

Е.С.Бондарь  
В.Я.Кравцевич

---

# Современные БЫТОВЫЕ ЭЛЕКТРОПРИБОРЫ И МАШИНЫ



Москва

«МАШИНОСТРОЕНИЕ»

1987

ББК 31.293-5  
Б81  
УДК 621.313:64

Рецензент С. М. Тульпа

**Бондарь Е. С., Кравцевич В. Я.**  
Б81 Современные бытовые электроприборы и машины.— М.:  
Машиностроение, 1987.— 224 с.: ил.

(В пер.): 1 р. 10 к.

Рассмотрены вопросы теории, конструкции, методы расчета и проектирования, особенности ремонта и эксплуатации бытовых холодильников, морозильников, стиральных, сушильных, посудомоечных, гладильных машин, пылесосов, полотеров и др. Описаны бытовые машины и приборы нового поколения, методы их испытаний. Уделено внимание современным системам управления бытовыми приборами, а также их элементной базе.

Для инженерно-технических работников, занимающихся разработкой, изготовлением и ремонтом бытовых электроприборов и машин.

Б 3401020000-296  
038(01)-87 296-87

ББК 31.293-5

ПРОИЗВОДСТВЕННОЕ ИЗДАНИЕ

**Ефим Семенович Бондарь**  
**Владимир Яковлевич Кравцевич**

## **СОВРЕМЕННЫЕ БЫТОВЫЕ ЭЛЕКТРОПРИБОРЫ И МАШИНЫ**

Редактор *В. В. Фролова*  
Художественный редактор *С. С. Водич*  
Переплет художника *В. А. Епанешникова*  
Технические редакторы *Л. А. Макарова, Н. Н. Скотникова*  
Корректор *А. П. Озерова*

ИБ № 4800

Сдано в набор 22.12.86. Подписано в печать 02.09.87. Т-19128. Формат 60×90 <sup>1</sup>/<sub>16</sub>.  
Бумага книжно-журн. № 2. Гарнитура литературная. Печать высокая. Усл. печ. л. 14,0.  
Усл. кр.-отт. 14,0. Уч.-изд. л. 16,09. Тираж 45 000 экз. Заказ 421-221. Цена 1 р. 10 к.

Ордена Трудового Красного Знамени издательство «Машиностроение», 107076, Москва,  
Стромынский пер., 4.

Ленинградская типография № 2 головное предприятие ордена Трудового Красного  
Знамени Ленинградского объединения «Техническая книга» им. Евгении Соколовой  
Союзполиграфпрома при Государственном комитете СССР по делам издательств, поли-  
графии и книжной торговли. 198052, г. Ленинград, Л-52, Измайловский проспект, 29.

Отпечатано с диапозитивов в Ленинградской типографии № 6 ордена Трудового Красного  
Знамени Ленинградского объединения «Техническая книга» им. Евгении Соколовой  
Союзполиграфпрома при Государственном комитете СССР по делам издательств, поли-  
графии и книжной торговли. 193144, г. Ленинград, ул. Моисеенко, 10.

© Издательство «Машиностроение», 1987

## ПРЕДИСЛОВИЕ

«Основными направлениями экономического и социального развития СССР на 1986—1990 годы и на период до 2000 года» предусмотрено: «Ускоренно развивать выпуск бытовой техники, снижающей затраты труда в домашнем хозяйстве. Перейти в основном на изготовление унифицированных бытовых холодильников и морозильников, стиральных и швейных машин, другой современной электробытовой техники».

Во исполнение принятых XXVII съездом КПСС решений промышленность в двенадцатой пятилетке переходит на выпуск нового поколения бытовых машин и электроприборов с улучшенными техническими характеристиками, высокой степенью автоматизации и сниженными материалоемкостью и энергопотреблением: бытовых холодильников и морозильников, стиральных, посудомоечных, гладильных и сушильных машин, пылесосов, полотеров, сверхвысокочастотных печей и др. В перспективе предполагается создание комплекса бытовых машин и приборов, управляемых домашней микроЭВМ [14], что позволит оптимизировать бытовые процессы по критериям минимальных стоимости и затрат времени.

Совершенствование технических и потребительских свойств бытовых машин и приборов означает точное выполнение заданных технологических операций при минимальных затратах электроэнергии, воды, мощных средств, а также ручного труда. Это относится прежде всего к таким трудоемким операциям, как обработка белья (стирка, глаженье), уборка помещения, приготовление пищи и др. Социально-экономический эффект автоматизации трудоемких процессов подтверждается социологическими обследованиями затрат времени на ведение домашнего хозяйства. При автоматизированном способе это время составляет 1,5 ч в сутки, а при ручном — 6 ч.

В настоящей работе впервые в отечественной технической литературе рассмотрены в комплексе все аспекты разработки, эксплуатации и ремонта бытовой техники сложного ассортимента от холодильников до СВЧ приборов с использованием последних достижений науки и техники. В книге обобщены результаты работ, выполненных во Всесоюзном научно-исследовательском экспериментально-конструкторском институте электробытовых машин и приборов (ВНИЭКИЭМП) и других научно-исследовательских институтах и конструкторских бюро.

## БЫТОВЫЕ ХОЛОДИЛЬНИКИ И МОРОЗИЛЬНИКИ

### 1.1. Особенности хранения пищевых продуктов в охлажденном и замороженном состояниях

На всей планете ежегодно производится около 4 млрд. т продуктов. Однако 25—30 % всей полученной продукции пропадает из-за отсутствия достаточных средств и несовершенства технологии хранения, причем основная часть утрачиваемых продуктов — это сырье животного и растительного происхождения.

Применяют различные способы длительного хранения продуктов. Из них наиболее распространены следующие:

- 1) хранение в естественном состоянии при небольших положительных температурах;
- 2) хранение после предварительной термической обработки при температуре 90—150 °С;
- 3) хранение в охлажденном или замороженном состоянии.

Первым способом можно сохранить ограниченное количество продуктов. При этом они, как правило, теряют не только массу (потеря влаги), но и вкусовые качества. Второй способ хотя универсален и надежен, но ведет к значительным потерям качества: вкуса, внешнего вида, витаминов и др. Третий способ получил распространение только в последние десятилетия, но показал неоспоримые преимущества, а потому начинает занимать центральное место в системе консервации и длительного хранения, в том числе и в быту.

В охлажденном состоянии (0—2 °С) целесообразно хранить «всесезонные» продукты (молоко, мясо, рыбу) и продукты, допускающие значительный срок хранения.

#### 1.1. Продолжительность хранения некоторых видов продуктов в охлажденном состоянии

Продукты	Срок хранения, сут.	Продукты	Срок хранения, сут.
Виноград (малой стойкости)	5—10	Персики, вишня	7—28
Грибы, ежевика	7	Абрикосы, спаржа	14—28
Творог	10	Слива	14—56
Инжир	7—14	Сметана	90—100
Рыба	10—18	Виноград (повышенной стойкости)	100—120
Мясо	10—15		
Зеленый горошек	20		

**Рис. 1.1. Сроки хранения замороженных продуктов при различных температурах:**

1 — говяжий фарш; 2 — горошек; 3 — жирная рыба; 4 — шпинат; 5 — невыпеченные мучные изделия

Все остальные продукты, которые должны входить в ежедневный рацион питания, но имеющие ограниченный сезон созревания, необходимо хранить в замороженном состоянии.

Сроки хранения продуктов в охлажденном состоянии приведены в табл. 1.1, а на рис. 1.1. показаны сроки хранения замороженных продуктов при различной температуре.

Повышение срока хранения продуктов в замороженном состоянии (от  $-18$  до  $-24$ ) °C связано с замедлением химических реакций в них, снижением активности микроорганизмов и ферментов. Для снижения активности ряда ферментов (пепсина, трипсина) требуется понижение температуры до  $-24$  °C. После размораживания активность ферментов восстанавливается, а у пероксидазы, типозинады и каталазы наблюдается даже кратковременное повышение активности. Это объясняется тем, что в результате структурных изменений во время замораживания высвобождаются различные первоначально связанные компоненты ферментов.

Снижение активности микроорганизмов связано с тем, что при низких температурах прекращается их размножение, но сохраняется обмен веществ.

Холодильная обработка практически не влияет на витамины А, В, Д и Е. Содержание витамина С уменьшается, но не так существенно, как при естественном хранении или термообработке.

На основании анализа норм рационального питания советские и зарубежные исследователи рекомендуют объем холодильной и морозильной камеры на одного человека  $150-200$  дм<sup>3</sup>, а объем холодильника для средней семьи должен быть  $500-700$  дм<sup>3</sup> с учетом объема морозильной камеры (40 % общего объема). Подопытная эксплуатация авторами различных типов холодильников и морозильников подтвердила эти положения.

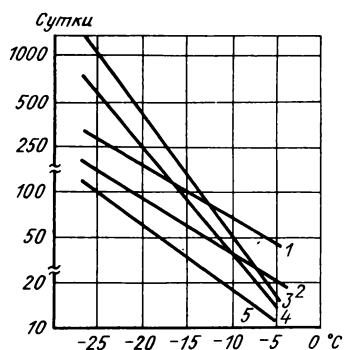
На основании изложенного можно сформулировать требования к перспективным моделям холодильников.

1. Общий объем холодильника должен быть  $250-700$  дм<sup>3</sup> в зависимости от числа членов семьи из расчета  $200$  дм<sup>3</sup> на одного члена семьи.

2. Объем морозильной или низкотемпературной камеры должен составлять 40—50 % общего объема холодильника.

3. Температура в холодильной камере должна быть  $0-2$  °C.

4. Температура в низкотемпературной камере при режиме замораживания должна быть от  $-18$  до  $-24$  °C.



## 1.2. Современные бытовые холодильники и морозильники

Для хранения продуктов в быту в охлажденном или замороженном состоянии промышленностью (отечественной и зарубежной) выпускаются различные типы холодильных приборов. Основным из них является холодильник (холодильная камера). Средняя температура в холодильной камере не превышает  $5^{\circ}\text{C}$  (в отдельных точках холодильной камеры допускается увеличение температуры до  $10^{\circ}\text{C}$ ).

Большинство холодильников имеет низкотемпературное отделение (НТО) для хранения замороженных продуктов. Температура в этом отделении может быть  $-6^{\circ}\text{C}$ ,  $-12^{\circ}\text{C}$ ,  $-18^{\circ}\text{C}$  и  $-24^{\circ}\text{C}$ . Следует подчеркнуть, что в НТО можно только кратковременно хранить замороженные продукты. Заморозить продукты или длительно их хранить в НТО нельзя вследствие низкой мощности замораживания.

Для длительного хранения замороженных продуктов в холодильник встраивают отдельную низкотемпературную камеру (НТК) с повышенной мощностью замораживания. Для замораживания и длительного хранения продуктов используют морозильники или морозильные камеры (МК), встроенные в холодильник. Морозильная камера, как правило отделена от холодильной камеры и окружающей среды повышенной теплоизоляцией и имеет отдельную дверцу (двухкамерные холодильники).

В зависимости от способа получения холода холодильники и морозильники разделяют на компрессионные (К), абсорбционные (А) и термоэлектрические (ТЭ). По конструктивному исполнению они могут быть в виде шкафа (Ш), стола (С), двух- и трехкамерные (Д и Т), а также комбинированные морозильники-холодильники (МХ). Последние представляют собой механическое соединение холодильника и морозильника, устанавливаемых один на другой или рядом. Так, компрессионный двухкамерный холодильник в виде шкафа общим объемом  $270\text{ дм}^3$  с морозильной камерой объемом  $80\text{ дм}^3$  обозначается КШД-270/80, а комбинированный компрессионный холодильник-морозильник общим объемом  $350\text{ дм}^3$  и объемом морозильника  $120\text{ дм}^3$  обозначается КШМХ-350/120.

Современные достижения технологии хранения в охлажденном и замороженном состоянии, повышение спроса на холодильники увеличенных объемов с несколькими уровнями температур потребовали создания нового поколения бытовых холодильников. Промышленность стала выпускать многокамерные (двух, трех и более) холодильники, в которых использованы одно- и двухиспарительные холодильные агрегаты.

В одноиспарительных агрегатах холод вырабатывается в одной (морозильной) камере, а затем принудительно передается в холодильную камеру. Принципиальным недостатком этих холодильников является использование дорогостоящего низкотемпературного холода для охлаждения камер с повышенной температурой. Кроме того, происходят притоки теплоты через стенки камер, дополнительно потребляют электроэнергию вентиляторы и нагреватели.

Двухиспарительные агрегаты прямого охлаждения разделяют на однодрессельные и двухдрессельные. В двухдрессельном агрегате основ-

ной дроссель устанавливают между конденсатором и высокотемпературным испарителем, а дополнительный дроссель — перед испарителем низкотемпературной камеры. Хладагент из компрессора через конденсатор подается в основной дроссель, а затем в дополнительный. В таких агрегатах не могут быть достигнуты низкие температуры вследствие прохождения по низкотемпературному испарителю пара от высокотемпературного испарителя, а также из-за гидравлических потерь.

В однодроссельных агрегатах хладагент сначала подается в испаритель низкотемпературной камеры, а затем в испаритель холодильной камеры. В таких агрегатах затруднено регулирование температур при изменении тепловых нагрузок.

Этот недостаток присущ и агрегатам с параллельным соединением испарителей.

В 1973 г. А. И. Рудной была предложена система охлаждения двухкамерного холодильника с регенеративным теплообменником, выполненным конструктивно «труба в трубе» (А. с. 613172, СССР). Предложенный способ реализован в холодильнике КШД-260 «Минск-15», имеющем НТО 45 дм<sup>3</sup> и температуру ниже — 18 °С. Такая система позволила создать холодильник объемом 280 дм<sup>3</sup> с НТО 30 дм<sup>3</sup> на хладоне-12 с компрессором ФГ-125.

Создание холодильников больших объемов с указанным компрессором к успеху не привело, так как при использовании хладона-12 потребовалось бы повышение отношения  $p_k/p_0$  (где  $p_k$  — давление конденсации,  $p_0$  — давление испарения) до недопустимо больших значений. В этих условиях пароконпрессорный цикл с одноступенчатым сжатием становится малоэффективным, а применение его — экономически нецелесообразным.

Поиску новых способов охлаждения был посвящен ряд исследований, проводимых в научно-исследовательских институтах и конструкторских бюро, институтах Академии наук СССР и Минвуза СССР. При проведении работ был принят ряд граничных условий, в том числе необходимость сохранения в новых конструкциях холодильников серийно выпускаемых компрессоров. Это связано с тем, что компрессоры в основном выпускаются на специализированных предприятиях и отказ от них потребовал бы создания новых заводов или коренной реконструкции существующих, требующей больших капиталовложений.

Применение двух компрессоров нежелательно вследствие необходимости увеличения объема их производства, а также повышения материалоемкости холодильников и их стоимости.

При создании параметрического ряда холодильников большое внимание уделялось оптимальному выбору размеров холодильников.

Выпускаемые холодильники отличаются большим многообразием моделей. Только в ГОСТ 16317—76\* Е указано шесть размеров ширины по фронту шкафов, отсюда и различные размеры испарителей, конденсаторов, полок и других узлов и деталей. Это создает большие неудобства для производства, так как на каждом заводе необходима своя линия изготовления холодильника и его элементов. Кроме того, затруднен ремонт холодильников из-за неоправданного многообразия моделей

**1.2. Требования по расходу электроэнергии бытовыми холодильниками (при температуре в НТО —6 °С)**

Общий (брутто) объем холодильника, дм <sup>3</sup>	Расход электроэнергии, кВт·ч/сут, холодильником		Общий (брутто) объем холодильника, дм <sup>3</sup>	Расход электроэнергии, кВт·ч/сут, холодильником	
	компрессионным	абсорбционным		компрессионным	абсорбционным
60	$\frac{1,09}{0,90}$	—	200	$\frac{1,55}{1,29}$	$\frac{2,2}{2}$
80	$\frac{1,15}{0,96}$	$\frac{1,95}{1,75}$	220	$\frac{1,64}{1,36}$	$\frac{2,3}{2,1}$
100	$\frac{1,21}{1,01}$	—	240	$\frac{1,71}{1,42}$	$\frac{2,4}{2,2}$
120	$\frac{1,26}{1,05}$	$\frac{2,05}{1,85}$	260	$\frac{1,8}{1,5}$	$\frac{2,5}{2,3}$
140	$\frac{1,35}{1,12}$	$\frac{2,1}{1,9}$	280	$\frac{1,84}{1,57}$	—
160	$\frac{1,41}{1,18}$	—	300	$\frac{1,92}{1,64}$	—
180	$\frac{1,46}{1,18}$	—	350	$\frac{2,12}{1,81}$	—
			400	$\frac{2,32}{1,98}$	—

Примечание. В числителе указаны параметры холодильников первой категории качества, в знаменателе — высшей категории качества (ГОСТ 16317—76\*Е).

и конструкций, создаются неудобства в сфере обслуживания.

В 1984 г. в ГОСТ 16317—76\* Е было сокращено число типоразмеров по ширине до четырех. Кроме того, были ужесточены требования по удельному энергопотреблению (табл. 1.2).

Минимальный объем НТО для холодильников до 180 дм<sup>3</sup> установлен 7 %, для холодильников объемом 180—300 дм<sup>3</sup> — 9 %, для холодильников объемом свыше 300 дм<sup>3</sup> — 10 %.

При полезном объеме низкотемпературного отделения, большем минимального, расход электроэнергии

$$P = P_r (1 + E),$$

где  $P_r$  — расход электроэнергии по табл. 1.2;  $E$  — коэффициент, зависящий от объема НТО.

Коэффициент  $E$  определяют по следующей формуле:

$$E = \frac{1,25}{100} \left( \frac{V_1}{V} 100 - A \right),$$



где  $V_1$  — объем низкотемпературного отделения,  $\text{дм}^3$ ;  $V$  — общий объем холодильника,  $\text{дм}^3$ ;  $A$  — минимальный объем НТО, %.

Для холодильников с металлической камерой допускается увеличение расхода электроэнергии до 10 % от значений, указанных в табл. 1.2.

### 1.3. Технические характеристики бытовых холодильников и морозильников

Модели и типы холодильников и морозильников	Объем НТО, $\text{дм}^3$	Температура в НТО, °С		Расход электроэнергии, кВт·ч/сут. при температуре окружающего воздуха, °С		Потребляемая мощность, Вт	Размеры, мм			Масса, кг
		32	25	32	25		Высота	Ширина	Глубина	

#### Компресссионные холодильники

«Снайге-2», КС-120	17	—12	1,71	1,36	145	850	650	600	70
«Саратов» (мод. 1209)	15	—12	1,49	1,1	130	850	470	585	52,5
«Саратов» (мод. 1212)	15	—12	1,49	1,1	130	850	470	585	52,5
«Смоленск-2М», КШ-120	15	—12	1,5	1	150	990	560	600	47,6
«Смоленск-3Е»	20	—12	1,5	1	150	990	560	600	47,6
«Вега-2Е», КШ-140	15	—12	1,74	1,2	170	1150	480	600	56,6
«Саратов» (1408)	15	—12	1,55	1,1	130	1040	470	585	59,5
«Саратов» (1413)	15	—12	1,55	1,1	130	1040	470	585	60
«Бирюса-8», КШ-150	14	—12	1,48	0,8	135	850	580	600	50
«Саратов» (1523)	15	—12	1,6	1,1	130	1040	470	585	53
«Саратов» (1524)	15	—12	1,6	1,1	130	1040	470	585	53,5
«Кодры», КШ-160	16	—12	1,85	1,3	130	1070	570	600	52
«Бирюса-3»	15	—12	1,81	1,33	135	1185	560	600	55
«Днепр-2»	16	—6	1,75	1,56	165	1180	560	600	67
«Днепр-2М»	15	—12	1,7	1,08	165	1180	560	600	64
«Орск-7М», КШ-180	21	—12	2,1	1,68	150	1220	560	600	72
«Юрюзань-2М»	16	—12	2,07	1,6	150	1255	580	600	68
«Полюс-7»	20	—12	1,73	1,15	135	1170	563	600	63
«Океан-3», КШ-180	15,2	—12	2,06	1,25	150	1175	560	590	65
«Памир-4М»	22	—12	1,94	1,45	175	1160	570	600	55
«Наст», КШ-200	27,5	—12	2,3	1,5	150	1210	570	600	72
«Снайге-15», КШ-220	25	—12	1,75	1,3	155	1355	570	600	63,5
«Снайге-15Е»	25	—12	1,75	1,3	155	1355	570	600	63,5
«Полюс-9»	27	—12	1,94	1,3	165	1150	590	600	64
«Бирюса-16»	28	—18	2,05	1,4	135	1230	580	600	67
«Чинар», КШ-240	26	—12	2,27	1,45	170	1450	570	600	65
«Чинар-2»	26	—12	2,35	1,6	170	1450	570	600	76
«Минск-12ЕМ»	27	—18	2,19	1,35	155	1210	570	600	54,5
«Апшерон-2Е»	21,6	—12	2,3	1,5	170	1450	570	600	75
«Донбасс-9»	26,7	—12	1,81	1,48	160	1435	580	600	67,2
«Донбасс-10Е»	26,7	—12	1,955	1,45	160	1435	580	600	75,5
«Донбасс-10ЕС»	26,7	—12	1,955	1,45	160	1435	580	600	75,7
«Донбасс-10М»	26,7	—12	1,955	1,45	160	1435	580	600	75,8
«Снежинка»	22	—12	2,16	1,69	185	1435	580	600	67
«Свияга-3»	27	—12	2,2	1,2	180	1215	570	600	70
«Бирюса-10»	26	—12	1,83	1,25	135	1210	580	600	60
«Памир-5»	22	—12	2,14	1,59	195	1450	570	600	62

Модели и типы холодильников и морозильников	Объем НТО, дм <sup>3</sup>	Температура в НТО, °С		Расход электроэнергии, кВт·ч/сут, при температуре окружающего воздуха, °С		Потребляемая мощность, Вт	Размеры, мм			Масса, кг
		Температура в НТО, °С	Расход электроэнергии, кВт·ч/сут, при температуре окружающего воздуха, °С		Высота		Ширина	Глубина		
			32	25						
«Памир-7»	40	12	2,34	1,65	195	1450	570	600	67	
«ЗИЛ-63», КШ-260	26	12	2	1,2	150	1385	590	650	87	
«Минск-16», КШ-280	27	18	2,36	1,4	155	1435	570	600	62	
«Минск-16А»	27	18	2,36	1,4	155	1435	570	600	64,6	
«Бирюса-6», КШ-280	26	12	1,97	1,35	135	1435	580	600	68	
«Бирюса-17»	28	18	2,3	1,48	135	1455	580	600	73	
«Ока-6», КШ-300	45	12	2,11	1,32	180	1435	590	630	95	

## Компрессорные двухкамерные холодильники

«Минск-15», КШД-260	45	18	2,47	1,67	155	1450	570	600	68,5
«Минск-22», КШД-350	80	18	3,15	2,3	175	1945	570	600	90
«Бирюса-18», КШД-260	60	18	2,3	1,6	180	1455	580	600	72,5
«Бирюса-15», КШМХ-120/150	95	18/24	2,3	1,6	270	1695	580	600	103
«Смоленск-6», КШД-180	40	18	2,5	1,5	160	1350	560	600	65

## Абсорбционные холодильники

«Морозко-3М», АМ-30	—	—	1,87	1,47	75	580	420	450	19,8
«Садко», АШ-30К	—	—	1,9	1,48	90	800	1000	475	63,5
«Садко-2»	—	—	1,74	1,48	90	750	1000	455	55,8
«Ладога-40М», АШ-40	—	—	1,8	1,5	75	800	1140	432	60
«Ладога-4», АШ-80	5,6	6	2,4	1,8	100	970	550	600	46
«Спутник»	—	—	1,89	1,7	90	1690	500	600	90
						850	1000	600	
«Кристалл-4», АШ-120	15	6	3	2	125	1060	570	650	53,5
«Иней»	10	6	2,93	2,54	125	1070	560	607	60
«Кристалл-9», АШ-200П	31	18	4,5	3,5	200	1320	570	600	58
«Кристалл-9М»	31	18	3,2	2,3	130	1320	570	600	60

## Автомобильные термоэлектрические холодильники

«ХАТЭ-12М»	—	—	—	—	65/30	410	500	280	7
------------	---	---	---	---	-------	-----	-----	-----	---

## Бытовые морозильники

«Саратов», МШ-80А	80	18/24	2,1	1,6	135	850	470	585	45
«Бирюса-14», МШ-120	95	18/24	2,3	1,6	135	850	580	600	53
«Кодры», МС-120	76	18/24	2,45	1,6	140	849	600	600	50,5
«Минск-17», МШ-160	105	18/24	2,68	1,85	125	1140	570	600	55
«Минск-18», МШ-220	147,5	18/25	2,9	1,98	155	1448	570	600	67,3

Кроме того, допускается увеличение расхода электроэнергии для холодильников с номинальной температурой в НТО  $-12\text{ }^{\circ}\text{C}$  на 25 %,  $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$  на 50 %.

