воздухе рабочей зоны не должно превышать предельно допустимых концентраций (ПДК). Ниже указаны ПДК компонентов моющих жидкостей, наиболее часто употребляемых в промышленности, мг/м<sup>3</sup>.

Спирт третичный бутиловый .....	10
Метилен хлористый.....	50
Ацетон.....	200
Спирт этиловый.....	1000
Фреон-114 В2.....	1000
Фреон-113.....	3000

При эксплуатации оборудования необходимо регулярно проверять воздух рабочей зоны в соответствии с предельно допустимой концентрацией паров моющих жидкостей, а также периодически проверять уровень шума на рабочем месте. При работе ультразвуковых установок уровень шума не должен превышать 110 дБ в соответствии с ГОСТ 1.21.001-75.

При приготовлении моющей жидкости и вблизи установок запрещается принимать пищу, курить и пользоваться открытым огнем, а также производить сварочные работы по ремонту установок до их полной очистки от остатков моющей жидкости.

Приложение 1

Моющие жидкости для деталей и сборочных единиц

Состав моющей жидкости, %	Операция очистки, обезжиривания, расконсервации	Детали, сборочные единицы	Дополнительные указания
Состав 1 Фреон-113 76,1 Ацетон 21,1 Спирт этиловый 2,8	Расконсервация от флюса марки ФКС <sub>П</sub> и очистка от флюсов марок: ФКС <sub>П</sub> , ФКЭ <sub>Г</sub> , ФКДТ, ФКТС, ЛТИ-120, ЖЗ-1-АП, ЖЗ-2-АП.  Обезжиривание от жировых загрязнений: минеральных масел, эмульсионных составов, консервирующих смазок	Платы печатного монтажа  Детали, сборочные единицы	Допускается производить очистку и обезжиривание без воздействия ультразвука
Состав 2 Фреон-114 В2 53,6 Метилен хлористый 44,2	Расконсервация от флюса ФКС <sub>П</sub>	Платы печатного монтажа без навесных элементов  Детали, сборочные единицы	
Спирт трегичный бутиловый 2,2	Обезжиривание от жировых загрязнений:		

Продолжение

Состав моющей жидкости, %	Операции очистки, обезжиривания, расконсервации	Детали, сборочные единицы	Дополнительные указания
Состав 3 Фреон-114 В2 97,3 Спирт третичный бутиловый 2,7	Минеральных масел, эмульсионных составов, консервирующих смазок	Очистка от кремнеорганических жидкостей и механических загрязнений	Элементы пьезокерамики, ферриты

## Приложение 2

### Типовой технологический процесс удаления остатков паяльных флюсов и очистки от жировых и механических загрязнений

Операции и переходы	Оборудование, технологическая оснастка, инструмент и измерительные приборы	Моющая жидкость		Время, мин	Дополнительные указания
		Компонент	Содержание, объемные доли, %		
Подготовительная	Мерные емкости	Состав 1 Фреон-113 Ацетон Спирт этиловый	76,1 21,1 2,8		Количество моющей смеси зависит от типа установки. Операция приготовления производится на специальном участке
Приготовить моющую жидкость		Состав 2 Фреон-114 B2 Метилен хлористый Спирт третичный бутиловый	53,6 44,2 2,2		

Продолжение

Операции и переходы	Оборудование, технологическая оснастка, инструмент и измерительные приборы	Моющая жидкость	Содержание, объемные доли, %	Время, мин	Дополнительные указания
		Состав 3 Фреон-114 B2 Спирт третичный бутиловый	97,3 2,7		Установка типа УЗВФ  Подготовить к работе установку согласно инструкции по эксплуатации Довести моющую жидкость до кипения

Температура кипения чистой мочющей жидкости состава 1-43, 5°C; состава 2-36, 5°C; состава 3-46, 5°C при нормальном атмосферном давлении

Очистка в кипящей смеси

Разместить детали и сборочные единицы в загрузочной кассете

Загрузочная кассета, стол оператора

Сборочные единицы укладывать в загрузочную кассету вертикально.

Сборочные единицы с выводами штырями укладывать штырями вверх.

Детали при обезжиривании размещать по дну загрузочной кассеты в один слой. Начинать работу только при достижении параметров уровня средней части теплообменника

0,5-2

Состав 1,  
2 или 3

Состав 1,  
или 3

Загрузочная кассета, установка типа УЗВФ

Установка типа УЗВФ, секундомер

Поместить кассету в кипящую жидкость

Выдержать кассету в кипящей мочащей жидкости

Очистка в холодной смеси

Продолжение

Операции и переходы	Оборудование, технологическая оснастка, инструмент и измерительные приборы	Моющая жидкость Компонент	Содержание, объемные доли, %	Время, мин	Дополнительные указания
<u>Извлечь кассету из кипящей жидкости и погрузить в холодную жидкость или обрызгивать</u>	Установка типа УЗВФ				При переносе кассеты не допускается выносить детали и сбрасывать единицы из зоны паров выше теплообменника.
<u>Выдержать кассету в холодной моющей жидкости</u>	Установка УЗВФ, Состав 1,2 секундомер или 3			0,5-2	Обрызгивание производить над ванной с кипящей жидкостью
<u>Очистка в парах</u>	Установка типа				При переносе