Указанные отклонения приводят к тому, что по энергетическим характеристикам выпускаемые холодильники уступают зарубежным аналогам. Технические характеристики отечественных холодильников приведены в табл. 1.3.

### **1.3. Основные положения термодинамики**

Конструирование и оптимизация режимов работы бытовых холодильников и морозильников требуют глубокого понимания теплотехнических процессов, происходящих в этих приборах. Конструирование холодильных машин основано на теории термодинамики и теплопередачи. При желании ознакомиться подробнее с этой теорией и математическими доказательствами ее положений читатель может обратиться к специальной литературе [15, 18, 27, 41, 43].

#### **1.3.1. Свойства идеальных газов и их смесей**

Преобразование теплоты в работу и работы в теплоту, перенос теплоты из одной точки пространства в другую осуществляются носителем теплоты. В холодильных машинах в качестве теплоносителя применяют различные вещества, которые в нормальных условиях находятся в газообразном или жидком состоянии. Такие вещества носят название рабочих тел или холодильных агентов. От их свойств и параметров во многом зависит эффективность холодильных установок.

Одним из направлений повышения холодопроизводительности бытовых холодильников является применение в качестве рабочего тела смеси газов (многокомпонентных хладагентов), которая обладает следующими основными свойствами:

- 1) каждый газ, входящий в газовую смесь, имеет температуру, равную температуре смеси;
- 2) каждый из компонентов газовой смеси распространяется по всему объему, занимаемому смесью, а поэтому объем каждого из них равен объему всей смеси;
- 3) смесь в целом является новым газом, отличающимся от ее компонентов и подчиняющимся своему уравнению состояния.

#### **1.3.2. Методы анализа состояния и свойств реальных газов**

Свойства газов могут быть описаны математически, а их параметры и взаимосвязь между ними оценены количественно. Для этого используют структурные и химические формулы газов, основные законы и уравнения термодинамики. Такой способ хотя и точный, но он не всегда приемлем из-за сложности и громоздкости. Поэтому при анализе широкого применения получили различные диаграммы и таблицы. К таким

диаграммам относятся  $p$ — $V$ -диаграммы (давление — объем),  $T$ — $S$ -диаграммы (температура — энтропия),  $p$ — $i$ -диаграммы (давление — энтальпия). Для удобства шкалу давления берут в логарифмическом масштабе. Так как абсолютные значения сложных параметров состояния (энтропия и энтальпия) в расчетах не используют (важным является изменение этих величин), то энтропию и энтальпию отсчитывают от условного начала, соответствующего состоянию насыщенного газа при  $0^\circ\text{C}$ . Так, в таблицах и диаграммах для фреона-12 (по данным ВНИХИ в системе СИ) энтропия насыщенного газа при  $0^\circ\text{C}$  принята равной  $4 \text{ кДж}/(\text{кг}\cdot\text{К})$ , а энтальпия —  $400 \text{ кДж}/\text{кг}$ . В таблицах и диаграммах для аммиака энтропия насыщенной жидкости при  $0^\circ\text{C}$  принята равной  $4,19 \text{ кДж}/(\text{кг}\cdot\text{К})$ , а энтальпия —  $419 \text{ кДж}/\text{кг}$  [27]. В литературе встречаются таблицы и диаграммы с другими началами отсчета энтропии и энтальпии. Это необходимо учитывать при использовании диаграмм и таблиц из разных источников.

## 1.4. Термодинамические циклы и их анализ

### 1.4.1. Показатели термодинамической активности циклов

Согласно второму началу термодинамики для осуществления кругового процесса, обеспечивающего отнятие теплоты от холодной среды и передачи его более теплой среде, требуется затрата механической работы или теплоты, которая переходит с высшего температурного уровня на низкий.

Это осуществляется путем периодического изменения состояния рабочего тела (круговой процесс). В результате совершения кругового процесса рабочее тело возвращается в исходное состояние, после чего процесс может повториться. При этом рабочее тело расширяется и сжимается. В зависимости от того, как будет протекать процесс, линия сжатия на  $p$ — $V$ -диаграмме может располагаться под линией расширения (рис. 1.2, а) или над ней (рис. 1.2, б). Линия сжатия, расположенная под линией расширения, определяет направление линии цикла по ходу часовой стрелки и, наоборот, линия, расположенная над линией расширения, — против часовой стрелки. Первый цикл называют прямым, а второй — обратным. По прямому циклу работают тепловые двигатели, по обратному — холодильные машины.

Чем большая часть теплоты в прямом цикле переведена в работу, тем он эффективнее. Экономичность прямого цикла оценивают терми-

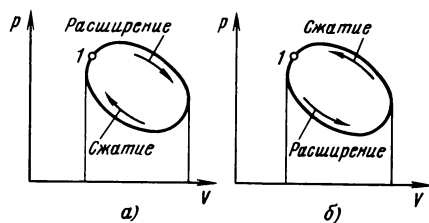


Рис. 1.2.  $p$ — $V$ -диаграмма кругового процесса:  
а — прямой цикл; б — обратный цикл

ческим КПД, который определяется отношением полученной работы в цикле к затраченному теплу:

$$\eta_t = \frac{|A_0|}{|Q_1|} \text{ или } \eta_t = \frac{|Q_1| - |Q_2|}{|Q_1|} = 1 - \frac{|Q_2|}{|Q_1|},$$

где  $\eta_t$  — термический КПД;  $A_0$  — полученная работа;  $Q_1$  и  $Q_2$  — подведенная и отведенная теплота.

В обратном цикле к рабочему телу в процессе расширения подводится теплота  $Q_2$  от источника с более низкой температурой  $T_2$ , а в процессе сжатия теплота  $Q_1$  отводится к источнику теплоты с более высокой температурой  $T_1$ . Для совершения обратного цикла затрачивается внешняя работа

$$A_0 = |Q_1| - |Q_2|.$$

Для холодильных машин введено понятие холодильного КПД, который определяется отношением отводимой в обратном цикле теплоты к затраченной работе

$$\chi_t = |Q_2|/A_0.$$

Кроме того, степень совершенства цикла оценивается энергетическим КПД.

Эксергией теплоты  $Q_1$ , отводимой от теплоотдатчика с температурой  $T_1$ , называют максимально полезную работу, которая может быть получена за счет этой теплоты при условии, что рабочее тело доводится до состояния равновесия с окружающей средой. Потери эксергии тем больше, чем больше приращение энтропии, вызванное необратимостью процесса. Степень необратимости или степень термодинамического совершенства процесса оценивается эксергическим КПД:

$$\eta_e = A_n/A_0,$$

где  $A_n$  — фактически полученная работа;  $A_0$  — работа, которая могла бы быть получена, если бы процесс протекал обратимо.

В процессах без совершения работы (в процессах теплообмена) этот коэффициент определяют по уравнению:

$$\eta_e = E_{\text{вых}}/E_{\text{вх}}; E_{\text{вх}} = Q_1 (1 - T_0/T_1);$$

$$E_{\text{вых}} = Q_1 (1 - T_0/T_2),$$

где  $E_{\text{вх}}$ ,  $E_{\text{вых}}$  — энергия в начале и в конце процесса;  $T_0$  — температура окружающей (околоземной) среды;  $T_1$  — температура теплоотдатчика;  $T_2$  — температура рабочего тела.

#### 1.4.2. Особенности анализа холодильных циклов

Как сказано выше, изучение термодинамических процессов и параметров холодильных агентов удобно производить на  $T-S$ - и  $p-i$ -диаграммах. Ценность  $T-S$ -диаграммы заключается в том, что она дает

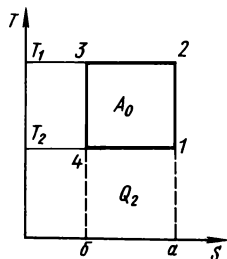


Рис. 1.3.  $T-S$ -диаграмма цикла Карно

возможность графически определить количество теплоты, сообщаемое рабочему телу или отнимаемое от него. Это теплота определяется площадью, заключенной между кривой процесса, ее крайними координатами и осью абсцисс. Это вытекает из

$$Q_{1,2} = \bar{T} (S_1 - S_2).$$

По  $T-S$ -диаграмме можно определить, подводится или отводится теплота по отношению к рабочему телу: если линия процессов идет вправо (энтропия увеличивается), то теплота к рабочему телу подводится, влево — отводится от него. В процессах постоянного давления ( $p = \text{const}$ ) количество подведенной или отведенной теплоты можно выразить разностью энтальпии начала и конца процесса:

$$q_{1,2} = i_2 - i_1.$$

В процессе адиабатического сжатия или расширения работа машины может быть выражена также разностью энтальпий на границах процесса:

$$l = i_1 - i_2.$$

Поэтому в  $p-i$ -диаграмме теплоту или работу можно выразить отрезком на оси абсцисс, соответствующем разности энтальпий на границах процесса.

При создании тепловых или холодильных машин основной задачей является получение максимального КПД.

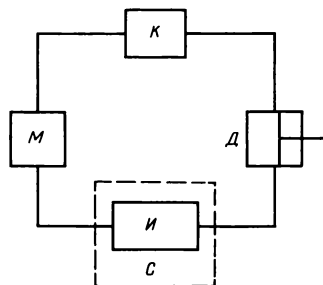
Первый и второй законы термодинамики указывают, что КПД тепловых машин не может быть равен единице вследствие неизбежных различного рода потерь.

Характеристику цикла холодильных машин с максимальным КПД в заданном интервале температур дал французский ученый Карно. Он показал, что наиболее совершенным холодильным циклом с наименьшими затратами количества работы для получения определенного охлаждающего эффекта при условии постоянства температур охлаждаемого и охлаждающего тел является цикл, состоящий из двух изотермических и двух адиабатических процессов (рис. 1.3). Цикл Карно характеризует минимальную работу, необходимую для осуществления холодильного цикла в заданном интервале температур. Поэтому эффективность всех реально существующих циклов сравнивается с циклом Карно.

### 1.4.3. Реальный цикл паровых компрессионных холодильных машин

В современных бытовых холодильниках применена паровая компрессионная холодильная машина (рис. 1.4). Компрессор  $M$  сжимает рабочее тело, в качестве которого в таких машинах используют легкокипящие жидкости, меняющие свое состояние в зависимости от давления, созда-

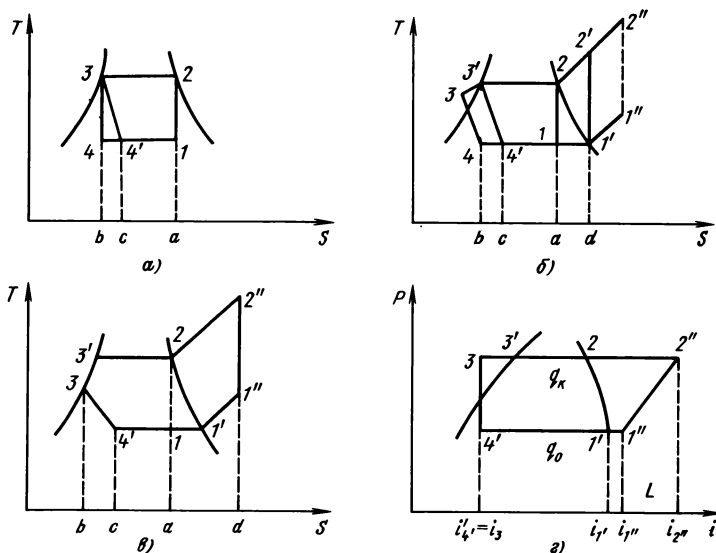
**Рис. 1.4. Схема паровой компрессионной машины:**  
 К — конденсатор; Д — детандер-расширитель;  
 С — охлаждаемая среда; И — теплоотдатчик-испаритель; М — компрессор



ваемого компрессором. В теплоотдатчике-испарителе И холодильный агент кипит, забирая тепло от охлаждаемой среды С.

$T$ — $S$ -диаграмма цикла Карно реальной холодильной машины представлена на рис. 1.5. Компрессор сжимает рабочее тело по линии 1—2 (рис. 1.5, а). При этом повышается температура рабочего тела от  $T_1$  до  $T_2$ . Сжатый пар нагнетается в конденсатор, где он в результате охлаждения воздухом переходит из состояния сухого насыщенного пара в жидкость, т. е. конденсируется (процесс 2—3). Из конденсатора жидкость поступает в расширитель, где адиабатически расширяется до состояния 4; при этом давление падает, а температура понижается до  $T_1$ . В состоянии, соответствующем точке 4, рабочее тело поступает в испаритель И.

Практически в паровой холодильной машине идеальный цикл реализовать не удастся, что объясняется рядом обстоятельств, прежде всего, неизбежными потерями в механической части машины.



**Рис. 1.5. Реальный парокompрессионный цикл:**  
 а — влияние дросселирования; б — влияние переохлаждения и «сухого хода» компрессора; в — полный цикл в  $T$ — $S$ -диаграмме; г — полный цикл в  $\lg P$ — $i$ -диаграмме

Хотя в парокомпрессионном цикле работа расширения составляет небольшую часть всей работы цикла, изготовление детандера, обеспечивающего адиабатическое расширение, крайне сложно и экономически нецелесообразно. Поэтому вместо адиабатического расширения в бытовых холодильных машинах применяют расширение методом дросселирования.

Дросселированием называют понижение давления жидкости или газа без изменения энтальпии. Практически это осуществляется при проходе жидкости или газа через суженное сечение из области высокого давления в область низкого давления.

Однако в процессе дросселирования полезной работы не создается. Кроме того, происходят потери полезной работы вследствие отклонения реального цикла с дросселированием от идеального цикла Карно. Первое отклонение объясняется наличием трения при прохождении через дроссель. При дросселировании реальных газов температура понижается меньше, чем при адиабатическом расширении. Это объясняется наличием частичного парообразования жидкости за счет выделения теплоты трения в процессе дросселирования.

Таким образом, в процессе дросселирования теряется полезная работа  $A$  расширения и уменьшается холодопроизводительность (количество отнятой от охлаждаемого тела теплоты за единицу времени). Этот необратимый процесс идет с увеличением удельной энтропии, а следовательно, на  $T-S$ -диаграмме линия процесса дросселирования пойдет не вертикально вниз, а наклонно, выходя не на точку  $4$ , а на точку  $4'$  (см. рис. 1.5,  $a$ ). Уменьшение холодопроизводительности выражается площадью  $b-4-4'-c$ , полезная холодопроизводительность будет соответствовать площади  $c-4'-1-a$ . Работа, затраченная на совершение цикла, соответствует площади  $c-4'-1-2-3-b$ .

Потери от дросселирования определяются физическими свойствами холодильного агента, а также интервалом температур и после дросселирования: чем больше интервал, тем больше потери. Поэтому одним из способов снижения потерь является понижение температуры жидкого хладагента перед дросселированием. Это обеспечивается переохлаждением хладагента в конденсаторе, что является вторым отклонением от цикла Карно.

В холодильниках нового поколения переохлаждение осуществляется регенеративным теплообменником типа «труба в трубе». Трубопровод, выходящий из испарителя (обратный холодный поток), охватывает трубопровод, подходящий к дросселю (прямой поток).

На схеме процесс переохлаждения показан линией  $3-3'$  (рис. 1.5,  $b$ ). В ряде случаев линия  $3-3'$  совпадает с левой пограничной кривой. При этом холодопроизводительность цикла увеличивается на величину, соответствующую площади  $b-4-4'-c$  (рис. 1.5,  $b$ ).

Третье отклонение, влияющее на потери и невозможность практической реализации идеального цикла, связано с параметром хладагента, всасываемого в компрессор. В принципе это должен быть влажный насыщенный пар. Однако при всасывании в компрессор пар подогрется стенками цилиндра и расширяется. В результате увеличивается



его объем, уменьшается масса газа, поступающая в компрессор, и холодопроизводительность снижается.

Для исключения этого создается режим «сухого хода» компрессора, например, дополнительным теплообменником [точка  $1'$  или иногда  $1''$  (см. рис. 1.5, б)]. Сжатие  $1'-2'$  ( $1''-2''$ ) протекает в области перегрева пара до пересечения адиабаты с линией постоянного давления в конденсаторе  $2-2'$  ( $2-2''$ ). При этом холодопроизводительность увеличивается соответственно площади  $a-1-1'-d$ , а дополнительная затраченная работа  $1-2-2'-1'$ . Режим сухого хода компрессора, кроме того, предохраняет от возможного гидродинамического удара, если в компрессор попадает повышенное количество жидкости.

Таким образом, на  $T-S$ -диаграмме пароконденсационный цикл описывается следующими процессами (рис. 1.5, в):  $1''-2''$  — адиабатическое сжатие хладагента;  $2''-2$  — отвод тепла перегрева от хладагента при постоянном давлении в конденсаторе;  $2-3'$  — конденсация хладагента;  $3'-3$  — переохлаждение хладагента;  $3-4'$  — дросселирование;  $4'-1'$  — отбор тепла от охлаждаемой среды при кипении хладагента;  $1'-1''$  — отбор тепла при перегреве.

Удельная холодопроизводительность (на 1 кг хладагента) соответствует площади  $b-3-4'-1''-d$ , хотя в реальных холодильных машинах нагрев перед всасыванием протекает не в испарителе, а в трубопроводах от испарителя. Теплота, отведенная от хладагента в конденсаторе, выражается площадью  $d-2''-2-3'-3-b$ , а работа, затраченная компрессором, выражается площадью  $c-4'-1''-2''-3-b$ .

На  $p-i$ -диаграмме (рис. 1.5, в) холодопроизводительность  $g_0 = i_{1''} - i_4$ , количество отведенного пара в конденсаторе  $g_k = i_{2''} - i_3$ , затраченная компрессором работа  $A = i_{2''} - i_{1''}$ .

#### 1.4.4. Пути совершенствования холодильных циклов

Одним из путей повышений эффективности холодильного цикла является использование регенеративного охлаждения хладагента перед дросселированием. Другим способом являются многоступенчатые сжатия и отвод тепла. Этот способ применяют для получения очень низких температур, например, при производстве твердой углекислоты (сухого льда).

Наибольший эффект достигается при одновременном применении многоступенчатых сжатий с промежуточным охлаждением и регенерацией. Это можно использовать для холодильников с несколькими уровнями криостатирования. Несколько уровней криостатирования в однокомпрессионной схеме можно получить, используя цикл Линде с регенеративным теплообменником [43]. Изменив условия теплообмена в регенеративном теплообменнике, можно получить любую температуру в интервале от температуры после дросселирования до температуры окружающей среды, однако низкая эффективность цикла Линде сдерживала использование его в бытовых холодильниках. Применение многокомпонентных хладагентов позволило повысить энергетические показатели цикла Линде [46].

## 1.5. Многокомпонентные хладагенты для бытовых холодильников

### 1.5.1. Принципы образования многокомпонентного хладагента

Исследования по повышению энергетических характеристик с применением составных компонентов в смеси проводились, как правило, по бинарным смесям. Прежде всего это было связано со сложностями технологических расчетов даже бинарных составов, не говоря о более сложных многокомпонентных смесях. Так, французский ученый Л. Филипп предложил использовать в компрессионных холодильниках смесь фреона-12 и фреона-22 для получения двухтемпературных уровней. Смеси с ограниченной растворимостью для трехтемпературной машины предложил использовать А. И. Лывочкин. Хладагент на основе  $R-13B1$  и  $R-12$  изучался А. П. Кузнецовым и Ю. А. Васютинским. М. Ю. Боярским и В. А. Лапшиным предложена методика расчета энергетических характеристик дроссельных регенеративных холодильных установок, работающих на смесях, при заданных термодинамических свойствах рабочих веществ.

В зарубежной литературе описана каскадная установка со смешанным холодильным агентом, состоящим из четырех углеводородов, с постепенно понижающейся температурой кипения. Эти углеводороды участвуют в комплексном цикле, который состоит, по существу, из четырех пароконпрессорных холодильных циклов, соединенных в каскадную схему, каждый со своими ступенями конденсации, дросселирования и испарения. Однако холодильные агенты не отделены один от другого, а сжатие хладагента происходит в одном компрессоре [46].

Все исследователи бинарных смесей для применения в бытовых холодильниках отмечают резкое снижение теплоотдачи холодильных агрегатов вследствие наличия в смеси масла, что послужило одним из факторов, сдерживающих применение сложных хладагентов в бытовых холодильниках. Р. В. Хейвуд [43] подробно рассмотрел влияние свойств холодильного агента на эффективность работы холодильной установки. В работе показано, что при выборе холодильного агента следует исходить из ряда соображений:

1) рабочая температура в испарителе должна быть намного выше температуры замерзания при рабочем давлении (точки замерзания при атмосферном давлении) двуокиси углерода ( $-56,6\text{ }^{\circ}\text{C}$ ), аммиака ( $-77,7\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) и фреона-12 ( $-155\text{ }^{\circ}\text{C}$ );

2) давление  $p$  в конденсаторе при требуемой температуре должно быть намного больше критического давления  $p_{кр}$  (наиболее подходит фреон-12);

3) линия насыщения пара на  $T-S$ -диаграмме должна проходить как можно круче (наиболее подходит фреон-12);

4) холодильный агент должен быть нетоксичен, неогнеопасен и не должен способствовать коррозии (аммиак высокотоксичен, наиболее подходит фреон-12).

Этот перечень объясняет причину широкого применения в качестве хладагента фреона-12. Что касается сложных хладагентов, то кроме

перечисленных требований при формировании и оптимизации смесей необходимо учитывать ряд дополнительных факторов.

Количественный подход, подробно рассмотренный в работе [35], сводится к следующему:

1) при заданном уровне охлаждения  $T_x$  в качестве основного компонента смеси следует выбирать такое вещество, которое обеспечило бы максимальную холодопроизводительность цикла с учетом объемных и прочностных характеристик компрессора при принятых отношениях давлений в цикле;

2) для увеличения теплоемкости обратного потока в состав смеси необходимо ввести менее летучий компонент;

3) в состав смеси целесообразно включать небольшое количество вещества, летучесть которого выше летучести основного компонента смеси.

Эта методика была неоднократно апробирована группой ученых под руководством Г. К. Лавренченко. Применительно к бытовым холодильникам ими рекомендовано следующее.

1. Выбрать основной компонент, задающий уровень криостатирования («задающий» компонент). Так как давление обратного потока должно быть 0,1—0,3 МПа, то необходимо, чтобы у «задающего» компонента нормальная температура  $T_0$  была несколько ниже  $T_x$  или равнялась ей. «Задающих» компонентов может быть несколько.

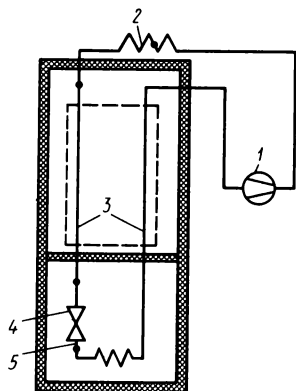
2. По термодинамическим соображениям ввести «промежуточные» компоненты, в результате чего повышается эффективность, расширяется зона расслоения, создаются условия для теплообмена между прямым и обратным потоками, обеспечивается незамерзаемость смеси в связи с возникновением эвтектик и др.

3. Подобрать «специальные» компоненты: например, для получения температуры криостатирования ниже температуры испарения «задающего» компонента, для увеличения давления прямого потока, предупреждения конденсации смеси при низкой температуре окружающей среды.

На основании изложенной методики для бытовых холодильников с двумя температурными уровнями (0 и  $-24$  °С) можно предложить для формирования хладагентов приемлемые компоненты: «задающие» — Ф-22; Ф-115, Ф-143, Ф-218; «высокотемпературные» — Ф-21, Ф-114, Ф-142; «промежуточные» — Ф-12, Ф-152А; «специальные» — Ф-13, Ф-23,  $\text{CO}_2$ .

### **1.5.2. Холодильный цикл и хладон R-701 в бытовых холодильниках параметрического ряда**

При разработке параметрического ряда бытовых компрессионных холодильников коллективом специалистов под руководством В. А. Никольского предложен новый способ получения холода с несколькими уровнями термостатирования (А. с. № 1035354, СССР), а также холодильные агенты, позволяющие реализовать этот способ (А. с. № 1033523, 1039944,



1.6. Схема одноступенчатой двухтемпературной компрессионной холодильной машины

1028705, СССР) [17]. Сущность способа заключается в том, что в качестве высокотемпературного испарителя применяют регенеративный теплообменник «труба в трубе», а компоненты, входящие в состав холодильного агента, имеют разные температуры испарения. Причем полное ожижение смеси происходит при растворении парообразных хладагентов, кипящих при более низких температурах, в жидких хладагентах, кипящих при более высоких температурах. В качестве хладагентов, кипящих при более низких температурах, используют фреон-13 и фреон-22, а при более высоких,— фреон-12, фреон-318 и фреон-142.

Хорошие результаты получены на следующих составах хладагентов: 1) 10—50 % фреона-13, 10—15 % фреона-22, 20—70 % фреона-318, остальное — фреон-12; 2) 5—35 % фреона-22, 25—75 % фреона-142, 5—45 %  $\text{CO}_2$ , остальное — фреон-12.

Предложенный способ, многокомпонентный хладагент и конструкция холодильного агрегата, реализующие этот способ, позволили снизить удельное потребление энергии бытовыми холодильниками на 25—40 %. Смеси хладагентов на основе предельных углеводородов (А. с. № 1028705, СССР) по холодопроизводительности оказались лучше, чем описанные выше. Однако они являются пожароопасными. Поэтому в массовом производстве бытовых холодильников они не нашли применения.

Одноступенчатая двухтемпературная компрессионная машина (рис. 1.6) работает на многокомпонентном хладагенте. Машина состоит из компрессора 1, конденсатора 2, регенеративного теплообменника 3, дросселя 4 и испарителя 5. В низкотемпературной камере испаритель обеспечивает температуру  $(-18) - (-24)^\circ\text{C}$ , а в высокотемпературной в качестве испарителя регенеративный теплообменник —  $0 - 5^\circ\text{C}$ .

Способ получения холода в одноступенчатой компрессионной холодильной машине осуществляется следующим образом. Находящееся в парообразном состоянии рабочее вещество сжимается в компрессоре 1 до давления 1—1,4 МПа и поступает в конденсатор 2. Процесс сжатия смеси соответствует линии  $1'-2'$  (рис. 1.7, а). В конденсаторе сжатое рабочее вещество охлаждается, отдавая тепло в окружающую среду. Вследствие отвода тепла от паров рабочего вещества компоненты фреонов, кипящие при более высокой температуре (фреон-С318 и фреон-12), конденсируются, т. е. рабочее вещество частично сжижается до образования парожидкостной смеси (линия  $2'-2$ ).

Далее осуществляется полное сжижение рабочего вещества растворением компонентов (фреон-22 и фреон-13), кипящих при более низких температурах, в сжиженных компонентах (линия  $2-3'$ ). Сжиженное рабочее вещество (прямой поток) переохлаждается в регенеративном теп-

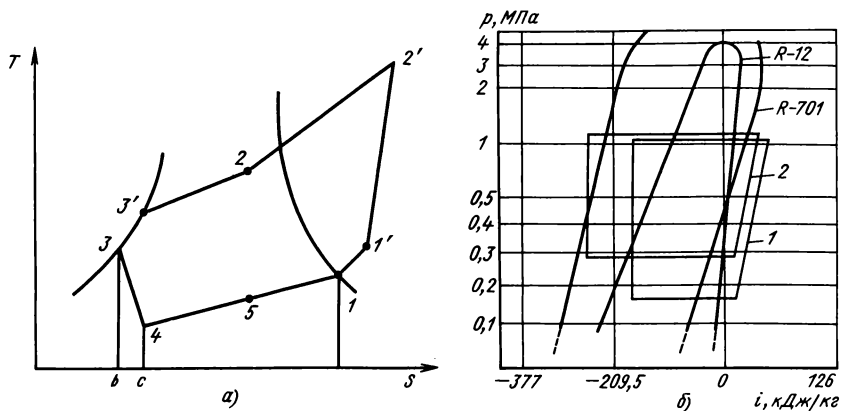


Рис. 1.7. Холодильный цикл на хладагоне R-701:

*a* –  $T - S$ -диаграмма; *б* –  $p - i$ -диаграмма

лообменнике 3 (см. рис. 1.6) парожидкостной эмульсией (обратный поток), образовавшейся за счет частичного испарения рабочего вещества в испарителе 5 (линия 3—3', см. рис. 1.7, *a*). Затем рабочее вещество дросселируется (линия 3—4, см. рис. 1.7, *a*) в дросселе 4 (см. рис. 1.6) и поступает в испаритель 5. В процессе дросселирования давление рабочего вещества понижается до 0,05—0,4 МПа.

В испарителе 5 хладагент кипит, теплота, необходимая для кипения, отнимается от охлаждаемого тела (камеры), вследствие чего температура камеры понижается до  $-24^{\circ}\text{C}$ . При этом осуществляется процесс частичного испарения (линия 4—5, см. рис. 1.7, *a*), когда испаряется большая часть компонентов с более низкой температурой кипения (фреон-13 и часть фреона-22). После выхода парожидкостной эмульсии из испарителя 5 (см. рис. 1.6) заканчивается испарение фреона-22 и начинается испарение рабочего вещества с более высокой температурой кипения (фреон-12 и фреон-С318).

Процесс полного испарения рабочего вещества осуществляется в регенеративном теплообменнике 3 (линия 5—1, см. рис. 1.7, *a*), где необходимая для кипения теплота отнимается от прямого потока. Образовавшиеся пары рабочего вещества отсасываются компрессором для сжатия, и цикл холодильной машины замыкается. Эти же процессы изображены на  $p-i$ -диаграмме (рис. 1.7, *б*) для фреона-12 (цикл 1) и многокомпонентного хладагента (цикл 2).

Предложенный способ получения холода в одноступенчатой холодильной машине позволяет получить полное ожижение рабочего вещества при меньшем давлении конденсации, что уменьшает, в свою очередь, отношение давления нагнетания к давлению всасывания и обеспечивает увеличение удельной холодопроизводительности. Кроме того, уменьшение отношения давления нагнетания к давлению всасывания позволяет повысить КПД компрессора за счет снижения в нем энергетических потерь.

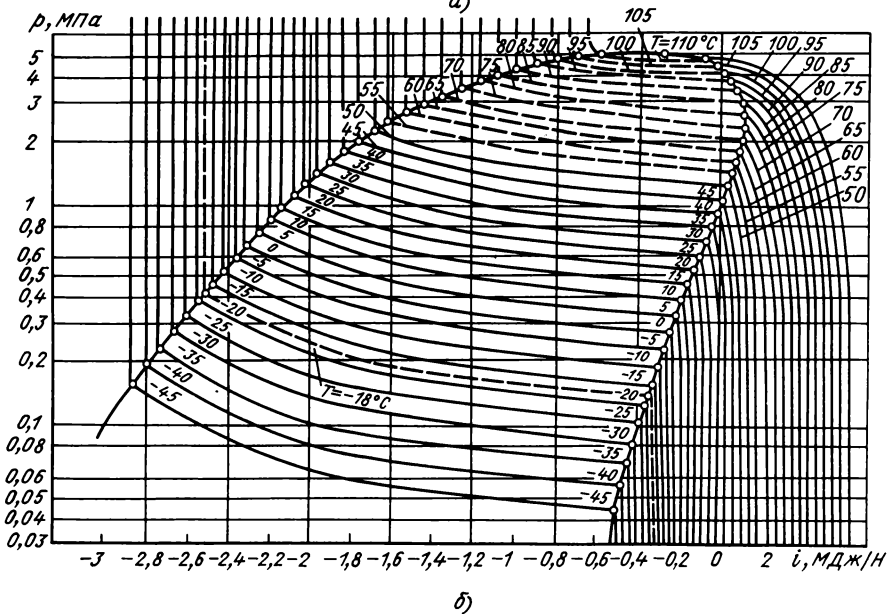
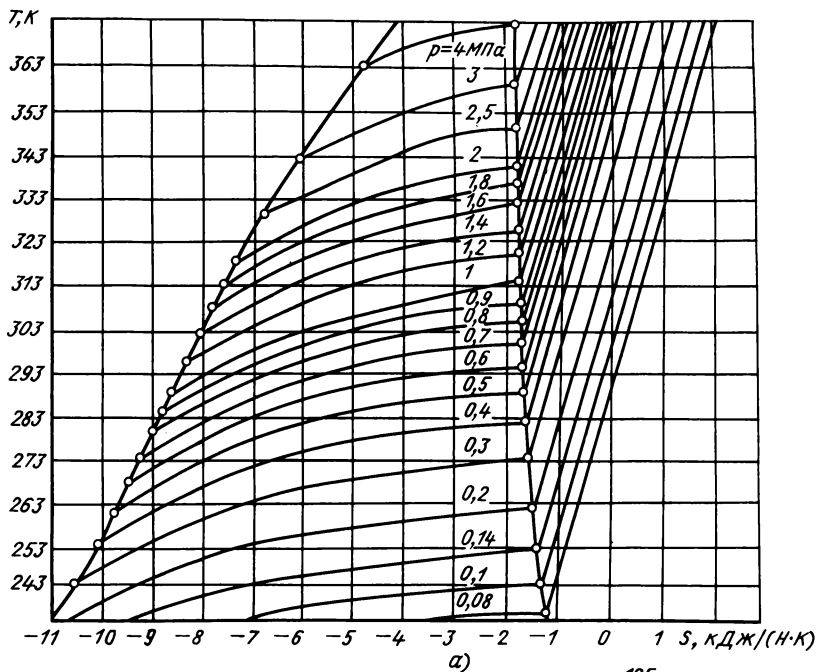


Рис. 1.8. Диаграммы хладона R-701:  
 а —  $T-S$  - диаграмма; б —  $p-i$  - диаграмма

Из  $T-S$ -диаграммы (рис. 1.8, а) видно, что холодопроизводительность цикла на составном хладоне выше, чем цикла на однокомпонентном хладоне. Из  $p-i$ -диаграммы (рис. 1.8, б) также видно, что коэффициент подачи (отношение давления на входе к давлению на выходе) компрессора на многокомпонентном хладагенте меньше, что повышает его КПД и, следовательно, уменьшает удельное энергопотребление.

На практике нашел применение многокомпонентный хладагент, состоящий из хладона R-601 и двуокиси углерода (хладон R-744). В технической литературе этот хладагент известен под индексом R-701. В некоторых источниках встречается и другое наименование: хладон 601/744. Хладон R-601 (ТУ 6-02-1226—82) представляет собой смесь, состоящую из хладонов R-142 (ТУ 6-02-588—80), R-12 и R-22.

В зависимости от отношения хладонов внутри смеси хладон-601 выпускают двух марок: А и Б (табл. 1.4).

#### 1.4. Состав хладона R-601

Хладон	Объемная доля хладонов, %		Хладон	Объемная доля хладонов, %	
	А	Б		А	Б
R-12	17—29	28—38	R-142	47—59	28—38
R-22	17—29	28—38	Массовая доля воды	0,001	0,001

Бытовые холодильники заправляют смесью 90 % хладона R-601 и 10 % двуокиси углерода  $CO_2$  (хладон R-744). Хладон R-601 негорюч, огне- и взрывобезопасен (как и хладон R-12); предельно допустимая концентрация в воздухе рабочей зоны производственных помещений не должна превышать  $3000 \text{ мг/м}^3$  для каждого компонента смеси. Хладон R-601 имеет четвертый класс опасности по ГОСТ 12.1.007—76 и является стабильным веществом, но при высоких температурах (выше  $400^\circ\text{C}$ ) может разлагаться с образованием высокотоксичных веществ, в том числе фтористого и хлористого водорода, а также фторфосгена. Хладон R-601 не образует токсичных соединений в воздушной среде, стоячих водах и в присутствии других веществ, утилизации и уничтожению не подлежит.

Смесь для заправки бытовых холодильников (хладон R-601 и углекислота R-744) является также бесцветным газом, сжиженным под давлением (табл. 1.5 и 1.6).

$T-S$ - и  $p-i$ -диаграммы хладона R-701 приведены на рис. 1.8 [45]. Энергетическая эффективность хладона R-701 неоднократно подтверждалась сравнительными испытаниями по следующей методике. Сначала измерялось потребление энергии холодильником, работающего на хладоне R-12. Затем в этом же шкафу с одним и тем же компрессором испытывали холодильник с агрегатом, работающим на хладоне R-701. Тем самым исключалась погрешность, вносимая теплопроводностью шкафа и КПД компрессора.

### 1.5. Физико-химические свойства хладонов R-601 и R-701 (марок А)

Показатель	R-601	R-701
Молекулярная масса	101,98	93,87
Температура, К:		
кипения	251,5 (—21,5 °С)	244,5 (—28,5 °С)
критическая	396,1 (123,7 °С)	390,5 (117,5 °С)
Критическое давление, МПа	4,57	5,62
Критическая плотность, кг/м <sup>3</sup>	478,4	477,69
Давление насыщенного пара, МПа, при:		
293 К (20 °С)	0,45	0,6
323 К (50 °С)	1	1,3

### 1.6. Термодинамические свойства хладонов R-601 и R-701 (марок А)

Показатель	R-601		R-701	
	Жидкость при 300 К (27 °С) и давлении 0,6 МПа	Газ при 305 К (32 °С) и давлении 0,6 МПа	Жидкость при 290 К (17 °С) и давлении 0,5 МПа	Газ при 295 К (22 °С) и давлении 0,6 МПа
Плотность, кг/м <sup>3</sup>	1126	26,92	1121	25,45
Энтальпия, кДж/кг	—183,4	—2,201	—201,4	—9,183
Энтропия, кДж/(кг·К)	—0,4516	0,147	—0,3049	—0,3497
Изобарная теплоемкость, кДж/(кг·К)	1,216	0,758	1,287	0,7514
Динамическая вязкость, Па·с	$201,3 \cdot 10^{-6}$	$12,37 \cdot 10^{-6}$	$201,8 \cdot 10^{-6}$	$12,25 \cdot 10^{-6}$
Теплопроводность, Вт/(м·К)	0,08	0,013	0,087	0,013

### 1.7. Расход электроэнергии холодильниками на хладажах R-12 и R-701

Модель холодильника (фирма, страна)	Объем, дм <sup>3</sup>		Расход электроэнергии, кВт·ч/сут, при температуре окружающей среды, °С			
			R-12		R-701	
	общий	НТО	25	32	25	32
«Поляр» (Polar, ПНР), двухкамерный	237	100	2,16	3,68	1,48	2
«Калекс» (Calex, ЧССР):						
однокамерный	270	25	1,44	2,25	1,1	1,71
двухкамерный	250	45	1,79	2,56	1,29	2,03
Двухкамерный «Розенлев» (Rosenlev, Финляндия)	340	135	1,77	2,55	1,22	1,63
Двухкамерный «Тосиба» (Toshiba, Япония)	411	121	2,31	3	1,53	2,03
«Аристон» (Ariston, Италия):						
двухкамерный	330	72	1,82	—	1,4	—
двухкамерный	280	60	1,6	—	1,11	—



Результаты испытаний (табл. 1.7) подтверждают снижение потребления энергии на агрегатах с хладоном R-701 в 1,3—1,5 раза.

Описанный способ получения холода и хладагент запатентован в США, Великобритании, Франции, Венгрии, Польше, ЧССР, ГДР.

### 1.5.3. Взаимодействие хладона R-701 с маслами, электроизоляционными и конструктивными материалами

Как сказано выше, на холодопроизводительность герметичных компрессоров влияет добавление в хладагент масел, необходимых для смазывания трущихся деталей компрессора. При разработке хладона R-601 было тщательно изучено влияние масел на его холодопроизводительность и работоспособность. Результаты экспериментальных исследований состава пара хладагентов при различных концентрациях масла ХФ-12-16 показаны на рис. 1.9. С увеличением концентрации масла хладон R-12, лучше других растворяющийся в маслах, снижает свою концентрацию в паре. Аналогичная ситуация происходит с хладоном R-142, а хладон R-22, как агент высокого давления, повышает свою концентрацию при увеличении концентрации масла. Эти кривые хорошо согласуются с данными по растворимости этих хладагентов в масле ХФ-12-16.

Добавление в смесь хладонов двуокиси углерода при умеренных концентрациях (до 40 %) оказывает сильное гомогенизирующее действие на смесь хладагентов. Добавление  $\text{CO}_2$  в большей дозе (70—80 %) ведет к обратному действию на хладоны — снижению их растворимости.

На основании экспериментальных работ [24] установлено, что смесь хладагентов обладает более высокой стабильностью, чем чистый хладон R-12 в аналогичных условиях.

При выборе хладагентов для холодильных установок обязательным является их совместимость и износостойкость конструктивных материалов, применяемых в холодильном агрегате, в том числе эмалированных проводов, электродвигателей и компрессоров.

В последнее время было проведено большое число исследований устойчивости проводов марок ПЭВ, ПЭТВ, ПЭТ-155, ПЭТ-200 в хладонах R-12, R-22 и R-501. Для работы в среде указанных хладонов в смеси с маслами (ХФ-12-16 и ХФ-22-24) были разработаны специальные провода марок ПЭФИ и ПЭФ-155. Также исследовалась совместимость многокомпонентного хладона R-701 с проводами ПЭФИ, ПЭФ-155 и ПЭТ-200. Испытывалась стойкость проводов этих марок к образованию вздутий, их эластичность, адгезия, упругость, механическая прочность,

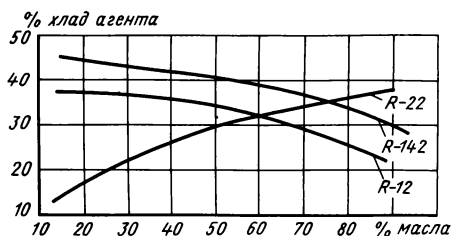


Рис. 1.9. Содержание хладагентов в паровой фазе в зависимости от концентрации масла в жидкости

испытывались провода на пробивное напряжение, диэлектрические потери при термостарении.

Проведенные испытания проводов по стандартным характеристикам показали, что эмалированные провода по всем параметрам полностью соответствуют нормативным документам. Фактические значения некоторых показателей намного превышают заданные требования :

Провода . . . . .	ПЭТ-200	ПЭФИ	ПЭФ-155
Напряжение, кВ:			
фактическое номинальное .	5	4,4	4,6
по ТУ .	3,5	2,4	3,1

Большинство испытаний марок проводов имеет более высокие параметры. Например, пробивное напряжение ПЭФ-155 составляет 12—15 кВ.

Сопоставление диэлектрических потерь изоляции эмалированных проводов в средах хладона R-12 и хладона R-701 в исходном состоянии и после термостарения показывает (рис. 1.10 и 1.11), что для проводов марок ПЭФИ и ПЭФ-155 зависимость  $\text{tg } \delta = f(t)$  сдвигается в область меньших температур. Однако для проводов ПЭФ-155 этот сдвиг меньше и кривые для хладона R-12 и хладона R-701 практически совпадают. Это позволяет для работы в среде хладона R-701 рекомендовать провода ПЭФ-155.

Для обеспечения надежности работы электродвигателя компрессора в среде хладона R-701 содержание влаги в хладоне не должно превышать 0,001 % (по массе). Испытания на электрическую прочность

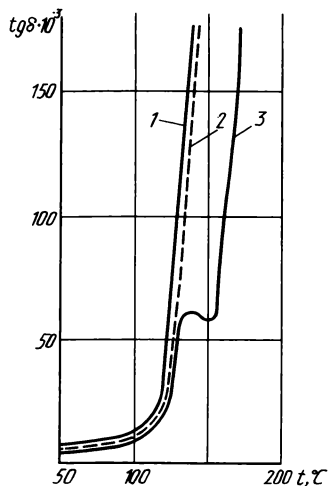
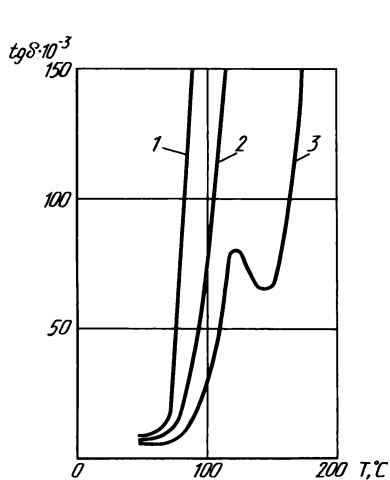


Рис. 1.10. Зависимость  $\text{tg } \delta = f(T)$  проводов ПЭМФ от температуры:

1 — термостатирование в среде хладона R-701; 2 — термостатирование в среде хладона R-12; 3 — исходное состояние

Рис. 1.11. Зависимость  $\text{tg } \delta = f(T)$  проводов ПЭФ-155 от температуры:

1 — термостатирование в среде R-12; 2 — термостатирование в среде хладона R-701; 3 — исходное состояние

показали, что при изготовлении обмоток электродвигателя провода не должны подвергаться растяжению более чем на 10 %.

Сталь 30ХГСА, 08КП, 65Г, чугун СЧ 18, СЧ 25, СЧ 21 (ГОСТ 1412—79) могут быть отнесены к группе весьма стойких; медь (ГОСТ 859—78), — к группе стойких к коррозии; паронит ПМБ-0,4 (ГОСТ 4801—80), текстолит А-16 (ГОСТ 2910—74), полиэтилен (ГОСТ 16337—77 \* Е) и другие материалы в процессе испытаний в среде хладона R-701 изменили массу не более чем на 2 %. Для сравнения — полиамид изменил массу при испытании в среде хладона R-505 на 5 %.

Проведенные испытания и полученные результаты подтверждают, что указанные конструкционные материалы холодильников совместимы с хладоном R-701 в смеси с маслами. В процессе ускоренных испытаний на старение хладон R-701 не изменил своего состава. Константа старения его при максимально возможной температуре эксплуатации (до 120 °С) равна нулю.

## **1.6. Агрегаты компрессионных холодильников**

### **1.6.1. Конструкции агрегатов бытовых холодильников**

Компоновка холодильного агрегата зависит от типа холодильника. В напольных холодильниках агрегат, как правило, расположен на задней стенке шкафа, в холодильниках-барах — сзади или сбоку, в настенных холодильниках — в верхней части. Это, в свою очередь, определяет конструкцию агрегата и расположение его основных узлов.

В первых моделях холодильников (например, холодильник ЗИЛ) агрегат собирался на раме, которую крепили к шкафу. Появление компрессоров с внутренней подвеской позволило отказаться от рамы — компрессор стали крепить на поперечине корпуса. В непосредственной близости от компрессора устанавливали конденсатор. В напольных холодильниках конденсатор крепят на задней стенке шкафа холодильника под небольшим углом, чтобы тепло от нижней части поднималось вверх, не пересекая верхнюю часть. Эффективное охлаждение конденсатора является одним из главных условий нормальной работы холодильника. Поэтому используют конструктивные элементы, не позволяющие устанавливать холодильник близко к стене (декоративные боковые решетки, упоры и т. д.).

Конденсатор и окружающие его элементы komponуют так, чтобы создать эффект «трубы» и увеличить естественную конвекцию воздуха. В некоторых случаях в холодильниках большого объема не удастся организовать необходимый теплосъем естественным образом. Тогда устанавливают отдельный вентилятор. Принудительная вентиляция позволяет значительно уменьшить размеры конденсатора, однако повышается уровень шума, увеличивается стоимость и снижается надежность. Принудительную вентиляцию также применяют в холодильниках, встраиваемых в мебельные элементы.

Применяют агрегаты с верхним и нижним расположением испарителя. Вопрос о преимуществах одного или другого решения является предметом споров специалистов, что вероятно, подтверждает их равноценность. Однако авторы отдают предпочтение нижнему расположению испарителя, особенно тогда, когда температура в НТО пониженная [ $(-18)^\circ\text{C}$ ]. С потребительской точки зрения это удобнее, так как в НТО потребитель обращается редко. Кроме того, теплые пары при верхнем расположении испарителя ускоряют образование инея (в холодильниках без автоматической оттайки).

Сторонники верхнего расположения испарителя ссылаются на большую технологичность этого варианта в части удобства заводки испарителя в холодильную камеру в процессе сборки.

Испаритель заводится в камеру сзади, спереди или сверху. При заводке сзади в задней стенке шкафа вырезают окно, через которое при сборке вставляют испаритель в шкаф. Затем окно закрывают теплоизоляционными материалами, уплотняют по периметру, стыки замазывают мастикой. Такая конструкция ухудшает теплоизоляционные параметры шкафа, поэтому на ряде заводов используют переднюю заводку испарителя. При этом трубопровод от него идет в дверной проем, а затем прокладывается в стенке между внутренней камерой и наружным шкафом в теплоизоляционном слое. Этот способ заводки более трудоемкий, увеличивается длина трубопровода, возникают неудобства демонтажа, однако нет необходимости вырезать окно в задней стенке.

Верхняя заводка аналогична задней. При этом для закрытия окна в верхней части холодильника применяют верхнюю сервировочную плоскость.