кассету из холодной  
жидкости и перенести  
в зону паров

УЗВФ

Выдернуть кассету  
в зону паров

Выгрузить детали  
или сборочные едини-  
чицы из кассеты

Контроль

Установка типа  
УЗВФ, секундо-  
мер

Стол оператора

Лупла 4-крат-  
ная

кассеты не до-  
пускается выно-  
сить детали и  
узлы из зоны  
паров выше  
теплообменника

1-2

При обнаружении  
белого налета  
на очищенных  
сборочных еди-  
ницах удалить  
его флейкистью,  
смоченной в  
чистой моющей  
жидкости

## Вопросы для самопроверки

1. Какие преимущества имеют фреоны перед моющими средами на основе бензина или спиртов?
2. Почему фреон-113 и фреон-114 В2 наиболее приемлемы при ультразвуковой очистке по сравнению с другими галоидосодержащими углеводородами?
3. Какие технологические циклы ультразвуковой очистки применяют при работе с фреонами?
4. Какие технологические приемы применяют для предотвращения улетучивания паров фреона из открытых ванн очистки?
5. Почему при ультразвуковой очистке, включающей цикл обработки в парах кипящего растворителя, наиболее целесообразно применять азеотропные смеси растворителей?
6. Какие технологические приемы используют для интенсификации очистки в парах кипящего растворителя?
7. По каким конструктивным признакам классифицируют ультразвуковые установки, предназначенные для работы с фреонами?
8. Каким образом обеспечивается очистка и регенерация в ультразвуковых установках, предназначенных для работы с фреонами?
9. Какие виды опасностей могут возникнуть при работе на ультразвуковых установках для очистки во фреонах?
10. Какие требования техники безопасности необходимо выполнять при работе на ультразвуковых установках для очистки и обезжиривания деталей во фреонах или смесях на их основе?

## Рекомендации по изучению и практическому использованию материала брошюры на производстве

1. Ознакомьтесь с номенклатурой деталей Вашего предприятия, подвергаемых очистке в пожароопасных и токсичных растворителях (бензине, керосине и др.).
2. Определите возможности применения ультразвукового оборудования для механизации технологических операций очистки во фреонах и их азеотропных композициях.
3. Распределите имеющиеся на Вашем предприятии детали, подвергаемые очистке по массе, габаритным размерам, виду загрязнений и количеству, определите вид ультразвукового оборудования и состав моющей среды, наиболее применяемые для их очистки.

4. Изучите опыт применения на других предприятиях ультразвуковой очистки деталей во фреоне и составах на его основе. С технологией и оборудованием указанного способа ультразвуковой очистки можно ознакомиться на 1-м Московском часовом заводе им. С. М. Кирова.

5. Составьте перспективный план освоения и внедрения ультразвуковой очистки деталей во фреоне и его композициях.

## Список литературы

1. Агранат Б. А. Ультразвуковая технология. М., "Машиностроение", 1974. 503 с.
2. Бреславец А. В., Хуторненко В. Д. Ультразвуковая очистка радиоаппаратуры. М., "Советское радио", 1974. 80 с.
3. Лисовская Э. П., Попилов Л. Я. Физико-химические методы очистки поверхностей деталей и узлов в судостроении. Л., "Судостроение", 1973. 199 с.
4. Мойка изделий трихлорэтиленом и другими хлорированными растворителями. Институт научно-технической информации и технико-экономических исследований Эстонской ССР и Эстонский Совет научно-технических обществ. Таллин, 1969. 45 с.
5. Розенберг Л. Д. Физические основы ультразвуковой технологии. М., "Наука", 1970, 686 с.

## ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение.....	3
Способы очистки во фреонах и композициях на их основе.....	4
Составы моющего раствора .....	7
Ультразвуковые установки для очистки во фреонах и его азеотропных композициях .....	12
Классификация ультразвуковых установок.....	-
Установки для очистки деталей во фреоновых композициях.....	18
Техника безопасности при работе с фреонами и композициями на их основе.....	36

## Приложения

Моющие жидкости для деталей и сборочных единиц.....	39
Типовой технологический процесс удаления остатков паяльных флюсов и очистки от жировых и механических загрязнений.....	41
Вопросы для самопроверки.....	46
Рекомендации по изучению и практическому использованию материала брошюры на производстве.. -	
Список литературы.....	47

Фридрих Александрович БРОНИН,  
Анатолий Петрович ЧЕРНОВ

## УЛЬТРАЗВУКОВАЯ ОЧИСТКА ДЕТАЛЕЙ ВО ФРЕОНОВЫХ КОМПОЗИЦИЯХ

Редактор З. З. Акчурина

Технический редактор И. В. Пущина

Корректор Л. В. Наделяева

---

Подписано к печати 7.3.78 г Т - 03254

Формат 60x901/16 Бумага офсетная № 2

Усл. печ. л. 3 Уч.-изд. л. 2,6

Тираж 2 500 экз. Заказ 1675 Бесплатно

---

Издательство "Машиностроение", 107855,  
Москва Б-78, 1-й Басманный пер., 3

---

Типография № 9 Союзполиграфпрома при  
Государственном комитете Совета Министров СССР  
по делам издательств, полиграфии и книжной торговли

Москва, Волочаевская ул., д. 40

**Бесплатно**



**\* МАШИНОСТРОЕНИЕ \***