Авторы придерживаются мнения, что наиболее рационально применять неразборные конструкции холодильников. В этом случае испаритель с всасывающей и капиллярной трубками заводится спереди, в задней стенке делают только отверстия для трубопровода, компрессор и конденсатор соединяют с трубопроводом методом пайки, затем шкаф заливают пенополиуретановой изоляцией. Вакуумирование, заполнение и другие операции с агрегатом производят на собранном холодильнике. Недостатки этого способа — невозможность проверки качества сборки агрегата без шкафа, а также сложность обслуживания. Однако опыт ряда зарубежных фирм подтвердил значительное повышение качества сборки таких холодильников, лучшие теплотехнические характеристики, повышение надежности.

Что же касается ремонта, то в настоящее время имеются достаточные технические средства, позволяющие производить ремонт на дому с пайкой агрегата. Такой подход значительно упростит процедуру ремонта.

### **1.6.2. Основные узлы агрегатов бытовых компрессионных холодильников**

К основным узлам агрегатов компрессионных холодильников относят: компрессор, испаритель, конденсатор, дросселирующее устройство и фильтр-осушитель.

## Компрессоры бытовых холодильников

В бытовых холодильниках отечественного производства применяют компрессоры двух типов: тип ДХ с кривошипно-шатунным механизмом (рис. 1.12) и тип ХКВ с кривошипно-кулисным механизмом.

**Компрессор ДХ** (рис. 1.12) имеет наружную мягкую подвеску 1. Горизонтально расположенный коленчатый вал 6 приводится во вращение электродвигателем 7 с частотой 1500 об/мин. В цилиндре 3, расположенном в корпусе 2, движется поршень 4. К верхнему торцу цилиндра 3 привернута головка 5 с клапанным устройством, состоящим из камеры всасывания, всасывающего и нагнетательного клапанов (на рисунке не показаны). При движении поршня 4 вниз пары хладагента через всасывающий клапан поступают в камеру, а при движении поршня вверх всасывающий клапан закрывается и хладагент через нагнетательный клапан подается в систему.

**Компрессор ХКВ** имеет вертикально расположенный вал 3 (рис. 1.13), который посажен на ротор электродвигателя 4 и вращается с частотой 3000 об/мин. Через кулисный механизм 2 вращение вала передается поршню 1. Электродвигатель однофазный асинхронный с пусковой обмоткой. Для пуска двигателя и его защиты применено пускозащитное реле. Компрессор подвешен на пружинах 5 внутри герметичного кожуха 6. Компрессоры ХКВ можно транспортировать только в вертикальном положении.

В зависимости от объема газа, вытесняемого поршнем за единицу времени или за один ход при номинальной частоте вращения («описанного объема»), компрессоры могут быть нескольких типоразмеров (табл. 1.8).

Компрессоры ХКВ классифицируют по следующим признакам:

1) по применяемому электродвигателю и пускозащитному реле:

Д — двухполюсный однофазный асинхронный электродвигатель холодильной машины (ДХМ), пусковое токовое комбинированное реле (РТК),

Л — двухполюсный однофазный асинхронный электродвигатель (ЭД) и двухполюсный однофазный асинхронный электродвигатель с повышенным пусковым моментом (ЭДП), пускозащитное комбинированное реле (Р);

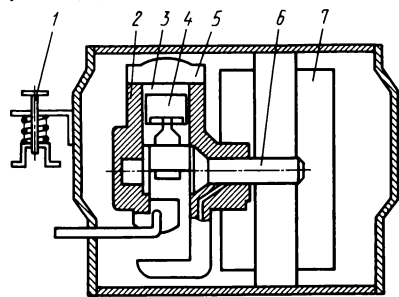


Рис. 1.12. Компрессор ДХ

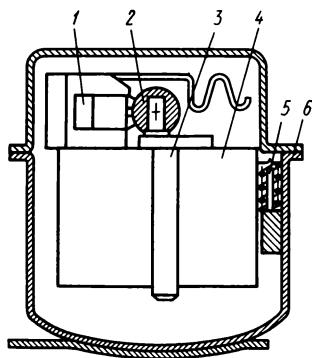


Рис. 1.13. Компрессор ХКВ (ФГ) в сборе

## 1.8. Типоразмеры компрессоров ХКВ

Типоразмер	Описанный объем, не более	
	см <sup>3</sup> /с (м <sup>3</sup> /ч)	м <sup>3</sup> /1 ход (см <sup>3</sup> /1 ход)
5	250(0,9)	$5 \cdot 10^{-6}$ (5)
6	315(1,34)	$6,3 \cdot 10^{-6}$ (6,3)
8	400(1,44)	$8 \cdot 10^{-6}$ (8)

2) по наличию устройств охлаждения:

Б — компрессоры без дополнительного охлаждения;

М — компрессоры с дополнительным охлаждением;

3) по условиям эксплуатации:

УХЛ — компрессоры, поставляемые в районы с умеренным и холодным климатом;

Т — компрессоры, поставляемые в районы с тропическим климатом.

Основные параметры компрессоров типа ХКВ приведены в табл. 1.9.

## 1.9. Техническая характеристика компрессоров типа ХКВ

Компрессор	При работе на хладоне R-12			При работе на воздухе	
	Номинальная холодопроизводительность, Вт (ккал/ч)	Потребляемая мощность, Вт, не более	Удельная холодопроизводительность, не менее	Объемная производительность, м <sup>3</sup> /ч (л/мин), не менее	Потребляемая мощность, Вт, не более
ХКВ5-1ЛБУХЛ	115(100)	140	0,83	$12 \cdot 10^{-5}$ (7,3)	155
ХКВ6-1АБУХЛ	145(125)	170	0,91	$15,3 \cdot 10^{-5}$ (9,2)	175
ХКВ6-1ЛБУХЛ	145(125)	165	0,91	$15,3 \cdot 10^{-5}$ (9,2)	175
ХКВ6-1ДМУХЛ	150(130)	170	0,93	$15,3 \cdot 10^{-5}$ (9,2)	175
ХКВ6-1ЛМУХЛ	150(130)	170	0,93	$15,3 \cdot 10^{-5}$ (9,2)	175
ХКВ6-1ЛМТ	125(108)	170	0,83	$15,3 \cdot 10^{-5}$ (9,2)	175
ХКВ6-2ДМУХЛ	165(142)	190	0,86	$18 \cdot 10^{-5}$ (11)	190
ХКВ6-2ДМТ	145(125)	190	0,82	$18 \cdot 10^{-5}$ (11)	190
ХКВ8-1ЛМУХЛ	185(160)	190	0,99	$21 \cdot 10^{-5}$ (12,6)	190
ХКВ8-1ЛМТ	160(138)	190	0,87	$21 \cdot 10^{-5}$ (12,6)	190

Корректированный уровень звуковой мощности в установившемся режиме для компрессоров типоразмера 5 и 6 не должен превышать 44 дБ·А и для компрессоров типоразмера 8—46 дБ·А. Остаточное загрязнение в компрессоре, заправленном маслом, не должно превышать 60 мг. Остаточная влага в компрессорах типоразмеров 5 и 6 не должна превышать 100 мг — типоразмера 8—110 мг.

Методы испытаний компрессоров изложены в ГОСТ 17008—85.

В герметичных компрессорах применяют однофазные электродвигатели переменного тока с пусковой обмоткой. При пуске пусковая обмотка с помощью пускового реле включается на 0,3—1 с, пока частота вращения вала не составит 80 % номинальной частоты вращения.

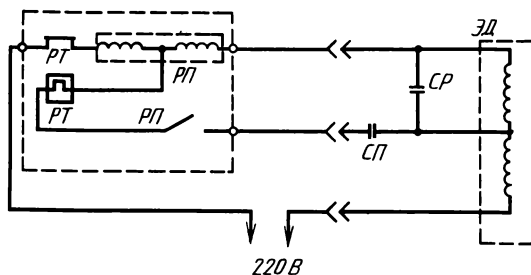
Электродвигатели бытовых компрессоров имеют две синхронные частоты вращения: 25 и 50 об/с (1500 и 3000 об/мин). Двигатели выпускают с номинальной мощностью 60, 90, 120 и 155 Вт на напряжение 127 и 220 В при частоте 50 Гц. Для поставки на экспорт выпускают двигатели на напряжение 115 В с частотой 60 Гц; КПД двигателей 0,6—0,7; средняя наработка двигателей на отказ 25 000 ч. Срок службы не менее 15 лет. Двигатели с пусковой обмоткой имеют ряд недостатков. Так, пусковая обмотка работает только в период пуска и постоянно находится под воздействием вибрации и высоких температур. Плотность тока в пусковой обмотке в 10—15 раз выше, чем в рабочей. Особенно ухудшаются условия работы пусковой обмотки при пониженном напряжении сети. В этих случаях пусковой момент пропорциональный квадрату напряжения, сильно падает, пуск двигателя затягивается, пусковая обмотка нагревается и перегорает. Именно по этой причине происходит 70 % отказов компрессионных холодильников.

Переход на холодильники повышенного объема (300—400 дм<sup>3</sup>) с большим морозильным отделением потребовал создания двигателей с повышенным пусковым моментом. Д. В. Примаченко [45] предложен один из способов повышения пускового момента путем применения пусковых и рабочих конденсаторов без пусковой обмотки. Переход на схему с конденсаторным пуском опробован на холодильниках с электродвигателем ЭДП-24. При этом сохраняется неизменным ротор, лист и пакет статора, а кратность пускового момента увеличивается до 2,5. Пусковой конденсатор (рис. 1.14) *СП* отключается пускозащитным дифференциальным реле разности токов [1]. Выполняется оно на базе серийного реле РПЗ-24 путем установки вывода со средней точки катушки.

Несмотря на наличие дополнительных элементов [пускового конденсатора типа К50-19 (160 мкФ, 150 В) и рабочего конденсатора СР типа МБГЧ (40 мкФ, 150 В)] конденсаторный пуск повышает пусковой и максимальный момент, уменьшает время пуска холодильника, уменьшает число витков и напряжение между витками в пазу, снижает расход меди, обеспечивает пуск при напряжении сети 150—250 В.

Рис. 1.14. Схема включения электродвигателя с пусковым конденсатором:

ЭД — электродвигатель; СП и СР — пусковой и рабочий конденсаторы; РТ — нагреватель и контакт защитного реле; РП — контакт и катушка пускового реле



### 1.10. Сравнительные характеристики электродвигателей с пусковой обмоткой и конденсаторным пуском (на базе электродвигателя ЭДП-24)

Параметр	Пусковая обмотка	Конденсаторный пуск	Параметр	Пусковая обмотка	Конденсаторный пуск
Номинальная мощность, Вт	120	120	Кратность: пускового тока пускового момента максимального момента	8,2 1,73 3,1	5,3 2,35 3,6
Номинальная сила тока, А	1,35	1,35			
Коэффициент мощности	0,6	0,7			

Сравнительные характеристики электродвигателей мощностью 120 Вт приведены в табл. 1.10.

#### *Испарители компрессионных холодильников*

Испаритель и конденсатор относятся к теплообменной аппаратуре и предназначены для обеспечения теплообмена между холодильным агентом и окружающей средой. Они должны обладать высокой интенсивностью теплообмена, иметь небольшой расход металла на единицу тепловой нагрузки, а объем испарителя не должен снижать полезного объема холодильной камеры.

**В бытовых холодильниках применяют прокатно-сварные и листотрубные испарители.**

Прокатно-сварной испаритель изготавливают из двух алюминиевых листов, которые после нанесения на них специальной краской рисунка канала подвергают горячей прокатке. Листы сваривают, кроме окрашенных мест. Затем водой или воздухом под давлением 5—10 МПа раздувают каналы. Заготовки с раздутыми каналами поступают на завод-изготовитель холодильников, где их обрезают по нужной конфигурации, изгибают и варивают в агрегат.

Прокатно-сварные испарители обеспечивают достаточно интенсивный теплообмен, просты в изготовлении и относительно дешевы. Однако они имеют ряд недостатков. Погрешности при нанесении рисунка, неидентичность свойств материала приводит к тому, что внутренний объем каналов колеблется в пределах  $\pm 12\%$ . Это в значительной мере ухудшает теплоэнергетические характеристики холодильника, усложняет процесс заправки агрегата хладагентом. Неравномерный раздув каналов приводит к снижению их прочности и надежности. Очистка каналов от краски и осушка от остатков воды представляет сложный технологический процесс с повышенной трудоемкостью.

Листотрубные испарители не имеют указанных недостатков. Их изготавливают из алюминиевых труб, изогнутых «змейкой». На змеевик накладывают алюминиевый лист, который крепят к змеевику с помощью скоб.



В выпускаемых в настоящее время бытовых холодильниках испаритель, как правило, является и низкотемпературной камерой. В зависимости от объема низкотемпературной камеры, температуры в ней, общего объема холодильника испаритель исполняют различной конфигурации. Поэтому уровень унификации испарителей очень низкий. В основном это только внутривзаводская унификация, т. е. унификация в пределах одного завода. Это снижает ремонтпригодность холодильника, так как при повреждении испарителя его можно заменить только при наличии поставок данного завода-изготовителя. В настоящее время всего имеется более 30 типоразмеров испарителей.

Поэтому в параметрическом ряду компрессионных холодильников число типоразмеров испарителей сокращено до трех. Все однокамерные холодильники ряда имеют низкотемпературное отделение объемом до 40 дм<sup>3</sup>. В этих отделениях, а также на нижних полках морозильников применяют листотрубный испаритель размером 450×450 мм. Змеевик испарителя нижнего отделения имеет два витка из алюминиевой трубы.

В морозильных камерах испаритель установлен горизонтально и одновременно является полкой. Однако механической нагрузки испаритель не несет, так как продукты размещаются в корзинах. Последние удерживаются направляющими, сформированными на боковых внутренних стенках камер. На всех полках морозильников и в НТО холодильников применен испаритель размером 450×450 мм, его змеевик имеет семь витков.

В однокамерных холодильниках и холодильных камерах двухкамерных холодильников параметрического ряда применен испаритель в виде регенеративного теплообменника. Змеевик испарителя имеет пять витков, его общая длина 6100 мм. Направление витков змеевика испарителя горизонтальное. Он расположен вертикально у задней стенки камеры. Перед гибкой в змеевик (в алюминиевую трубу) вводит капиллярную трубку (дроссель). Такая конструкция регенеративного теплообменника получила название «труба в трубе».

Испаритель соединяют с медными трубами агрегата через предварительно сваренные между собой встык медную и алюминиевую трубки. Стык трубок защищают от влаги пленками или трубками из пластмасс. Это необходимо, так как при увлажнении в месте спая (медь — алюминий) возникает электродвижущая сила и электрический ток разрушает алюминий. Для защиты алюминиевых испарителей от коррозии их анодируют в серноокислых или хромовокислых ваннах, получая защитную пленку толщиной 10—12 мм. Затем испаритель дополнительно покрывают лаком УБЛ-3 или эпоксидной смолой.

Разброс значений внутреннего объема листотрубного испарителя составляет ±5%. При обслуживании холодильника потребитель не имеет доступа к змеевику, что исключает повреждение труб при гигиенической уборке. В трубах испарителя отсутствуют примеси краски, что облегчает их очистку и сушку агрегата перед заправкой. Трудоемкость очистки листотрубных испарителей в 2—3 раза меньше, чем прокатно-сварных.

Применение листотрубных испарителей в холодильниках дает возможность уменьшить размеры люка для заводки холодильного агрегата, что снижает теплопритоки в холодильную камеру, а следовательно, и энергопотребление.

На основе изложенного в холодильниках параметрического ряда отдано предпочтение листотрубным испарителям. Инженерный расчет испарителя приведен в работе [16].

### *Конденсаторы бытовых компрессионных холодильников*

В конденсаторе происходит охлаждение паров хладагента, конденсация и переход хладагента в жидкое состояние. Через конденсатор трансформируется в окружающее пространство теплота, отнятая у охлаждаемого объекта (камеры), и теплота, полученная хладагентом при сжатии в компрессоре. При номинальной работе холодильника температуру конденсации устанавливают на 10—15 °С выше температуры окружающей среды, а давление должно соответствовать давлению насыщенных паров хладагента при этой температуре. Заполняя конечные витки змеевика, жидкий хладагент образует перед дросселем жидкостный затвор, препятствующий попаданию в испаритель частиц парообразного хладагента.

Для холодильников, работающих на чистом веществе, перепад температур входа и выхода конденсатора отличается незначительно, а в холодильниках на многокомпонентных хладагентах эта разность составляет 15—20 °С.

Конденсатор представляет собой трубопровод, изогнутый в виде змеевика, который изготавливают из стальной трубы. Диаметр трубы 4,7—6,5 мм, толщина стенки 0,7—0,8 мм. Для увеличения площади теплоотдачи змеевик оребряют или соединяют с металлическим листом. В компрессионных холодильниках для оребрения чаще всего применяют проволоку. Конденсаторы с проволочным оребрением называют проволочно-трубными, а с металлическим — листотрубными. В листотрубных конденсаторах трубы крепят на листе различными способами: обжатием выштампованными полосками, укладкой между приваренными лентами, креплением скобками. В листе между трубами делают просечки, отгибаемые в виде жалюзи.

Конденсаторы устанавливают под углом 5° к вертикали, что улучшает условия теплообмена.

В холодильниках параметрического ряда применяют проволочно-трубные конденсаторы трех типоразмеров. Расчет конденсатора аналогичен расчету испарителя [16].

### *Дросселирующие устройства бытовых холодильников*

Для оптимизации работы холодильного агрегата при изменяющихся внешних условиях испаритель должен отбирать различное количество теплоты от охлаждаемого объекта. Количество отбираемой теплоты однозначно определяет и количество испаряемого хладагента в испарителе.

В то же время для создания условий испарения в испарителе должно поддерживаться низкое давление и поступать столько хладагента, сколько испаряется. Следовательно, дросселирующее устройство в идеальном случае должно быть регулируемым.

В дросселирующих устройствах регулирование осуществляется путем изменения проходного сечения дросселя. Однако в малых холодильниках и холодильных машинах, к которым относят и бытовые холодильники, расход хладагента небольшой и проходное сечение дроссельного отверстия должно быть 0,2—0,3 мм. Естественно, что регулировать такое отверстие в пределах  $\pm 10\%$  крайне сложно. Для регулирования в бытовых холодильниках ранее применяли регулирующие вентили поплавкового типа. Вентиль имел небольшое отверстие, которое перекрывалось золотником, связанным с полым шаровым поплавком, плавающим в жидком хладагенте. Однако такое устройство сложно и ненадежно, поэтому было заменено капиллярными трубками. Капиллярные трубки изготавливают из меди длиной 1,5—5,0 м, внутренним диаметром 0,80—0,85 мм. Малое сечение и большая длина трубки создают для хладагента повышенное сопротивление. Пропускную способность трубки подбирают при нормальных условиях окружающей среды.

При повышении температуры окружающей среды увеличивается давление конденсации. В то же время из-за повышения противодавления производительность компрессора снижается. В этом случае компрессор будет меньше отсасывать хладагента из испарителя. Однако из-за ухудшения условий конденсации в испаритель вместе с жидким хладагентом будет проникать пар. Это приведет к увеличению давления в испарителе и, как следствие, повышению производительности компрессора. Наличие пара в капиллярной трубке снижает ее пропускную способность. Таким образом, при повышении температуры окружающей среды производительность компрессора и пропускная способность капиллярной трубки автоматически согласовываются, но наличие пара в капиллярной трубке и на выходе испарителя уменьшает холодопроизводительность агрегата. Аналогичное явление произойдет и при снижении температуры окружающей среды.

Как регулирующее устройство при изменении температуры и нагрузки капиллярная трубка не обеспечивает оптимальную пропускную способность. Однако в пределах изменения температуры (от 16 до 32 °С) в холодильной камере обеспечивается температура 0—5 °С.

Капиллярная трубка позволяет применять двигатель с малым пусковым моментом, так как при остановках компрессора она пропускает хладагент до уравнивания давления по всей системе. При очередном пуске противодавления компрессору в системе не будет. Капиллярная трубка надежна, проста в изготовлении, дешева.

В параметрическом ряду бытовых компрессионных холодильников применяют капиллярную трубку ДКРХИ 2,1×0,8НД длиной около 6 м. Капиллярную трубку градуируют по необходимости воздухом с точкой росы не выше —55 °С, с давлением на выходе 0,785 МПа. Пропускимость при этом должна быть  $(4,5 \pm 0,3)$  л/мин. Регулирование производят изменением длины трубки.

## Фильтр-осушитель бытовых компрессионных холодильников

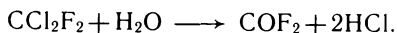
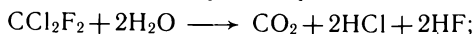
В процессе сборки и текущего изнашивания в герметичных холодильных агрегатах могут находиться твердые частицы, засоряющие дроссельную трубку. Для предохранения от засорения перед дросселем устанавливают фильтр из мелких латунных сеток или порошковых материалов.

Фильтры из порошковых материалов состоят из бронзовых шариков диаметром 0,3 мм, сплавленных в столбик конусообразной формы. Фильтры монтируют в корпусе с осушительным патроном.

Фильтр-осушитель (рис. 1.15) служит для очистки хладагента и масла от влаги и твердых частиц. Он состоит из корпуса 2 — металлического патрона длиной около 100 мм и диаметром (12—18) мм, сетки 4 фильтра, обоймы 1 сетки и адсорбента 3 массой 10—18 г.

Осушка системы от влаги — один из важных факторов стабильности работы герметичного холодильного агрегата, так как влага приводит к замерзанию капиллярной трубки и зачистую к выходу из строя компрессора. Вода в систему попадает в составе хладагента и масла, а также с деталями агрегата и изоляционными материалами. Влагосодержание хладона R-12 составляет не более 0,0004 %, хладона R-22 и хладона R-502 — около 0,0025 %. Допустимая концентрация воды в маслах составляет 0,001—0,006 %. Попадание влаги в систему, заполненную хладонем и смазочным маслом, при действии высоких температур в компрессоре приводит к образованию минеральных и органических кислот.

Минеральные кислоты могут образоваться в результате гидролиза хладонов. Для хладона R-12 гидролиз протекает по схеме:



Основным носителем кислот в системе холодильной машины является масло. Поэтому одним из главных критериев оценки химической стабильности герметичных систем в процессе работы может служить кислотное число масла. При исследовании масел в действующих холодильных машинах было определено, что предельное значение кислотного числа, при котором возможна работа холодильной машины в течение 10—15 лет, составляет (0,045—0,630) мг NaOH/г масла [31].

В связи с этим при производстве и ремонте герметичных машин обычно предусматривают осушку электродвигателей (10—15 ч при темпе-

ратуре до 120 °С) и кратковременную сушку компрессора, испарителя, конденсатора и агрегата в целом в течение нескольких часов сухим воздухом. Но в процессе эксплуатации холодильника, особенно в течение первых 2—3 лет, появляется влага из электрической изоляции. Поэтому в бытовых холодильниках установка фильтра-осушителя (адсорбента) обязательна.

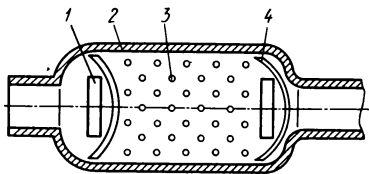


Рис. 1.15. Фильтр-осушительный патрон

Адсорбция — процесс взаимодействия растворенного вещества (адсорбата) и поверхности твердого тела (адсорбента). Наилучшие адсорбционные свойства имеют природные и синтетические вещества с развитой микропористой структурой и повышенной удельной поверхностью — до 1000 м<sup>2</sup>/г.

Промышленность выпускает широкий ассортимент адсорбентов — силикагели, алюмогели, природные и синтетические цеолиты. В бытовых холодильниках в основном применяют синтетические цеолиты, представляющие собой кристаллические алюмосиликаты, в решетке которых часть ионов кремния замещена ионом алюминия. Это создает избыточный отрицательный заряд, компенсируемый различными изотопами (калия, натрия, бария и др.).

Адсорбционное пространство образовано пустотами (большими полостями), которые соединяются окнами. Размеры окон сопоставимы с диаметром молекул, т. е. цеолит представляет собой молекулярное сито. Молекулы, размеры которых меньше размеров окна, проникают в цеолит и адсорбируются на поверхностях больших полостей. Молекулы больших размеров не проникают внутрь цеолита и адсорбируются только на внешней поверхности. Так как внешняя поверхность значительно меньше поверхности полостей, то ее действие можно не учитывать. Цеолиты классифицируются по диаметру входного окна (табл. 1.11).

### 1.11. Классификация цеолитов

Диаметр входного окна, мм	Классификационный индекс		Диаметр входного окна, мм	Классификационный индекс	
	СССР	США		СССР	США
0,3	КА	3 А	0,8	CaX	10 X
0,4	NaA	4 А	0,9	NaX	13 X
0,5	CaA	5 А			

Некоторые цеолиты в своем составе имеют связывающие вещества (18—20 %), которые несколько уменьшают их поглотительную способность. В холодильных машинах используют цеолиты NaA-2КТ, NaA-2МШ, NaA-2 и NaA-2М. Цеолит NaA-2МШ при температуре точки росы — 70 °С обладает активностью по парам воды 9,2 %, а цеолит NaA-2КТ — 12—17 %. Однако NaA-2МШ более прочен на истирание, что очень важно для герметичных агрегатов.

Что касается сорбции кислотных примесей, то по данным работы [31] активные окиси алюминия сорбируют 2—3 % соляной кислоты. Сорбционная способность цеолита по соляной кислоте составляет 1—2 %.

Для одновременного поглощения воды и кислотных примесей рекомендуют комплексные адсорбенты NaA-2КТ. Они хорошо показали себя для очистки рабочей среды холодильников с хладоном R-12 и хладоном R-22. Л. Ш. Малкин, проводивший исследования хладона R-701, для его осушки и очистки также рекомендует цеолит NaA-2КТ. В работе [31] приведены экспериментальные результаты по очистке холодильных агрегатов с цеолитом NaA-2КТ. Герметичный холодильный агрегат осу-

### 1.12. Техническая характеристика синтетических цеолитов

Показатель	NaA-2МШ	NaA-2КТ
Насыщенная плотность, г/см <sup>3</sup> , не менее	0,77	0,75
Размер гранул, мм	1,5—3	1,5—3
Прочность на истирание, %, не более	0,15	0,09
Влагоемкость, %, не менее	13,5	12
Кислотоемкость, %, не менее	—	1,3
Потери при прокаливании, %, не более	5	10

шается и очищается от кислот в течение 20—25 ч. Концентрация кислот при этом снижается до 0,02—0,03 мг КОН/г рабочей среды, влажность рабочей среды — до  $(10—15) \cdot 10^{-4}$  %. Характеристики синтетических цеолитов приведены в табл. 1.12.

### 1.6.3. Регулирование температур в бытовых холодильниках

Для обеспечения нормального режима хранения продуктов температура в холодильной камере должна быть в пределах 0 — 5 °С, а в низкотемпературном отделении — в пределах от —12 до —18 °С. Температура в камере изменяется вследствие теплопритоков через стенки, уплотнители, при открывании двери, внесении в камеру теплых продуктов и др.

Для поддержания постоянной температуры сохраняемых продуктов необходимо изменять холодопроизводительность агрегата. Как правило, холодильный агрегат рассчитывают на максимальную холодопроизводительность в граничных условиях применения. При упрощении условий, уменьшении температуры окружающей среды холодопроизводительность агрегата уменьшают. Изменять холодопроизводительность можно путем изменения производительности компрессора или испарителя. Теплоту, отводимую испарителем, можно регулировать, изменяя коэффициент теплопередачи испарителя или площадь его поверхности. Этого можно добиться, например, уменьшением количества заполняющего испаритель холодильного агента или отключением части испарителя терморегулирующим вентилем. В этом случае температура кипения в испарителе снизится. Работа же компрессора при низкой температуре менее экономична. В связи с этим в бытовых холодильниках температуру регулируют путем изменения производительности компрессора. Осуществление плавного регулирования холодопроизводительности компрессора. Осуществление плавного регулирования холодопроизводительности компрессора и повышению стоимости агрегата. Поэтому используют дискретный способ — пуском и остановкой компрессора.

Применяют прямой и косвенной методы регулирования температуры. При прямом методе измеряют температуру охлаждаемого объекта, а при косвенном — температуру на испарителе. При косвенном методе дифференциал регулятора температуры (разность между температурами включения и выключения) может быть больше, чем при прямом методе, а сам регулятор проще и дешевле. Кроме того, при регулировании температуры по испарителю легко обеспечить автоматическое оттаивание испарителя во время останова компрессора.

Этими причинами объясняется то, что в бытовых холодильниках в основном температуру регулируют изменением температуры на испарителе, осуществляемым путем пуска и остановки компрессора. В качестве датчика используют манометрические, биметаллические или электронные устройства. Наибольшее распространение получили манометрические реле температуры.

В отечественных холодильниках применяют датчики-реле для однокамерных холодильников (ДРТ-2, ДРТ-2А, Т110), двухкамерных холодильников (Т130) и морозильников (Т144).

### 1.7. Параметрический ряд компрессионных холодильников

В новом параметрическом ряду холодильников (ГОСТ 26678—85) решены вопросы повышения технического уровня, технологичности, ремонтпригодности и эргономики. Параметрический ряд включает 18 типов-размеров холодильников и морозильников: шесть однокамерных — КС-140, КШ-180, КШ-220, КШ-240, КШ-260 и КШ-280; четыре двухкамерных — КШД-270/80; КШД-300/60, КШД-300/80 и КШД-350/80; два трехкамерных — КШТ-300/60 и КШТ-350/80; три комбинированных — КШМХ-350/120, КШМХ-420/120 и КШМХ-420/160; три модели морозильников — МС-120, МШ-160 и МШ-200.

Основные параметры холодильников и морозильников приведены в табл. 1.13.

В качестве хладагента в холодильниках параметрического ряда применяют хладон R-12 или хладон R-701. В некоторых моделях могут быть установлены универсальные агрегаты, работающие как на хладоне R-12, так и на хладоне R-701. Как было сказано, энергопотребление холодильников с хладоном R-701 в 1,3—1,4 раза меньше энергопотребления холодильников с хладоном R-12.

Как видно, дискретность ряда однокамерных холодильников практически составляет 20 дм<sup>3</sup>, что не является оптимальным. Более целесообразна с точки зрения потребителя и системы рационального питания дискретность 40—50 дм<sup>3</sup>. Выбор объемного модуля 20 дм<sup>3</sup> для однокамерных моделей компрессионных холодильников ряда объясняется технологическими возможностями серийных заводов, оборудование которых, как правило, не приспособлено к переналадке в широких пределах, а реконструкция связана с большими капиталовложениями и остановкой производства на время реконструкции.

Необходимо отметить тот факт, что мощности серийных заводов используют на 90—95 % и переход на существенно новую модель должен осуществляться в условиях действующего производства, что крайне сложно. Поэтому предприятия, исходя из экономических соображений, стараются перейти на такую «новую» модель, которая была бы максимально унифицирована с предыдущей. Так рождаются «близнецы-братья», отличающиеся один от другого, например, только высотой в 50 мм, что составляет 20 дм<sup>3</sup> внутреннего объема, или наличием какого-либо нового элемента комфортности, а принципиального повышения функциональных или потребительских свойств нет.

### 1.13. Техническая характеристика холодильников и морозильников

Показатель	КС-140	КШ-180	КШ-220	КШ-240	КШ-260	КШ-280	КШД-270/80
Общий объем, дм <sup>3</sup>	140	180	220	240	260	280	270
Объем НТО или морозильной камеры, дм <sup>3</sup>	20	20; 30	30; 40	30; 40	30; 40	30; 40	80
Температура хранения замороженных продуктов, °С	-12	-12; -18	-12; -18	-12; -18	-12; -18	-18	-18
Высота, мм	850	1050	1200	1300	1400	1450	1450
Удельный суточный расход электроэнергии при температуре окружающей среды 25 °С, Вт·ч/дм <sup>3</sup>	6,2	5,3; 6,3	4,7; 5,7	4,6; 5,2	4,3; 4,9	4,7	4,6
Мощность замораживания, кг/сут	—	—	—	—	—	—	4
Удельная масса, кг/дм <sup>3</sup>	0,32	0,28	0,26	0,24	0,23	0,21	0,26

Анализируя внутренние объемы ряда, видим несоответствие рекомендаций по выбору рационального объема для обеспечения хранения необходимых продуктов выбранным для моделей холодильников параметрам объема. Прежде всего максимальный объем ограничен 420 дм<sup>3</sup>, в то время как по рекомендациям он должен составлять 600 дм<sup>3</sup>. Дело в том, что при проектировании параметрического ряда необходимо было учитывать функционально-пространственную организацию жилой среды, как существующих, так и перспективных типовых проектов квартир массового градостроительства.

В соответствии с действующими строительными нормами и правилами (СНиП) в каждой квартире предусмотрена определенная площадь с заданными длиной и шириной для установки стационарных элементов мебели или оборудования, такого как холодильник, стиральная машина, посудомоечная машина и др. Дополнением к СНиП для холодильников в помещении кухни выделена установочная площадь размером 600 × 600 мм.

По эргономическим требованиям к оборудованию кухни высота шкафа холодильника не должна превышать высоты кухонного комплексного оборудования 2100 мм. Таким образом, однозначно определен максимальный объем холодильника — 420 дм<sup>3</sup>.

Это не означает, что не будет проводиться проектирование и не будут выпускаться холодильники повышенных объемов. Так, сейчас ведется разработка высококомфортных холодильников на 500—700 дм<sup>3</sup> класса «люкс». Но они предназначены для установки в крупногабаритных квартирах или домах индивидуального строительства. Выпуск таких моделей намечается ограниченными партиями.

Размеры в плане всех холодильников едины. Выпускаемые в настоящее время холодильники своим разнообразием размеров как бы отражают исторически сложившиеся обстоятельства при их создании и связанное



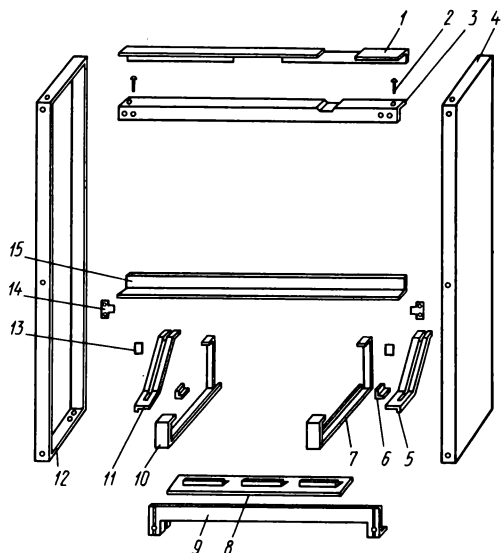
КШД-300/80	КШД-300/80	КШД-350/80	КШТ-300/60	КШТ-350/80	КШМХ-350/120	КШМХ-420/120	КШМХ-420/160	МКС-120	МКШ-160	МКШ-200
300 60	300 80	350 80	300 60	350 80	350 120	420 120	420 160	120 120	160 160	200 200
— 18	— 18	— 18	— 18	— 18	— 18	— 18	— 18	— 18	— 18	— 18
1600 4,5	1600 4,4	1750 4,3	1600 4,2	1750 4,1	1750 4,3	2100 4,3	2100 4,3	850 11,2	1050 10,3	1300 9,5
3 0,25	4 0,25	4 0,22	3 0,28	4 0,25	10 0,24	10 0,24	14 0,24	10 0,38	14 0,33	18 0,29

с этим отсутствие унификации. Единая установочная площадь  $600 \times 600$  мм, принятая для всех моделей параметрического ряда, позволила достичь 100 %-ной унификации агрегатов внутри одной группы, а между группами унифицированы испарители холодильных камер, конденсаторы, полки и др.

Размер установочной площади соответствует ISO 3055—1974 (Е) «Оборудование кухонь. Модульные размеры», нормали НП 1.1—75 «Помещения квартирных жилых домов для городского строительства», а также стандартам европейских стран, регламентирующих комплексное оборудование кухни. Например, в стандарте ФРГ DIN 68901 по мебели и бытовым приборам для кухонного комплекса записано: «За единицу измерения длины элементов кухонного оборудования принят модуль М-100 мм. Оптимальной является длина 6М при глубине напольных элементов 6М». Аналогичный модуль для кухонного оборудования утвержден также и французскими нормами NF 66-201.

Статистический анализ за несколько лет ширины моделей холодильников, поступающих на рынок Западной Европы, показал, что ширина более ранних моделей изменялась в относительно широком диапазоне от 400 до 600 мм. Современные модели, ориентированные на массовое потребление, изготавливают с учетом модуля 6М —  $600 \times 600$  мм, что дает возможность комплектовать ими любые кухонные комплексы западно-европейских фирм. Поэтому ГОСТ 26678—85 узаконена унифицированная конструкция холодильников и морозильников с размерами в плане  $600 \times 600$  мм, что существенно повышает конкурентоспособность отечественных моделей и уровень унификации.

Параметрический ряд холодильников состоит из моделей типа «шкаф» и одного холодильника типа «стол» (КС-140). Боковые стенки представляют собой панели, заполненные ППУ, а задняя стенка и дно выполнены из фольгированного картона. Панели боковых стенок соединены



**Рис. 1.16. Элементы конструкции наружного шкафа холодильника:**

1, 1,5 — уголки; 2 — винт; 3 — усилитель; 4 — панель; 5 — левая пластина; 6, 13 — упоры; 7 — стойка; 8 — пластина; 9 — передняя планка; 10 — правая стойка; 11 — правая пластина; 12 — правая панель; 14 — пластина петли

уголками и усилительными планками, дно закреплено на стойках и упорах (рис. 1.16). Внутренний шкаф разделен перегородкой на холодильное и морозильное отделения (рис. 1.17).

Верхняя плоскость шкафа выполнена по типу сервировочной поверхности. Наружные боковые

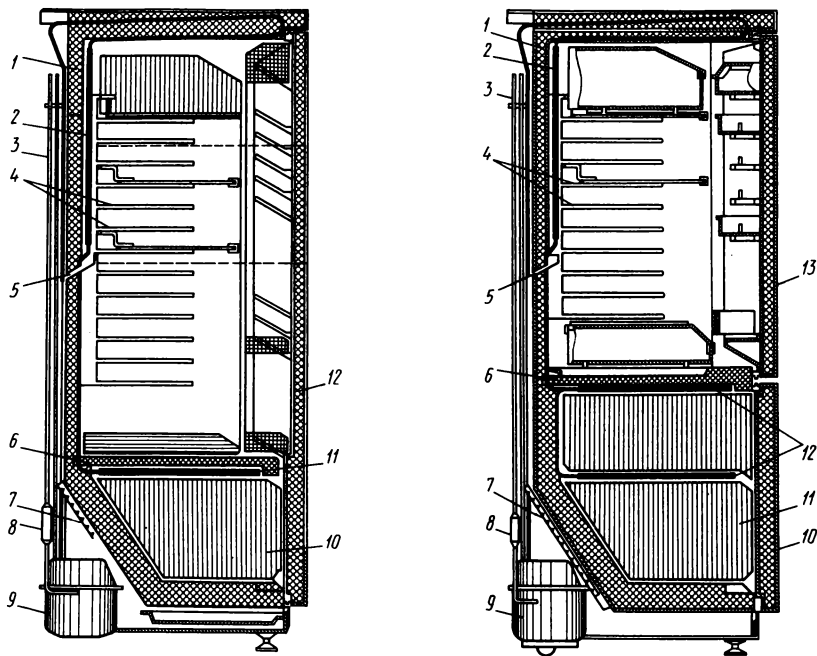
поверхности холодильного агрегата закрыты декоративными элементами. Задний упор сервировочной поверхности съемный и выполнен из мегалла. Пульт управления с размещенными на панели лампой и выключателем освещения установлен в верхней наружной части шкафа над дверью. На задней стенке шкафа установлен терморегулятор так, чтобы сильфонную трубку можно было крепить к испарителю-теплообменнику. Оттаивание испарителя-теплообменника осуществляется автоматически в цикле. Талая вода по трубке поступает в емкость, расположенную над компрессором, где испаряется.

В конструкции холодильника предусмотрены следующие элементы комфортности: перенавеска двери для лево- и правостороннего открывания, устройство ограждения угла открывания и устройство закрывания, если угол открывания двери не превышает  $10^\circ$ ; автоматическое оттаивание испарителя с отводкой талой воды, перестановка полок по высоте в шкафу и на панели двери. В некоторых холодильниках имеются ролики для его перемещения.

Для уменьшения теплопритоков в морозильную камеру корзина закрыта специальной панелью. Корзина снабжена роликами и ограничителем, который позволяет удерживать корзину при выдвигании на  $3/4$  ее глубины.

Холодильники типа КШД отличаются от холодильников типа КШ наличием отдельной двери в морозильной камере (рис. 1.18).

Время повышения температуры при отключении электроэнергии в морозильных камерах двух- и трехкамерных холодильников, комбинированных холодильников-морозильников и в морозильниках от температуры хранения замороженных продуктов до  $-9^\circ\text{C}$  при температуре окружающей среды  $25^\circ\text{C}$  для холодильников типа КШД и КШТ не



**Рис. 1.17. Схема однокамерного холодильника КШ-300:**

1 — теплоизоляция; 2 — испаритель холодильного отделения; 3 — конденсатор; 4 — полка; 5 — отверстие для слива талой воды; 6 — перегородка; 7 — емкость для талой воды; 8 — фильтр-осушитель; 9 — компрессор; 10 — НТО; 11 — испаритель низкотемпературного отделения; 12 — дверь

**Рис. 1.18. Схема двухкамерного холодильника КШД-280:**

1 — пенополиуретановая теплоизоляция; 2 — испаритель холодильного отделения; 3 — конденсатор; 4 — полки; 5 — отверстие для слива талой воды; 6 — перегородка; 7 — емкость для талой воды; 8 — фильтр-осушитель; 9 — мотор-компрессор; 10 — дверь НТО; 11 — НТО; 12 — испаритель НТО; 13 — дверь

превышает 5 ч, для холодильников типа КШМХ и морозильников типов МКС и МКШ — 7 ч.

Конструкция узлов и деталей, с которыми взаимодействует пользователь, обеспечивает безопасные и безвредные условия эксплуатации. Оборудование холодильной камеры, НТО и внутренней панели двери приспособлено для удобного размещения продуктов в разнообразной таре и упаковке.

Цветовое решение корпусов холодильников и морозильников параметрического ряда осуществляется в трех вариантах: наружный шкаф и дверь тонированы и имеют одинаковый цвет (красный, голубой, салатовый); наружный шкаф белого цвета, дверь тонированная (имитация ценных пород дерева); наружный шкаф и дверь белого цвета.

Холодильники высотой более 1300 мм имеют насыщенные тона при декорировании наружных шкафов. Цветовое решение интерьера холо-

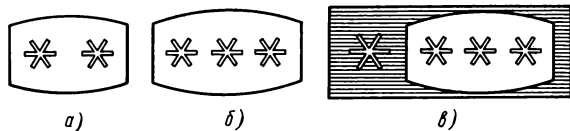


Рис. 1.19. Маркировка холодильников

дильника имеет одно из исполнений: внутренний шкаф — белый, панель двери — тонированная, элементы оборудования в тоне панели двери; внутренний шкаф и панель двери — белые, элементы оборудования насыщенных тонов; внутренний шкаф, панель двери и элементы оборудования — белые.

Коэффициент рабочего времени холодильников и морозильников в режиме «хранение» при температуре окружающей среды 32 °С должен быть не более 0,75, а при температуре 25 °С — не более 0,5.

На передней плоскости холодильника и низкотемпературного отделения (НТО) наносится следующая маркировка: две звездочки, заключенные в рамку с закругленными сторонами, при температуре — 12 °С (рис. 1.19, а); три звездочки, заключенные в рамку с закругленными сторонами, при температуре — 18 °С (рис. 1.19, б); четыре звездочки (одна большая и три меньшего размера), заключенные в рамку прямоугольной формы, для морозильной камеры при обеспечении требований по замораживанию (рис. 1.19, в).

Холодильники параметрического ряда по комплексу комфортности и предельно достигнутым параметрам являются холодильниками II поколения.

В настоящее время отечественные специалисты работают над созданием III поколения холодильников, которые будут иметь следующие отличительные признаки.

1. Расширение функциональных возможностей. Если модели ряда имеют две степени свободы (холодильное и морозильное отделения), то модели III поколения будут построены на основе 5—7 степеней свободы (холодильники, морозильники, СВЧ-размораживатели, сублиматоры, универсальная камера, камера для хранения продуктов в газовых средах и др.).

2. Если в холодильной камере срок хранения продуктов 1—2 недели, в морозильниках — до одного года, то сублимированные продукты можно будет хранить несколько лет, а камера с газовой средой позволит хранить в охлажденном состоянии даже такие нежные продукты, как ягоды клубники, малины, вишню, персики около 3—4 месяцев. СВЧ-размораживатель позволит обеспечить оптимальный режим размораживания.

Объем холодильника составит уже 400—700 дм<sup>3</sup>.

3. Значительно понизится температура замораживания (от — 30 до — 35 °С), увеличится стабильность поддержания температуры благодаря электронным устройствам регулирования, увеличится число элементов комфортности: цифровая индикация температуры, звуковая аварийная сигнализация и др.

Холодильники III поколения планируются к освоению с 1990 г.

## 1.8. Ремонт бытовых компрессионных холодильников

Методам нахождения неисправностей в бытовых холодильниках и способам их устранения посвящено большое число публикаций, среди которых следует отметить работы А. Д. Лепаева [29] и И. Н. Кругляка. Поэтому, а также в связи с небольшим объемом настоящей книги, ограничимся только описанием возможных неисправностей, которые могут быть обнаружены без специальной диагностической аппаратуры.

При ремонте холодильников во избежание пожара и поражения электрическим током следует обратить внимание на соблюдение правил техники безопасности. Проверять электрооборудование и проводить ремонт электропроводки можно только инструментом, прошедшим контроль на пробой электроизоляции. Измерительные концы проводов измерительных приборов должны быть надежно изолированы.

При попадании фреона на кожу тела пораженные места погружают в теплую воду, сушат, а затем смазывают мазью Вишневского или несоленным жиром. При попадании фреона в глаза необходимо быстро промыть их холодной водой и немедленно обратиться к врачу.

Самый хороший способ устранения неисправностей холодильника, а точнее, избежания неисправностей, его правильная эксплуатация.

При установке холодильника необходимо удалить транспортировочные болты, а для перемещения его в другое место эксплуатации транспортировочные болты следует вновь установить. Транспортировать компрессионные холодильники допускается только в вертикальном положении. В противном случае возможен выход из строя компрессора.

Холодильник (особенно абсорбционный) должен быть выставлен строго вертикально. Дверь холодильника должна быть хорошо отрегулирована. Холодильник нельзя устанавливать близко к отопительным приборам, окнам, выходящим на солнце, и близко к стене. Особо следует обратить внимание на зазоры со стороны задней стенки.

Напряжение сети не должно отклоняться более чем на (+15) — (—10) % от номинального значения вследствие возможного выхода из строя двигателя компрессора. Нельзя устанавливать ручку регулятора в положение, при котором агрегат работает непрерывно. Это происходит при температуре окружающей среды выше 32 °С и желании потребителя получить «максимальный холод» в камере.

Не рекомендуется в холодильник устанавливать горячие продукты и жидкие продукты в открытой посуде во избежание нарастания инея на испаритель. Чистить «снеговую шубу», а также отрывать примерзшие к испарителю продукты острыми предметами не допускается из-за возможного повреждения испарителя.

В домашних условиях определять неисправности можно только путем определения температуры отдельных частей агрегата и измерения напряжения на элементах электрооборудования. Компрессор при работе может нагреваться до 100 °С. Поэтому проверять его на ощупь следует осторожно. Наиболее высокая температура у нагнетательной трубки. По мере

### 1.14. Возможные неисправности компрессионных холодильников и способы их устранения

Неисправность	Возможная причина	Способ устранения
Повышенный шум, дребезжание	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Неустойчивое положение холодильника</li> <li>2. Нарушено крепление конденсатора или конфигурация трубопроводов</li> <li>3. Дребезжание электроарматуры</li> <li>4. Не сняты транспортировочные болты</li> <li>5. Неисправен компрессор</li> </ol>	<p>Отрегулировать положение опорными ножками Конденсатор закрепить. Трубопроводы слегка отогнуть в нужном направлении</p> <p>Закрепить электроарматуру</p> <p>Снять болты</p>
Не работает компрессор, нет внутреннего освещения	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Нет напряжения в розетке</li> <li>2. Нет контакта в вилке</li> <li>3. Нарушена электропроводка</li> </ol>	<p>Проверить тестером наличие напряжения сети</p> <p>Разобрать вилку и устранить повреждение</p> <p>Проверить визуально и устранить обрыв</p>
Компрессор не работает, освещение камеры имеется, слышно гудение компрессора	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Низкое напряжение сети</li> <li>2. Неисправно пусковое реле</li> <li>3. Нарушена электропроводка, идущая к защитному реле</li> <li>4. Неисправен компрессор</li> </ol>	<p>Проверить тестером, установить автотрансформатор</p> <p>Заменить реле</p> <p>Проверить визуально или тестером и устранить обрыв</p>
То же, но гудения компрессора не слышно	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Неисправен терморегулятор</li> <li>2. Неисправно защитное реле или электропроводка</li> <li>3. Неисправен компрессор</li> </ol>	<p>Заменить компрессор (в мастерской)</p> <p>Отсутствие щелчка терморегулятора при вращении ручки говорит о его неисправности. Снять провода с клемм терморегулятора и замкнуть их. Включить холодильник в сеть. Если холодильник заработает, заменить терморегулятор</p> <p>Заменить реле, устранить обрыв цепи</p>
Охлаждения нет, компрессор работает	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Утечка хладона из агрегата</li> <li>2. Замерзла влага в капиллярной трубке</li> <li>3. Засорился фильтр</li> </ol>	<p>Проверить целостность обмоток измерительным прибором. При целых обмотках сделать трехкратную (кратковременным включением) попытку пустить двигатель повышенным напряжением</p> <p>Место утечки обнаруживается по масляным пятнам. Паять в мастерской</p> <p>Подогреть конец капиллярной трубки у входа в патрубком испарителя</p> <p>Заменить агрегат</p>

Неисправность	Возможная причина	Способ устранения
Нет освещения в камере	1. Перегорела лампа 2. Неисправен выключатель	Заменить лампу Заменить выключатель
Компрессор работает непрерывно	1. Высокая окружающая температура (свыше 32 °С) 2. Недостаточное охлаждение трубки терморегулятора 3. Неисправен терморегулятор 4. Утечка хладона 5. Засорилась или замерзла капиллярная трубка	Установить регулятор температуры в положение, близкое к положению «включено». Обдуть вентилятором конденсатор Прикрепить надежно конец трубки к испарителю Проверить терморегулятор. При необходимости заменить испарителя — утечка хладона (ремонт в мастерской) Прогреть капиллярную трубку в месте входа в испаритель. При отсутствии результата — заменить агрегат
Замыкание на корпус	1. Нарушена электроизоляция 2. Пробой на корпус мотор-компрессора	Проверить мегомметром сопротивление электропроводки (контактных штырей вилки — корпус), которое должно быть более 10 МОм Проверить сопротивление, контакты мотор-компрессора, корпус агрегата. В качестве корпуса можно использовать испаритель. Сопротивление должно быть более 10 МОм. При понижении сопротивления изоляции заменить агрегат

удаления от компрессора температура трубки уменьшается. Температура конденсатора при работе компрессора всегда превышает температуру окружающего воздуха. Фильтр-осушитель имеет температуру, близкую к температуре последнего витка конденсатора. Следует отметить, что в холодильниках, работающих на фреоне R-701, большая разность температуры витков конденсатора: верхняя часть витков более теплая, чем нижняя.

Следует предостеречь потребителя от неправильных выводов при измерении температуры внутри холодильных камер термометрами (особенно спиртовыми, обладающими малой инерционностью). Наиболее точны измерения термопарами или полупроводниковыми приборами.

Возможные неисправности холодильников приведены в табл. 1.14.

## 1.9. Абсорбционные холодильники

### 1.9.1. Принцип работы абсорбционных холодильных машин

В зависимости от вида затрачиваемой энергии холодильные машины можно разделить на работающие с затратой механической энергии (компрессионные) и работающие с затратой теплоты (абсорбционные, парожетторные). В абсорбционных холодильных машинах в качестве рабочего тела применяют также смеси различных компонентов, резко различающиеся температурой нормального кипения. Легкокипящий компонент, кипящий при более низкой температуре, является холодильным агентом. Второй компонент, предназначенный для поглощения (абсорбции) холодильного агента, называют абсорбентом. В качестве холодильного агента можно применять аммиак, дихлорметан, фреоны, метанол и др. В качестве абсорбентов применяют воду, серную кислоту, диметилэфиртетраэтиленгликоль и др. [43].

Рассмотрим принцип действия абсорбционной холодильной установки (рис. 1.20).

В ректификационную колонку 4 подводится из абсорбера 1 крепкий раствор, представляющий собой смесь рабочего агента и абсорбента. В генераторе 3 крепкий раствор нагревается до кипения. Из него выпаривается пар вместе с легкокипящим компонентом (аммиаком) и также проходит через ректификационную колонку 4, но в направлении, встречном крепкому раствору, идущему от абсорбера 1. В результате теплообмена между крепким раствором и противоточно движущимся паром концентрация легкокипящего компонента в паре повышается, а в крепком растворе снижается. Кроме того, пар передает теплоту раствору и охлаждается, а крепкий раствор нагревается. Из ректификационной колонки пар поступает в дефлегматор 5, где дополнительно охлаждается.

При отводе теплоты от пара из него выпадает жидкость (флегма) с низкой концентрацией аммиака, которая поступает обратно в генератор. Температура пара в дефлегматоре незначительно отличается от температуры конденсации чистого вещества при данном давлении.

Генератор, ректификационная колонка и дефлегматор обычно komponуют вместе так, чтобы обеспечить естественное движение пара вверх, а флегмы и крепкого раствора — вниз. После дефлегматора пар поступает в конденсатор 6, в котором от пара отводится тепло и происходит его конденсация. Конденсат холодильного агента (аммиака) после конденсатора проходит через дроссельный клапан 7, где снижается давление хладагента, он частично вскипает и в результате снижается его температура.

Образовавшаяся парожидкостная смесь направляется в испаритель 8 холодильной камеры 9. В испарителе аммиак кипит, отнимая тепло от холодильной камеры. Образовавшийся пар отводится в абсорбер, где поглощается абсорбентом. Поглощение паров аммиака «бедным» раствором сопровождается повышением его температуры и снижением поглощательной способности. Чтобы не снижалась поглощательная способность



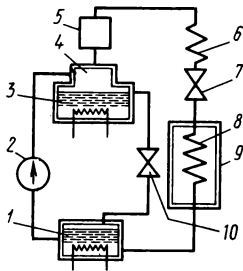


Рис. 1.20. Принцип действия абсорбционной холодильной машины

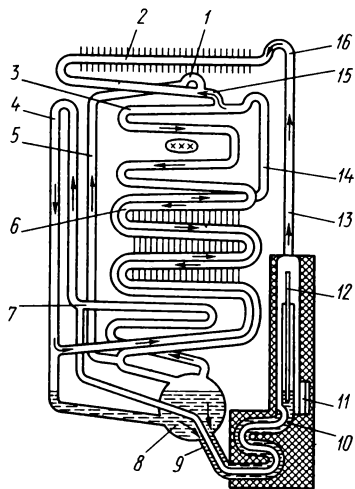


Рис. 1.21. Схема абсорбционно-диффузионного холодильного агрегата

раствора, в абсорбер постоянно добавляется абсорбент из генератора через дроссель 10. Образовавшийся в абсорбере концентрированный раствор насосом 2 подается в ректификационную колонку. И далее процесс повторяется.

Как видно, в абсорбционной холодильной машине применен насос для перекачки раствора из абсорбера в генератор. Можно исключить насос из системы, вводя в контур кроме хладагента и абсорбента дополнительно легкий газ, например водород. При этом абсорбционная холодильная машина не будет иметь движущихся механических элементов, будет бесшумна, высоконадежна, проста в изготовлении и эксплуатации. Такие установки применяют в бытовых холодильниках.

В качестве хладагента применяют аммиак, в качестве абсорбента — воду, а диффузионной средой служит водород.

Охлаждение конденсатора, абсорбера и дефлегматора — естественное благодаря развитой поверхности этих элементов. В течение процесса во всех точках аппарата устанавливается одинаковое полное давление  $p \approx 1,4 \div 1,6$  МПа. Однако парциальные давления аммиака  $p_a$  и водорода  $p_b$  различны в определенных частях аппарата. Разность парциальных давлений ( $p_a - p_b$ ) в установке используют как основную движущую силу циркуляции рабочей смеси. Схема абсорбционно-диффузионного холодильного агрегата, применяемого в бытовых холодильниках, представлена на рис. 1.21.

Агрегат работает следующим образом. Крепкий водоаммиачный раствор, находящийся в ресивере абсорбера 8, поступает по наружной трубе теплообменника 9 в генератор 10, где нагревается до кипения нагревателем 11. Водоаммиачный пар из термосифона 12 попадает в трубку ректификатора 13, а обедненный водоаммиачный раствор из термосифона 12 самотеком по внутренней трубе теплообменника 9 попадает в абсорбер 7. Водоаммиачный пар в ректификаторе 13 разделяется на воду и аммиачный пар.

В дефлегматоре 16 происходит дальнейшее отделение воды в виде флегмы (крепкий раствор аммиака). Пары воды вместе с флегмой стекают в генератор, а из него в верхнюю часть абсорбера 7. Образовавшийся аммиачный пар поступает в конденсатор 2, конденсируется и через переохладитель 15 стекает в испаритель 3 низкотемпературной камеры. На вход испарителя 3 также поступает водород из абсорбера (цепь движения водорода рассмотрим ниже).

В испарителе смесь паров аммиака и водорода находится под общим давлением 1,4—1,6 МПа. Парциальное давление аммиака в этой смеси составляет 0,3—0,4 МПа. В результате резкого падения давления аммиак в испарителе закипает (эффект, эквивалентный дросселированию) и происходит охлаждение низкотемпературной, а затем и высокотемпературной камеры. В испарителе пар аммиака диффундирует в пароводородную смесь и опускается в ресивер 8. Туда же поступает не испарившаяся часть жидкого аммиака. Образовавшаяся богатая аммиачно-водородная газовая смесь поступает в абсорбер 7, где происходит ее разделение на водород (парогазовая смесь) и аммиачный раствор. Аммиачный раствор стекает в ресивер, встречая на своем пути новую порцию богатой аммиачно-водородной газовой смеси, из которой аммиачный раствор абсорбирует аммиак, превращаясь в крепкий раствор.

Пароводородная смесь (почти чистый водород) поднимается из ресивера в воздушный охладитель 4 и регенеративный теплообменник 6 и через трубку теплообменника 14 попадает на вход испарителя 3. Чтобы водород не попадал в конденсатор 2, устроена ловушка 1, отводящая водородную парогазовую смесь из переохладителя 15 по трубе 5 в ресивер 8.

Одним из основных недостатков абсорбционных холодильников является их большое энергопотребление. Если компрессионный двухкамерный холодильник объемом  $223 \text{ дм}^3$  с НТО  $28 \text{ дм}^3$  потребляет  $2,0 \text{ кВт} \cdot \text{ч/сут}$ , то абсорбционный холодильник общим объемом  $213 \text{ дм}^3$  с НТО  $32 \text{ дм}^3$  потребляет  $4,5 \text{ кВт} \cdot \text{ч/сутки}$ .

По данным [45], компрессионные холодильники с четырьмя маркированными звездочками в среднем потребляют на 27,5 % меньше электроэнергии, чем абсорбционные. На выставке в Кельне в 1980 г. среднее значение потребляемой электроэнергии компрессионными холодильниками с режимом замораживания при температуре  $-18^\circ\text{C}$  составляло  $0,6 \text{ кВт} \cdot \text{ч/сут}$  на  $100 \text{ дм}^3$  объема, а абсорбционными —  $0,83 \text{ кВт} \cdot \text{ч/сут}$ .

Энергетическая эффективность абсорбционно-диффузионных холодильников может быть повышена при использовании для подогрева не электричества, а других видов тепла: газа, жидкого топлива. Поэтому в параметрическом ряду предусмотрено создание абсорбционных холодильников, работающих от газа.

В работе [45] подсчитано, что при использовании газа эквивалентный первичный расход энергии абсорбционного холодильника составит  $2,63 \text{ кВт} \cdot \text{ч/сут}$  на  $100 \text{ дм}^3$  объема, а компрессионного —  $4,5 \text{ кВт} \cdot \text{ч/сут}$ . Отсюда видно, что компрессионный холодильник первичной энергии потребляет на 70 % больше (при условии, что электроэнергия вырабатывается на тепловых электростанциях).

Поэтому есть основание считать, что абсорбционные холодильники имеют перспективу.

Одним из важных преимуществ абсорбционных холодильников является возможность создания холодильника, работающего от различных источников энергии: постоянного и переменного электрического тока, газа, жидкого топлива.

Для работы от газа или жидкого топлива необходимы безопасные горелочные устройства. Рассмотрим один из вариантов газогорелочного устройства (рис. 1.22). Устройство состоит из газовой горелки 2, регулятора 1 давления, отсекателя 4, пускового клапана 7. Газ поступает в горелку через пусковой клапан 7 и регулятор 1 давления. Регулятор давления стабилизирует давление газа перед горелкой в пределах 150—500 Па. Изменение давления производится перемещением рычага 5, выведенного на переднюю панель холодильника. Отсекатель 4 газа предназначен для прекращения прохода газа в горелку, если пламя погасло. В этом случае биметаллическая пластина 3 приведет в действие трубку отсекателя 4 и перекроется вход пускового клапана. С помощью рычага 6 можно принудительно открыть клапан 7 и зажечь горелку.

В последнее время появился ряд технических решений по сокращению энергопотребления абсорбционными холодильниками. Эти решения воплощены в новый параметрический ряд холодильников. Одно из них — более эффективное использование теплоты ректификации. Это техническое решение реализовано в холодильнике параметрического ряда «Кристалл 9М» — АШД-200. Конструктивной особенностью схемы является наличие трехпоточного парожидкостного теплообменника в узле генератора, что позволяет использовать теплоту дефлегмации пара. Узел генератора теплоизолирован плитами из базальтового картона толщиной 20 мм, а затем пенополиуретановой теплоизоляцией. В холодильнике увеличена высота испарителя с 48 до 60 мм, изменена конструкция задней стенки, панели двери. Конструкция холодильного агрегата представлена на рис. 1.23 [44].

Крепкий водоаммиачный раствор из сборника 6 поступает в узел генератора 7, где подогревается в термосифонной трубке электронагревателем 8. Образующаяся при кипении парожидкостная смесь поступает

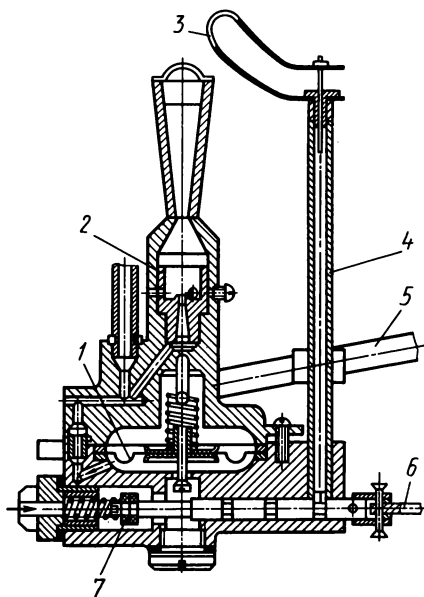


Рис. 1.22. Газогорелочное устройство холодильника

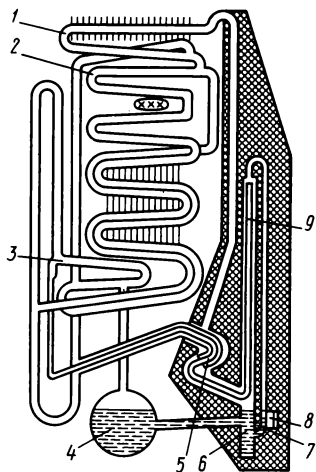


Рис. 1.23. Схема усовершенствованного абсорбционного холодильника.

в вертикальный канал 9, где происходит ее разделение: слабый раствор спускается и, проходя через трехпоточный теплообменник 5, отдает теплоту встречному потоку крепкого раствора посредством теплопередачи через стенку, поступая затем в верхнюю часть абсорбера 3. Пар также поступает в трехпоточный теплообменник и в результате теплообмена с крепким раствором освобождается от паров воды и с высокой концентрацией направляется к конденсатору 1. Здесь пар конденсируется, образовавшийся жидкий аммиак стекает

в предохранитель, где происходит предварительное охлаждение аммиака. Далее жидкий аммиак с более низкой температурой стекает в низкотемпературный испаритель.

На вход испарителя 2 поступает бедная парогазовая смесь. Жидкий аммиак испаряется в среду водорода, при этом температура повышается по мере увеличения парциального давления аммиака. Из низкотемпературного испарителя 2 богатая парогазовая смесь опускается в парогазовый теплообменник, охлаждая встречный поток водорода, и затем поступает в абсорбер 4.

### 1.15. Техническая характеристика абсорбционных холодильников параметрического ряда

Показатель	Общий объем холодильников, дм <sup>3</sup>						
	однокамерных				двухкамерных		
	30	50	140	220	200	220	260
Температура в НТО, °С	—6	—12	—18	—18	—18	—18	—18
Расход электроэнергии, кВт·ч/сут	1,2	1,5	2,0	2,2	2,2	2,25	2,3
	1,3	1,6	2,1	2,3	2,4	2,45	2,5
Удельная масса, кг/дм <sup>3</sup>	0,47	0,40	0,34	0,27	0,30	0,29	0,26
	0,53	0,46	0,38	0,30	0,33	0,32	0,30
Количество производимого льда, кг/ч	0,016	0,016	0,016	0,036	0,036	0,36	0,36
Время приготовления льда, ч	10	10	5	5	5	5	5

Примечания: 1. Суточный расход электроэнергии — при 25 °С окружающей среды.

2. В числителе приведены значения для холодильников высшей категории, в знаменателе — для первой.

3. Средняя температура в холодильной камере 0—5 °С.

Образовавшийся в результате абсорбции крепкий раствор стекает в сборник 6, а обедненная парогазовая смесь поднимается вверх через регенеративный теплообменник в низкотемпературный испаритель.

Предложенное техническое решение, позволившее снизить удельное энергопотребление на 30 %, положено в основу параметрического ряда абсорбционных холодильников, функциональные характеристики которых приведены в табл. 1.15.

Конструкция шкафов, внутренний интерьер, эргономические и эстетические решения абсорбционных холодильников аналогичны параметрическому ряду компрессионных холодильников.

Наработка на отказ холодильников высшей категории составляет 35 тыс. ч, холодильников первой категории — 25 тыс. ч. Средний ресурс холодильников высшей категории составляет 125 тыс. ч, холодильников первой категории 120 тыс. ч. Срок службы холодильников не менее 15 лет. Средняя суммарная трудоемкость ремонта составляет 4,5 чел.·ч.

### 1.9.2. Ремонт абсорбционных холодильников

Обнаружение неисправности и ремонт холодильного агрегата абсорбционных холодильников можно производить по такой же методике, как и компрессионных холодильников. При отсутствии видимых признаков работы холодильника (нет охлаждения, не работают индикаторные и осветительные приборы) проверяют наличие напряжения в сети, наличие

### 1.16. Возможные неисправности абсорбционных холодильников и способы их устранения

Неисправность	Возможная причина	Способ устранения
Холодильник не работает, температура элементов одинаковая, осветительная лампочка горит Температура в холодильнике выше допустимой. Генератор сильно нагрет. Конденсатор и абсорбер холодные Температура в холодильнике выше допустимой. Конденсатор прогрет, ресивер холодный, ветви испарителя не обмерзают. Верхняя часть абсорбера прогрета значительно сильнее нижней Температура в холодильнике выше допустимой. Конденсатор холодный или равномерно прогрет На холодильном агрегате пятно светло-желтого цвета, чувствуется запах аммиака	1. Отсутствие контактов в цепи нагревателя 2. Перегорел нагреватель	Проверить цепь тестером и устранить разрыв Заменить нагреватель
	Неисправен термосифон холодильного агрегата	Заменить холодильный агрегат
	Перекрытие богатой парогазовой смеси	То же
	Недостаточно водорода в агрегате	Заменить холодильный агрегат
	Нарушена герметичность агрегата	Заменить агрегат. Если пятна на агрегате не видно, покрыть агрегат индикатором аммиака—фенолфталеином.

Неисправность	Способ устранения	Возможная причина
Температура в НТО двухкамерного холодильника ( $-6$ ) — ( $-8$ )°С, температура в холодильной камере нормальная	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Уменьшено сечение уравнительной трубки</li> <li>2. Нарушен тепловой контакт труб агрегата с НТО</li> <li>3. Некачественная заливка НТО теплоизоляционным материалом</li> </ol>	<p>В местах утечки аммиака появляются яркие пятна Заменить холодильный агрегат</p>
Температура в НТО и холодильной камере выше допустимой	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Перегорание одной из спиралей электронагревателя</li> <li>2. Нарушен тепловой контакт труб агрегата и камер</li> <li>3. Малое давление водорода в агрегате</li> <li>4. Утечка в агрегате</li> </ol>	<p>Заменить электронагреватель Заменить холодильный агрегат То же »</p>

контактов в электропроводке и исправность терморегулятора (см. табл. 1.14).

Выяснить причину неисправности агрегата можно путем апробирования рукой температуры отдельных его частей. При этом следует помнить, что при отдельных отказах температура генератора и рядом расположенных элементов может быть очень высокой. Поэтому касания рукой должны быть кратковременные, чтобы не вызвать ожоги. Возможные неисправности холодильного агрегата и способы их устранения приведены в табл. 1.16.

### 1.9.3. Использование солнечной энергии для получения холода

Учитывая географическое расположение нашей страны, использование солнечной энергии для получения холода является перспективным направлением [50]. Созданием таких холодильников занимаются ведущие институты нашей страны, в том числе МВТУ им. Н. Э. Баумана, институт технической теплофизики АН УССР.

Среди большого числа способов использования солнечной энергии для получения холода отметим практически реализованный гелиoadсорбционный способ. Испытание опытного образца гелиoadсорбционного холодильника объемом 120 дм<sup>3</sup>, изготовленного институтом технической теплофизики АН УССР, подтвердило возможность применения таких конструкций в южных районах нашей страны.

Холодильный агрегат (рис. 1.24) состоит из солнечного генератора 3, испарителя 9, конденсатора 11, ресивера 10 и бака 12 нагретой воды. В качестве рабочего тела применен аммиак NH<sub>3</sub>, который находится в солнечном генераторе в соединении с хлористым кальцием CaCl<sub>2</sub>, образуя октоаммикат CaCl<sub>2</sub>·8NH<sub>3</sub>.

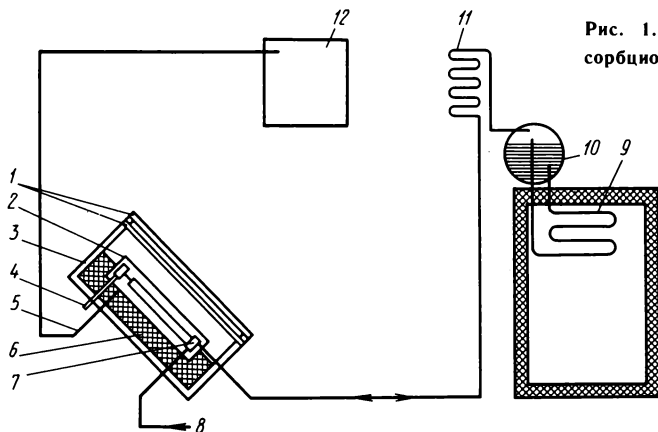


Рис. 1.24. Схема гелиоадсорбционного холодильника

Лучистая энергия Солнца нагревает систему труб солнечного генератора до температуры 95—100 °С, при этом аммиак из октоаммиаката начинает испаряться, проходит через конденсатор, охлаждается, сжимается и накапливается в ресивере. Этот процесс длится весь солнечный день. В результате процесса генерации в ресивере за солнечный день накапливается необходимый объем жидкого аммиака. При прекращении нагрева солнечный генератор остывает или охлаждается дополнительно водой, которая может быть собрана в бак 12, а затем использована. Температура воды на выходе относительно входа увеличивается на 30—40 °С. В ночное время идет процесс адсорбции за счет испарения жидкого аммиака в испарителе с выделением холода и поглощения его хлористым кальцием, находящимся в солнечном генераторе. Выделившимся холодом замораживают воду, в которую опущен испаритель. За ночное время должно накопиться такое количество льда, которое должно сохранять температуру 5—7 °С в течение всего солнечного дня, когда пойдет обратный процесс накопления жидкого аммиака в ресивере.

Для нормальной работы холодильника объемом 100—120 дм<sup>3</sup> необходимо за солнечный день (10—12 ч) испарить примерно 10 кг аммиака (13 дм<sup>3</sup> в жидком состоянии). Ресивер заполняется примерно на 30 % жидким аммиаком. В данном случае объем его составит 17 дм<sup>3</sup> (конструктивно ресивер представляет собой металлический цилиндр диаметром 200 мм и длиной 500 мм).

Солнечный генератор представляет собой систему параллельных тонкостенных труб 7, имеющих с одного конца общий коллектор, а с другого конца фланцевый разъем 4 для зарядки их аммиаком. Внутри каждой трубы имеется внутренняя перфорированная труба, обернутая сеткой из коррозионно-стойкой стали. По этой трубе пары аммиака поступают в конденсатор при нагреве труб на солнце и из конденсатора при охлаждении труб. Диаметр наружной трубы 60—70 мм, внутренней трубы 10—12 мм. Трубы генератора помещены в рубашку 2, через которую про-

текает вода для охлаждения. Холодная вода поступает по входной трубе 8, нагревается и по выходной трубе 5 собирается в баке 12.

Конструкция заключена в металлический корпус. В нижней части ящика между трубами и днищем имеется тепловая изоляция 6. Над трубной системой в верхней части корпуса имеется двойное остекление. 1. Ресивер и конденсатор расположены в верхней части холодильника (шкафа). Змеевик испарителя, выполненный из оребренных труб, погружен в бачок с водой. Объем бачка 12—15 дм<sup>3</sup> на 100 дм<sup>3</sup> внутреннего объема холодильного шкафа.

Для создания необходимых температурных режимов в холодильнике объемом 120 дм<sup>3</sup> необходима холодопроизводительность агрегата 6,3 кДж/сут. Для этого необходимо испарить 13,4 дм<sup>3</sup> аммиака, разместить в генераторе 8,5 кг хлористого кальция.

Объем трубной системы генератора

$$V = m_{ад} V_a,$$

где  $m_{ад}$  — масса адсорбента (CaCl), для холодильника объемом 120 дм<sup>3</sup>  $m_{ад} = 8,5$  кг;  $V_a$  — объем 1 кг адсорбента,  $V_a = 0,00334$  м<sup>3</sup>/кг.

Отсюда

$$V = 284 \cdot 10^{-4} \text{ м}^3.$$

Такой объем обеспечивается десятью трубами диаметром 60 мм и длиной 1 м. Поверхность лучистого восприятия всего генератора составляет 1,7 м<sup>2</sup>. Следует отметить, что давление в системе (трубы, ресивер, конденсатор, испаритель) составляет 2,3—2,4 МПа.

Остальные элементы рассчитывают по общеизвестным теплотехническим законам.

### 1.10. Методы испытаний бытовых холодильников

Холодильники и морозильники должны подвергаться приемосдаточным, периодическим, типовым испытаниям и испытаниям на надежность. Приемосдаточным испытаниям должен подвергаться каждый выпускаемый холодильник или морозильник. Периодическим испытаниям должны подвергаться не менее трех холодильников или морозильников, взятых методом случайного отбора (по ГОСТ 18321—73 \*) не реже одного раза в год. Типовые испытания проводят при изменении конструкции, технологии или материалов, если эти изменения могут повлиять на параметры изделия. Этим испытаниям подвергают не менее трех холодильников или морозильников по программе, зависящей от характера изменения конструкции, технологии изготовления или заменяемого материала. Теплоэнергетические параметры холодильников и морозильников при периодических и типовых испытаниях проверяют на холодильниках и морозильниках, полностью подготовленных для использования по назначению.

Перед началом испытания допускается регулировать закрывание двери (если регулировка двери при транспортировании нарушалась или дверь была повреждена). После начала испытания регулировать нельзя.



Для проведения испытаний холодильник или морозильник следует установить на стенде, обеспечивающем свободную циркуляцию воздуха. Стенд должен быть не менее чем на 0,3 м выше уровня пола и его размеры (за исключением задней стенки) должны превышать размеры всех стенок холодильника или морозильника на 0,3—0,6 м.

Во время испытания на холодильник или морозильник не должны воздействовать: поток воздуха со скоростью, превышающей 0,25 м/с, освещение, тепловое излучение от охлаждающих радиаторов или тепловое излучение нагревательных элементов. Чтобы обеспечить это, холодильник или морозильник следует защищать тремя экранирующими стенками, окрашенными матовой черной краской. Установленная параллельно задней стенке холодильника или морозильника экранирующая стенка должна быть расположена на расстоянии, равном расстоянию, указанному предприятием-изготовителем для установки холодильника или морозильника у стены помещения. При отсутствии специального указания это расстояние составляет 0,1 м. Две другие стенки устанавливаются параллельно боковым стенкам холодильника или морозильника на расстоянии 0,3 м. Глубина экранирующих стенок, расположенных параллельно боковым стенкам, должна составлять 0,3 м. Все три экранирующие стенки должны быть не менее чем на 0,3 м выше холодильников или морозильников. Испытания проводят в помещениях, температура в которых может поддерживаться на постоянном уровне с точностью  $\pm 10^\circ$ . Перепад температуры окружающей среды по вертикали должен быть не более 2 К/м. Температуру окружающей среды измеряют приборами, точность которых не менее  $\pm 3$  К.

Чувствительные элементы датчиков температуры (по возможности термопар) располагают на расстоянии не менее 0,3 м от геометрических центров боковых поверхностей и двери холодильника или морозильника.

Относительная влажность воздуха должна быть в пределах 45—75 %. Относительную влажность окружающего воздуха измеряют в одной из точек, где измеряют и окружающую температуру. Относительную влажность следует измерять с точностью  $\pm 3$  % и по возможности регистрировать. Отклонения напряжения и частоты тока сети от номинальных значений должны быть не более  $\pm 2$  %.

Теплоэнергетические параметры проверяют в установившемся режиме при закрытых дверях. Для этого холодильник или морозильник должен предварительно проработать в течение соответствующего времени, но не менее 18 ч. Установившееся состояние считается достигнутым, если значения температуры, измеренной в тех же фазах периодов регулирования в течение 2 ч испытаний, отличаются от конечного значения не более чем на 0,5 К.

Методы испытания холодильников изложены в ГОСТ 16317—76 \* Е.

## ГЛАВА 2 ТЕРМОЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ХОЛОДИЛЬНИКИ

### 2.1. Основы теории термоэлектрических устройств

Известно, что если создать замкнутую цепь из разнородных металлов и один из контактов нагреть (охладить), то в этой замкнутой цепи возникает электрический ток. Это явление, открытое немецким ученым Зеебеком в 1821 г., получило название эффекта Зеебека. Эффект объясняется следующим. В материалах электрическая проводимость осуществляется свободными электронами или зарядами, освобожденными от электронов, так называемыми «дырками». Материалы, где проводимость осуществляется электронами, называют материалами с  $n$ -проводимостью, а дырками — заряды с  $p$ -проводимостью.

Энергия свободных электронов и «дырок» зависит от температуры материала, причем для различных материалов эта энергия при одной и той же температуре будет различная. Если соединить два проводника с различной энергией зарядов, то заряды проводника с большей энергией будут переходить в проводник с меньшей энергией зарядов.

Естественно, вытекает возможность и обратного эффекта: при прохождении тока (зарядов) через границу двух разнородных материалов произойдет нагревание или остывание контакта. Это явление подтвердил французский физик Пельтье в 1834 г. Поглощение теплоты в месте контакта разнородных проводников объясняется также переносом электрическим током зарядов из вещества, где они имеют низкую энергию, в вещество с более высокой энергией зарядов. Перешедшие заряды повышают свою энергию за счет энергии кристаллической решетки вещества, вызывая поглощение теплоты. В противоположном контакте заряды с высокой энергией передадут свою энергию кристаллической решетке вещества, куда они перешли. В результате этого вещество нагреется.

Возможность создания холодильника на основе эффекта Пельтье была проанализирована Альтенкирхом с применением различных металлов. Им было показано, что термоэлементы из металлов непригодны для создания холодильников вследствие низкой эффективности.

Эффективность работы термоэлемента  $Z$  определяется коэффициентом  $\alpha$  термоЭДС, теплопроводностью  $\lambda$  и удельным сопротивлением  $\rho$  в следующей зависимости:

$$Z = \frac{\alpha^2}{\lambda\rho} = \frac{\alpha^2\gamma}{\lambda},$$

где  $\gamma = 1/\rho$  — удельная электрическая проводимость.

Увеличение концентрации свободных носителей в материале понижает  $\alpha$ , но приводит к повышению удельной теплопроводности  $\gamma$ , а также теплопроводности  $\lambda$  за счет повышения электронной составляющей теплопроводности. Следовательно,  $Z$  мало для материалов с низкой концентрацией свободных носителей, т. е. для изоляторов, вследствие слишком малого значения  $\gamma$ , и для металлов вследствие малого значения  $\alpha$ . Наибольшее значение  $Z$  имеют полупроводники. Именно это показал в своих трудах акад. А. Ф. Иоффе.

Для получения наибольшего эффекта в паре применяют ветви с различными видами проводимости: электронной с отрицательными значениями  $\alpha_n$  и дырочной — с положительными значениями  $\alpha_p$ . Ветви соединяют в батареи, которые выполняют в виде двух основных конструкций: блочной (рис. 2.1, а) и меандровой (рис. 2.1, б).

В блочной конструкции необходим теплопереход между спаями и основанием теплообменников, который, с одной стороны, должен обладать электроизоляционными свойствами, а с другой, — быть хорошим проводником тепла. В меандровых батареях ребра являются одновременно коммутационными элементами, что упрощает конструкцию батарей.

Термоэлектрические элементы  $p$ - и  $n$ -типов в бытовых холодильниках, как правило, применяют одного сечения для упрощения массового производства. Однако для получения наибольшего значения  $Z$  существует оптимальное отношение сечений ветвей:

$$n_0 = \frac{S_p}{S_n} = \sqrt{\frac{\lambda_n \sigma_n}{\lambda_p \sigma_p}}$$

где  $S_p$  — площадь сечения элементов  $p$ -типа;  $S_n$  — площадь сечения элементов  $n$ -типа;  $\lambda_n$  и  $\lambda_p$  — теплопроводность ветвей  $n$ - и  $p$ -типов.

При различных сечениях ветвей расчеты производят по приведенным сечениям через коэффициент приведения  $n = S_p/S_n$ .

Так, приведенная к сечению ветви  $n$ -типа теплопроводность

$$\lambda_{np} = \lambda_n + n \lambda_p.$$

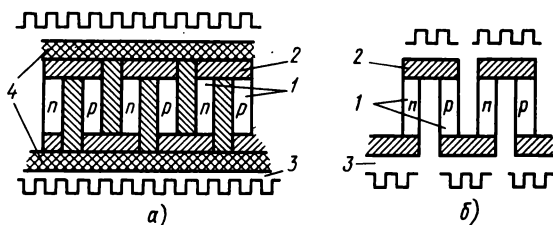
Удельная электропроводность термоэлемента, приведенная к сечению ветви  $p$ -типа,

$$\sigma_{np} = \frac{1}{1/(\sigma_p n) + 1/\sigma_n},$$

где  $\sigma_p$  и  $\sigma_n$  — удельные электропроводности ветви  $p$ - и  $n$ -типов.

**Рис. 2.1. Основные типы конструкций термобатарей:**

а — блочная; б — меандровая; 1 — ветви термоэлементов; 2 — коммутационные пластины; 3 — теплообменники; 4 — теплопереход



Суммарный коэффициент термоЭДС элемента

$$\bar{\alpha} = |\alpha_p| + |\alpha_n|.$$

Эффективность термоэлемента:

$$Z = \frac{\bar{\alpha}^2 \sigma_{np}}{\lambda_{np}} = \frac{\bar{\alpha}^2}{\lambda_3 R},$$

где  $\lambda_3$  — теплопроводность термоэлемента;  $R$  — электрическое сопротивление термоэлемента.

Теплопроводность термоэлемента

$$\lambda_3 = \frac{\lambda_{np} S_n}{l} = \frac{(\lambda_n + n \lambda_p) S_n}{l},$$

где  $l$  — длина ветви термоэлемента по направлению движения тока.

Электрическое сопротивление термоэлемента

$$R = \frac{l}{S_n \sigma_{np}} = \frac{[1/(\sigma_p n) + 1/\sigma_n] l}{S_n}.$$

Уменьшение  $Z$  от  $Z_{\max}$  из-за отклонения сечения от оптимального  $n_0$  можно подсчитать по формуле

$$\frac{(Z_{\max} - Z)}{Z_{\max}} \leq 0,25 \left( \frac{n - n_0}{n_0} \right)^2.$$

Отклонение  $\sigma$  от оптимального  $\sigma_0$  уменьшает  $Z$ , что можно оценить следующим соотношением:

$$\frac{(Z_{\max} - Z)}{Z_{\max}} \leq 0,25 \left( \frac{\sigma - \sigma_0}{\sigma_0} \right).$$

Отклонение  $\sigma_0$  на 20 % снижает  $Z$  только на 1 %. В зависимости от направления тока через термоэлемент в спае происходит выделение или поглощение теплоты:

$$Q_{\text{дж}} = \bar{\alpha} I T,$$

где  $I$  — сила тока;  $T$  — абсолютная температура спая.

Кроме этого, прохождение тока через термоэлемент вызывает появление теплоты, возникающей в результате соударения электронов

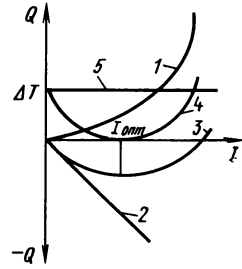
$$Q_{\text{дж}} = I^2 R = I^2 \left( \frac{l}{\sigma_p S_p} + \frac{l}{\sigma_n S_n} \right).$$

Теплота, поступающая от горячего спая к холодному в результате теплопроводности материала,

$$Q_{\tau} = \lambda_3 \Delta T = \left( \frac{\lambda_p S_p}{l} + \frac{\lambda_n S_n}{l} \right) \Delta T.$$

Рис. 2.2. Зависимость охлаждения от силы тока:

1 — теплота Джоуля; 2 — эффект Пельтье; 3 — режим максимальной холодопроизводительности ( $\Delta T=0$ ); 4 — режим максимальной разности температур; 5 — максимальная разность температур ( $\Delta T=\Delta T_{\max}$ )



Количество теплоты, поглощаемой холодным  $Q_x$  и горячим  $Q_r$  спаями для равных сечений ветвей и средних значений  $\sigma_n \lambda$  (холодопроизводительность), можно представить в виде:

$$Q_x = Q_n - \frac{Q_{дж}}{2} - Q_r = \bar{\alpha} I T_x - I^2 \frac{l}{\sigma S} - \frac{2\lambda S}{l} \Delta T;$$

$$Q_r = Q_n + \frac{Q_{дж}}{2} - Q_r = \bar{\alpha} I T_r + I^2 \frac{l}{\sigma S} - \frac{2\lambda S}{l} \Delta T = Q_x + W,$$

где  $Q_{дж}$  делится пополам между холодным и горячим спаями.

На горячем спае, как в любой холодильной машине, выделяется теплота, эквивалентная затраченной работе и полезной холодопроизводительности.

Экономичность работы термоэлектрического холодильника оценивается холодильным коэффициентом — холодопроизводительностью, получаемой на единицу затраченной мощности:

$$\varepsilon = \frac{Q_x}{W} = \frac{\bar{\alpha} I T_x - I^2 R/2 - 2\lambda S \Delta T/l}{\bar{\alpha} I \Delta T + I^2 R}.$$

Зависимость охлаждения (рис. 2.2) от силы тока (кривая 3) показывает, что при определенной силе тока  $I_{opt}$  достигается максимальная холодопроизводительность; с увеличением или уменьшением силы тока холодопроизводительность падает.

Различают три основных режима работы термоэлемента: максимальной холодопроизводительности, максимального холодильного коэффициента (максимальная экономичность) и максимального перепада температур.

С увеличением разности температур спаев начинает изменяться  $Q_r$ , которая не зависит от силы тока, а определяется только разностью температур спаев  $\Delta T$ . Кривая холодопроизводительности поднимается на величину  $\Delta T$  (рис. 2.2, линия 5). Максимальная разность температур будет тогда, когда  $Q_x$  станет равной нулю (рис. 2.2, кривая 4). В режиме максимальной разности температур [27]

$$\Delta T_{\max} = \frac{Z T_x^2}{2} = \frac{1 + \sqrt{1 + Z T_r}}{2Z};$$

в режиме максимальной экономичности [5]

$$T_x = \frac{T_r (3M + 1)}{M + 3},$$

где

$$M = \sqrt{1 + Z(T_x + T_r)/2}.$$

Методика расчета термоэлементов рассмотрена в ряде работ [5, 20, 23]. Формулы для расчета оптимальных параметров термоэлементов довольно громоздки. Поэтому многие специалисты пользуются номограммами.

Пример расчета, выполненный на основе номограмм, приведен в работе [20].

## 2.2. Конструкция термоэлектрических устройств

### 2.2.1. Технология изготовления термоэлектрического материала

Для термоэлектрического охлаждения применяют большое количество материалов, но наибольший эффект получен на сплавах с  $\text{Bi}_2\text{Se}_3$  и  $\text{Sb}_2\text{Te}_3$ .

По данным [20], лучшим материалом *n*-типа является сплав 90 мол. %  $\text{Bi}_2\text{Te}_3 + 10$  мол. %  $\text{Bi}_2\text{Se}_3 + 0,13$  вес. %  $\text{Hg}_2\text{Cl}$  с максимальной  $Z = 3,15 \cdot 10^{-3}$  1/К. Высокой эффективностью *p*-типа обладает материал 75 мол. %  $\text{Sb}_2\text{Te}_3 + 25$  мол. %  $\text{Bi}_2\text{Te}_3 + 4$  вес. %  $\text{Te} + 1$  вес. %  $\text{Se}$  с максимальной  $Z = (3,4 \div 3,5) \cdot 10^{-3}$  1/К.

В работе [5] рассмотрено большое число различных материалов для термоэлектрических устройств. Однако число материалов, применяемых на практике, значительно меньше. Некоторые из них приведены в табл. 2.1.

Термоэлектрические бытовые холодильники используют в диапазоне окружающих температур (20—30) °С, в котором максимальную эффективность имеют сплавы на основе  $\text{Bi}_2\text{Te}_3$ . Поэтому в табл. 2.1 приведены данные именно по этим материалам. Для других температур следует выбирать материалы, приведенные в работе [5].

Механические свойства сплавов  $\text{Bi}_2\text{Te}_3$  монокристаллических образцов определяются их пластинчатой структурой, из-за чего они легко расслаиваются. Поликристаллы этим недостатком не обладают, так как менее анизотропны.

Существуют в основном два способа получения термоэлектрического материала: метод прессования и метод кристаллизации из расплава.

**Метод прессования.** Термоэлектрический материал получают в результате холодного и горячего прессования. При холодном прессовании материал размалывают в шаровых мельницах, брикетируют в холодной пресс-форме, а затем спекают в вакууме или в среде инертного газа. При горячем прессовании материал спекают в разогретой пресс-форме, а затем образцы дополнительно отжигают.

Плотность образцов, полученных в результате холодного прессования, близкая к плотности монокристалла, достигается под давлением  $(5—6) \cdot 10^4$  МПа при температуре 380—400 °С.

Иногда после прессования применяют экструзию, заключающуюся в продавливании заготовки из термоэлектрического материала через

## 2.1. Свойства термоэлектрических материалов

Материал, легирующие добавки	Тип проводимости	Температура плавления, °С	Плотность, г/см <sup>3</sup>	Термоэлектрические свойства			Z, 1/К	
				при температуре °С				
				$\alpha$ , Вт/К	$\sigma$ , (Ом·см) <sup>-1</sup>	$\lambda$ , Вт/(см·К)		
Bi <sub>2</sub> Te <sub>3</sub> (85 %) + Bi <sub>2</sub> Se <sub>3</sub> (15 %)	n	—	7,5	20	170·10 <sup>-6</sup>	1000	12·10 <sup>-3</sup>	3·10 <sup>-3</sup>
Bi <sub>2</sub> Te <sub>3</sub> (75 %) + Bi <sub>2</sub> Se <sub>3</sub> (25 %), легированный CuBr, AgI	n	620	7,6	27	150·10 <sup>-6</sup>	1660	20·10 <sup>-3</sup>	1,9·10 <sup>-3</sup>
Bi <sub>2</sub> Te <sub>3</sub> (80 %) + Bi <sub>2</sub> Se <sub>3</sub> (20 %), легированный CuBr	n	620	7,6	27	125·10 <sup>-6</sup>	1800	9,1·10 <sup>-3</sup>	1,2·10 <sup>-3</sup>
Bi <sub>2</sub> Te <sub>3</sub> (80 %) + Sb <sub>2</sub> Te <sub>3</sub> (20 %)	p	—	—	20	160·10 <sup>-6</sup>	1500	14·10 <sup>-3</sup>	2,8·10 <sup>-3</sup>
Bi <sub>2</sub> Te <sub>3</sub> (20 %) + Sb <sub>2</sub> Te <sub>3</sub> (80 %), легированный Te (6 %)	p	—	—	27	174·10 <sup>-6</sup>	1540	16,4·10 <sup>-3</sup>	2,1·10 <sup>-3</sup>
Bi <sub>2</sub> Te <sub>3</sub> (30 %) + Sb <sub>2</sub> Te <sub>3</sub> (70 %), легированный J (0,1 %)	p	—	—	20	195·10 <sup>-6</sup>	1000	6·10 <sup>-3</sup>	1,5·10 <sup>-3</sup>

матрицу, получая тем самым необходимые формы и размеры при высокой производительности. Однако в экструдированном материале повышается неоднородность структуры по сечению прутка. Структура прутка на краю зависит от механического взаимодействия материала со стенками канала матрицы, дополнительного нагревания прутка в результате трения, создающего перепад температуры по сечению. В связи с этим структура поверхностного слоя отличается от структуры центральной части.

Предел прочности в экструдированных материалах выше, чем в прессованных и термообработанных. Что же касается термоэлектрической эффективности, то она ниже эффективности материала, полученного методом кристаллизации из расплава.

**Метод кристаллизации из расплава.** Этот метод заключается в том, что сначала материал синтезируют, сплавляя в вакууме порядка 0,01—0,0001 МПа исходные компоненты в ампуле (контейнере) из кварца. Создание вакуума необходимо для исключения влияния кислорода воздуха на синтезируемый материал. Общее содержание посторонних примесей не должно превышать 0,001 %.

Дальнейшая направленная кристаллизация материала осуществляется различными методами.

**Метод Бриджмена.** Ампула (контейнер) с кристаллизующимся веществом перемещается в печи из верхней области с температурой, превышающей температуру плавления вещества, в нижнюю зону, температура которой ниже температуры плавления. Перепад температуры

в печи, определяющий перепад температуры в области кристаллизации при выращивании материалов на основе  $\text{Bi}_2\text{Te}_3$ , лежит в пределах от десятков до сотен градусов.

По методу Стокбаргера печь может состоять из двух камер, разделенных экраном.

**Зонная плавка.** При горизонтальной зонной плавке вакуумированная ампула с синтезированным веществом помещается в печь, состоящую из трех кольцевых нагревателей. Расположение нагревателей и их мощность выбирают так, чтобы обеспечить равномерный нагрев ампулы до температуры около  $500^\circ\text{C}$  и создать узкую расплавленную зону. Равномерный нагрев ампулы необходим для исключения конденсации летучих компонентов. Для этого ампулу с обрабатываемым слитком передвигают вдоль зоны расплава. Основным преимуществом зонной плавки является возможность получения материала с высокой термоэлектрической эффективностью.

Технология изготовления термоэлектрического материала включает следующие этапы: приготовление и подготовка ампул, подготовка шихты, синтез материала, загрузка материала в ампулу, выращивание материала.

Ампулы изготовляют из синтетического кварца. Запайка ампул производится высокотемпературным кислородно-пропан-бутановым пламенем, резка осуществляется алмазным диском. После изготовления ампулы травят смесью соляной и азотной кислот, а промывают дистиллированной водой. Чтобы исключить растрескивание ампул при выращивании материала, внутренние их поверхности покрывают слоем графита. Графитизация ампул осуществляется в результате разложения ацетона при нагреве его до температуры  $700\text{—}800^\circ\text{C}$  без доступа воздуха.

Подготовка шихты включает дробление и составление заданных пропорций составляющих компонентов. Компоненты загружают в ампулу, откачивают воздух до остаточного давления  $0,0001\text{ МПа}$  и запаивают.

Синтез термоэлектрического материала проводят в печи при температуре  $700^\circ\text{C}$  в течение  $3\text{—}5$  ч. После синтеза материал дробят и снова загружают в ампулы для последующей перекристаллизации (выращивания). Установка для выращивания должна обеспечивать ширину расплавленной зоны  $40\text{—}50$  мм с перепадом температуры в зоне кристаллизации примерно  $100\text{ К/см}$ .

Зонная перекристаллизация осуществляется в два этапа: подготовительный (проход расплавленной зоны по слитку сверху вниз) и ростовой (движение зоны снизу вверх).

Подготовительный этап необходим для исключения растрескивания ампул вследствие теплового расширения выращиваемого материала. Подготовительный проход ведется со скоростью  $4,6\text{ см/ч}$ , ростовой проход для материала  $n$ -типа —  $2,7\text{ см/ч}$ , а для материала  $p$ -типа  $4,6\text{ см/ч}$ . Затем материалы извлекают из ампул и разрезают на электроскопоматке или алмазным диском, обеспечивая минимальный расход материала при заданных параметрах ветвей.



## 2.2.2. Способы изготовления термоэлектрических батарей

**Сборка ветвей  $n$ - и  $p$ -типов в термоэлемент.** Сборку производят в два этапа. Сначала собирают нарезанные бруски 1 (рис. 2.3) материала в блок. Затем в специальной оснастке блок заливают связывающим веществом, например эпоксидной смолой. Можно рекомендовать способ сборки через бумагу 2, пропитанную эпоксидной смолой, с последующей полимеризацией в течение 3 ч при температуре 80 °С. Затем блок разрезают по линиям 3 на таблетки, готовые для коммутации.

**Коммутация термоэлементов.** Соединение ветвей в термоэлемент производится через коммутационные пластины из материала с высокой тепло- и электропроводностью. Наиболее распространенный способ коммутации — пайка предварительно залуженных ветвей и пластин. Полупроводник покрывают припоем методом погружения с применением специальных флюсов. Иногда коммутацию производят с помощью амальгам. Амальгаму наносят на соединенные поверхности, которые затем прижимают и выдерживают несколько часов в нормальных условиях.

**Соединение термоэлементов в батарею.** Термоэлементы соединяют в батарее так, чтобы все холодные спаи были с одной стороны, а горячие — с другой. Термоэлектрические батареи можно собирать с использованием технологии напыления тонких пленок. На подложку электроизоляционного материала с высокой теплопроводностью напыляется проводящий слой нужной конфигурации. Затем производится спай известными способами. Для изготовления батарей с общим основанием и электроизоляционной прослойкой можно рекомендовать и толстопленочную технологию.

**Контроль качества термоэлектрического материала.** Методы контроля достаточно хорошо изложены в литературе. Библиография этих работ приведена в работе [5]. Отметим только, что при серийном производстве термоэлектрических холодильников применяют специальные стенды, позволяющие измерить основные параметры: сопротивление термоэлектрического модуля по силе переменного тока; максимальный перепад температур между гранями модуля при заданных силе тока, напряжении и температуре горячей грани; холодопроизводительность модуля при заданных силе тока, температурах горячей и холодных граней и тепловой нагрузке. Кроме того, перед сборкой измеряют геометрические размеры, неплоскостность и непараллельность граней модуля. В собранном холодном агрегате при заданных силе тока, поступающего через модуль, и температуре горячей стороны спаи измеряют падение напряжения на модуле (батарее) и разность температур холодной и горячей сторон спаи.

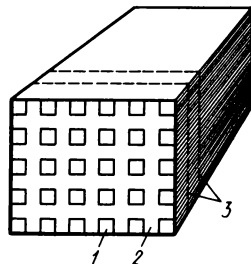


Рис. 2.3. Блок термоэлектрических брусков: 1 — бруски термоэлектрического материала; 2 — бумага, пропитанная эпоксидным клеем; 3 — линии разреза

## 2.3. Конструкции термоэлектрических холодильников

### 2.3.1. Автомобильные холодильники

Получение термоэлектрических элементов достаточно высокой добротности привело к обращению изготовителей бытовых холодильников к термоэлектрическим холодильным агрегатам. Были сделаны попытки создать бытовые холодильники большого объема (100—150 дм<sup>3</sup>) с морозильным отделением и без него, но они не выдержали конкуренции с компрессионными и абсорбционными холодильниками в части энергопотребления. При объеме 120—140 дм<sup>3</sup> холодильник с термоэлектрическим материалом высокой добротности потребляет в 3 раза больше электроэнергии, чем компрессионный.

В то же время наряду с тенденцией к увеличению объема домашних холодильников появился спрос на холодильники небольших объемов, в том числе для эксплуатации на транспорте. Эти холодильники должны быть небольшого объема, работать в условиях транспортной тряски при напряжении 12 В или 24 В. В этих условиях термоэлектрические холодильники не имеют конкурентов.

Следует учесть, что продукты в транспортных холодильниках хранятся недолго. Это позволяет повысить температуру до 8—10 °С и при окружающей температуре 30—32 °С перепад температур должен быть 25—27 °С. Это обстоятельство существенно, так как с уменьшением разности температур холодопроизводительность термоэлектрических агрегатов увеличивается больше, чем у компрессионных и особенно абсорбционных. Учитывая это, а также преимущества термоэлектрических холодильников по надежности, уровню звука, удельной материалоемкости, становится очевидным, что целесообразно создавать термоэлектрические холодильники только малых объемов (до 40—50 дм<sup>3</sup>).

При разработке автомобильных холодильников следует обеспечить быстрый выход на режим холодильника при питании от генератора автомобиля и длительное поддержание низкой температуры на стоянках, когда расход электроэнергии ограничен емкостью аккумулятора. Естественно, что при потреблении тока силой 2—4 А автомобиль на стоянке может проработать 4—5 ч. При включении питания через батарею будет поступать большой теплоприток, особенно в конструкциях с естественно-контактным теплообменником на горячих спаях.

В холодильнике с принудительной циркуляцией воздуха при отключении питания батарей и вентиляторов возникает достаточно большое термическое сопротивление теплообмену как у горячих, так и у холодных спаев. Больше того, в холодильниках с принудительным охлаждением возможно вынесение термобатареи за пределы термостата, что при отключении питания практически не увеличивает теплоприток в холодильную камеру. Однако эти холодильники имеют большие размеры и потребление электроэнергии, а также уменьшенную надежность в результате появления движущихся элементов (двигателя вентилятора). Кроме того, увеличивается уровень звука.

Несмотря на указанные недостатки практически все фирмы выпускают автомобильные холодильники с принудительной циркуляцией.

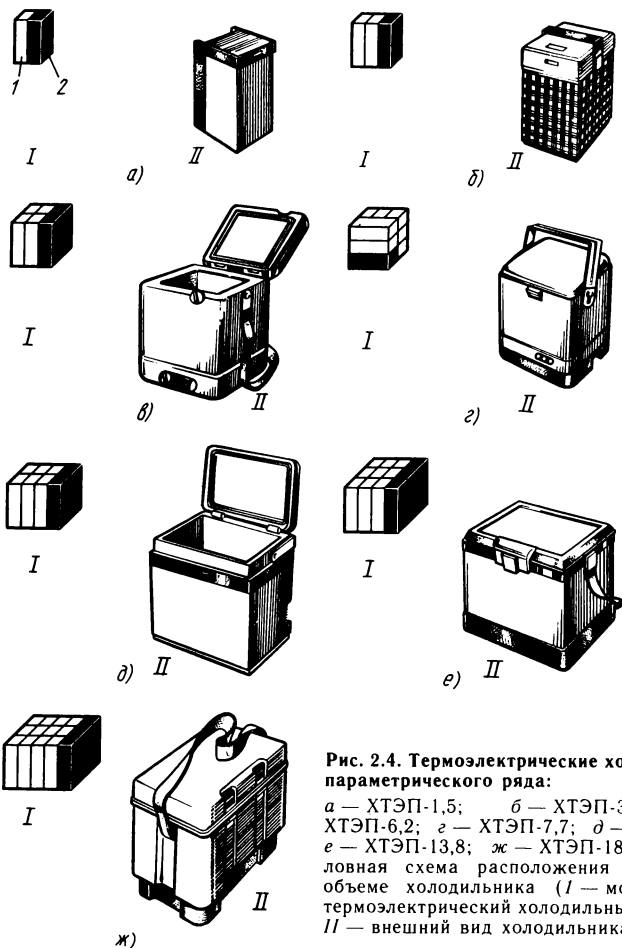
В СССР серийно выпускается автомобильный холодильник ХАТЭ-12М с искусственным охлаждением пластин радиатора вентилятором. В вентиляторе центробежного типа применен двигатель МЭ-237 или МЭ-233, на одном конце которого установлена крыльчатка охлаждения радиатора, а на другом — крыльчатка для перемешивания воздуха в холодильной камере. Термоэлектрическая батарея состоит из 75 элементов размером  $3 \times 3 \times 7$  мм, изготовленных методом прессования. В холодильнике имеется два режима работы: основной и вспомогательный. В основном режиме на термобатарею подается напряжение 12 В, во вспомогательном последовательно с батареей подключается гасящее сопротивление, что уменьшает силу потребляемого тока примерно в 2 раза.

Готовится к выпуску новое поколение термоэлектрических холодильников. Отличительной особенностью их является применение термобатарей, изготовленных из синтезированного материала, полученного методом кристаллизации из расплава. Направленная кристаллизация проводится методом зонной плавки. Такая технология позволила создать ряд термоэлектрических холодильников со сниженным потреблением электроэнергии (табл. 2.2). Внешний вид холодильников показан на рис. 2.4 (ОСТ 27-56-572—87).

Холодильники работают как от постоянного тока (П), так и от постоянного и переменного (К — комбинированное питание). Управление режимами работы может быть ручным (Р), полуавтоматическим (ПА) и автоматическим (А). Номинальный объем холодильников кратен условному модулю объемом  $1,5 \text{ дм}^3$ , размеры —  $80 \times 80 \times 240$  мм.

## 2.2. Техническая характеристика термоэлектрических холодильников параметрического ряда

Показатель	ХТЭП-1,5	ХТЭП-3,1	ХТЭП-6,2	ХТЭП-9,2	ХТЭП-13,8	ХТЭП-18,4
Общий объем холодильной камеры, $\text{дм}^3$	1,54	3,1	6,2	9,2	13,8	18,4
Перепад температур, $^{\circ}\text{C}$ (не менее) в режимах:						
основном	26	26	26	26	26	26
вспомогательном	—	—	20	20	—	—
подогрева	30	30	30	30	—	—
Время выхода на основной режим при перепаде температур $26^{\circ}\text{C}$ , мин	120	120	120	120	120	120
Потребляемая мощность, Вт, в режимах:						
основном	20	30	40	60	80	150
вспомогательном	10	15	15	30	40	50
резервном	5	5	10	10	10	20
подогрева	20	30	40	—	—	—
Размеры внутренней камеры, мм:						
высота	240	240	240	240	240	240
длина	80	160	160	240	240	320
глубина	80	80	160	160	240	240



**Рис. 2.4. Термоэлектрические холодильники параметрического ряда:**

*а* — ХТЭП-1,5; *б* — ХТЭП-3,1; *в* — ХТЭП-6,2; *г* — ХТЭП-7,7; *д* — ХТЭП-9,2; *е* — ХТЭП-13,8; *ж* — ХТЭП-18,4; *I* — условная схема расположения модулей в объеме холодильника (*I* — модуль; *2* — термоэлектрический холодильный агрегат); *II* — внешний вид холодильника

Объем холодильной камеры соответствует одному из значений ряда: 1,5; 3,1; 6,2; 9,2; 13,8 и 18,4 дм<sup>3</sup>.

Режимами работы холодильников являются основной, вспомогательный, резервный и подогрева. В холодильниках имеется не менее двух из перечисленных режимов, одним из них должен быть основной. Холодильник ХТЭП-18А имеет устройство, сигнализирующее о разряде аккумуляторной батареи, а также устройство, отключающее батарею при разряде ее ниже допустимого уровня. В качестве теплоизоляции применен пенополиуретан.

Так как конструкции холодильных агрегатов идентичны, ограничимся описанием агрегата холодильника ХТЭП-13,8. Радиатор состоит из ребер и пластин, скрепленных между собой трубками с последующей их развальцовкой. Съем тепла производится принудительной конвекцией путем продувания воздуха между ребрами от вентилятора.

Термоэлектрическая батарея состоит из пяти модулей и установлена между металлической плитой и радиатором. Каждый модуль состоит из 34 термоэлементов с числом ветвей 68. В холодильном агрегате модули соединены электрически последовательно. Термоэлектрический агрегат крепится к камере и закрывается крышкой с окнами для циркуляции воздуха. Имеется место для хранения шнура. В холодильную камеру вкладывается ложемент для хранения бутылок. Нарботка на отказ холодильника не менее 1000 ч, средний ресурс 5000 ч. Средняя суммарная трудоемкость ремонта не более 0,4 чел.·ч.

### 2.3.2. Транспортные воздухоохладители

Охлаждение воздуха в кабинах водителей автомобилей, тракторов, комбайнов значительно повышает производительность их труда. Многие зарубежные фирмы выпускают транспортные воздухоохладители. Так, фирма «Техас Инструментс» (Texas Instruments, США) выпускает термоэлектрический кондиционер для автобусов, в Японии выпускается кондиционер холодопроизводительностью 800—900 Вт для легковых автомобилей.

В СССР разработаны воздухоохладители для тракторов холодопроизводительностью 130 Вт с подачей охлаждаемого воздуха 40—50 м<sup>3</sup>/ч. Перепад температур в кабине относительно окружающей среды по медицинским требованиям не должен превышать 10 °С. Питание воздухоохладителя производится электрическим током силой 25 А, напряжением 12 В. Для тракторов разработан воздухоохладитель холодопроизводительностью 350 Вт при потребляемой мощности 500 Вт.

Разработан прибор микроклимата для охлаждения и подогрева воздуха в салоне автомобиля «Запорожец». Так как в автомобиле «Запорожец» воздушное охлаждение, то для обогрева салона в зимнее время применен бензиновый обогреватель — устройство довольно сложное и пожароопасное. Использование термоэлектрического прибора, работающего в двух режимах (охлаждение — нагрев), позволяет значительно улучшить комфортность условий работы водителя. Для питания воздухоохладителя (рис. 2.5) на двигателе автомобиля установлен дополнительный генератор Г-250. Прибор микроклимата размерами 200×420×300 мм и массой 20 кг располагают в багажнике автомобиля. В приборе две термобатареи, каждая из которых включает 23 платы. Плата состоит из рамки и помещенных в нее термоэлементов, которые

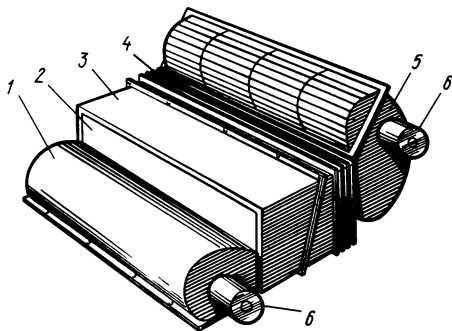


Рис. 2.5. Автомобильный воздухоохладитель:

1, 5 — вентиляторы; 2 — термобатарея;  
3 — контейнер; 4 — крышка; 6 — электродвигатели

припаяны к 32 радиаторам. Все холодные и горячие спаи обращены в противоположные стороны. Для циркуляции воздуха применены два радиальных вентилятора.

Испытания прибора показали, что для снижения температуры в салоне на 8—10 °С относительно окружающей среды необходима холодопроизводительность 800—1000 Вт. В том числе на компенсацию солнечной радиации 180 Вт, теплопритоков 500 Вт, тепловыделений четырьмя пассажирами 220 Вт. Время выхода на режим 5—7 мин.

Следует отметить, что сделана попытка вторичного использования охлаждаемого воздуха (режим рециркуляции). Однако при длительном использовании этого режима затруднялось дыхание пассажиров, наблюдалось потовыделение, хотя температура в салоне понижалась. При полной циркуляции воздуха самочувствие пассажиров значительно улучшалось.

### 2.3.3. Льдогенераторы и охладители жидкостей

Льдогенераторы предназначены для приготовления пищевого льда. Фирма «Норге Див» (Norge Div, США) выпускает термоэлектрические генераторы, производящие 18 см<sup>3</sup> за 6 ч.

В СССР завод «Биофизприбор» выпускает льдогенератор, состоящий из 8 батарей, в каждой — 19 термоэлементов. При силе тока 28 А и напряжении 4,5 В за 20—30 мин можно получить 250 г льда. Теплоотвод от горячих спаев осуществляется проточной водой. Расход воды 120 л/ч. Для обеспечения съема льда кратковременно подается ток обратной полярности.

Выпускаются разнообразные термоэлектрические охладители жидкостей. Это охладители бутылок, детского питания (имеют режим подогрева и охлаждения).

Охладитель воды (рис. 2.6), устанавливаемый на самолетах, состоит из корпуса 7 со съемной крышкой, резервуара 3 для жидкости с подводными 2 и отводящими 1 патрубками, термоэлектрической батареи 8, «горячих» радиаторов 4, вентилятора 6 и системы управления 5.

Резервуар для жидкости цилиндрической формы представляет собой тонкостенную трубу из коррозионно-стойкой стали. От отводящего штуцера внутрь резервуара уходит трубка, которая на 5 мм короче длины резервуара. Рабочее положение водоохладителя — вертикальное по оси трубы резервуара. Вода, поступая в резервуар, заполняет его. Когда уровень воды достигает верхнего края внутренней трубки, происходит слив воды в эту трубку, а далее в отводящий патрубок.

По высоте резервуара на противоположных образующих цилиндра размещены модули термоэлектрической батареи сечением 3×3 мм и высотой 4 мм. В термоэлектрической батарее 400 термоэлементов, которые собраны в 6 модулей. Между термобатареями и резервуаром расположена теплопроводящая переходная пластинка. «Горячие» радиаторы пластинчатые. Съем теплоты осуществляется вынужденной конвекцией осевым электровентилятором ЭВ-0,7-1640. Электронное устрой-

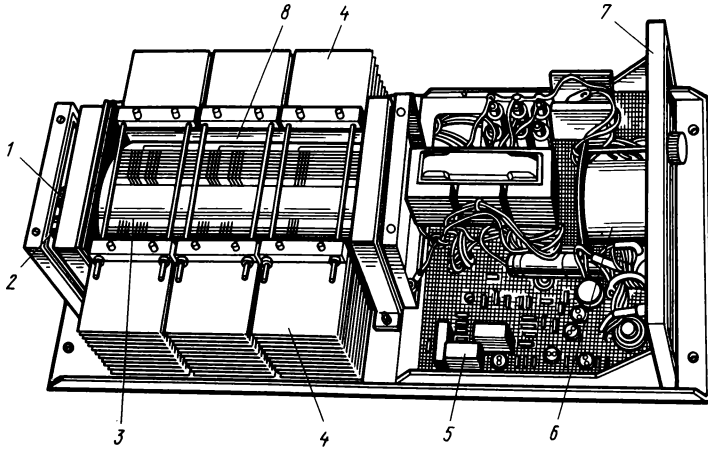


Рис. 2.6. Самолетный охладитель воды

ство поддерживает на выходе температуру  $10 \pm 3^\circ\text{C}$  при температуре воды на выходе не более  $50^\circ\text{C}$ . Производительность охладителя 3 л/ч. Холодопроизводительность батареи 85 Вт, потребляемая мощность 270 Вт, сила потребляемого тока 8 А.

#### 2.3.4. Особенности конструирования, ремонта и эксплуатации термоэлектрических холодильников

Способы теплообмена батарей с внешней средой были описаны выше. Следует отметить, что при естественном теплообмене ребра нельзя располагать слишком тесно вследствие ухудшения теплопередачи. При искусственной конвекции ребра можно располагать с небольшими зазорами, что позволяет увеличить общую поверхность теплоотдачи. Наиболее эффективен съем тепла промежуточным теплоносителем, например водой. При этом оребрение требуется очень небольшое или даже можно обеспечить съем теплоты без оребрения. Для увеличения теплоотдачи на оребрения целесообразно наносить покрытия с большой степенью черноты.

В качестве теплоизоляции применен пенополистирол или пенополиуретан.

Более качественную теплоизоляцию можно получить, применяя вакуумированные сосуды с двойными стенками (типа сосуда Дьюара). При использовании металлических сосудов необходимо применять поглотитель (силикагель, цеолиты), который располагается на низкотемпературной стенке и поглощает газы, выделяющиеся из стенок и проникающие внутрь сосуда в результате диффузии стенок.

Наружные поверхности, температура которых ниже температуры окружающей среды, должны теплоизолироваться. Детали, для которых недопустимо увлажнение, загерметизированы.

Охлаждение объектов небольших размеров возможно путем закрепления их непосредственно на коммутационных пластинах холодных спаев термобатарей.

Для питания термоэлектрических батарей используют постоянный ток с малым уровнем пульсации. Для этого применяют сглаживающие фильтры. Наиболее выгодно с точки зрения КПД выпрямители с выводом нулевой точки вторичной обмотки трансформатора.

При эксплуатации термоэлектрических холодильников следует придерживаться следующих рекомендаций.

1. Размещать холодильник в ногах пассажиров, сидящих на переднем и заднем сидениях. При установке холодильника на верхнем багажнике автомобиля встречный поток воздуха должен совпадать с направлением потока, создаваемого вентилятором холодильника. В заднем багажнике размещать холодильник не рекомендуется.

2. При работе холодильника на стоянке от аккумуляторной батареи и при температуре окружающей среды ниже 20 °С рекомендуется переключать холодильник во вспомогательный режим.

3. В холодильник целесообразно закладывать продукты предварительно охлажденными.

4. Не эксплуатировать холодильник вблизи источников тепла и под действием прямых солнечных лучей.

5. Периодически мыть камеру холодильника мыльной влажной тканью и протирать насухо. Не допускается применение порошков, паст и щелочей.

6. При работе холодильника на дне камеры образуются капли воды (конденсат), которые периодически необходимо вытирать.

Возможные неисправности холодильников приведены в табл. 2.3.

### 2.3. Возможные неисправности термоэлектрических холодильников и способы их устранения

Неисправность	Возможная причина	Способ устранения
Холодильник не работает	Отсутствие напряжения питания	Найти обрыв цепи питания и устранить его
Холодильник в режимах охлаждения нагревается	Нарушена полярность источника питания	Поменять местами провода в штекере или в розетке питания
При работе холодильника не работает вентилятор	1. Неисправен электродвигатель 2. Полости вентилятора заклинило на корпус	Заменить электродвигатель Устранить заклинивание



### 3.1. Стиральные машины

#### 3.1.1. Загрязнение и стирка текстильных материалов

Стирка тканей представляет собой комплекс тепловых и механических воздействий на загрязненную ткань с помощью моющих средств и удаление загрязнения моющими и ополаскивающими растворами. Так как в процессе стирки участвуют ткани, загрязнители и моющие средства, рассмотрим их физические и химические свойства.

**Ткани.** В промышленно развитых странах умеренного климата из общего количества потребляемых текстильных материалов на одежду расходуется 35—40 %, а на хозяйственные потребности (спальное белье, полотенца, скатерти и др.) — 20—25 %.

В настоящее время используют ткани трех типов: натуральные, химические и смешанные.

Материалы для натуральных тканей образуются в природе (хлопок, лен, шерсть, шелк), химические (искусственные и синтетические) изготавливаются промышленностью на основе физико-химических процессов (капрон, вискоза, ацетат, дедерон и др.), смешанные ткани в своем составе имеют определенный процент натуральных волокон.

Объем производства тканей на основе химических волокон резко увеличивается. Так, еще в 1980 г. натуральных тканей промышленностью было выпущено 51 %, а химических 49 %. К 2000 г. предполагается, что натуральных тканей будет только 35 %, а химических — 65 %, из них нетканых материалов — 20 %. По данным зарубежных специалистов, к 2000 г. натуральные ткани составят 26 %, а химические и смешанные — 74 %.

Для рассмотрения процессов стирки введем некоторые определения.

**Отстирываемость** определяется путем сравнения белизны исходной ткани с загрязненной и стиранной. Белизна определяется коэффициентом отражения синего спектра света от испытываемого образца ткани. Измерение производят лейкометром. Отстирываемость (в %) определяют по формуле

$$O = \frac{B_c - B_3}{B_n - B_3} 100,$$

где  $B_c$  — белизна (отражательная способность) искусственно загрязненного образца после стирки;  $B_3$  — белизна загрязненной ткани;  $B_n$  — белизна ткани в исходном состоянии.

**Потеря прочности ткани** (в %) показывает, на сколько уменьшилась прочность ткани на разрыв после 20 стирок:

$$P = \frac{P_n - P_c}{P_n} 100,$$

где  $P_n$  — прочность исходных образцов (среднеарифметическое значение);  $P_c$  — прочность стиранной ткани.

**Остаточная влажность** (в %) определяется количеством воды в ткани, оставшейся после отжима:

$$B = \frac{m_2 - m_1}{m_1} 100, \quad (3.1)$$

где  $m_1$  — масса сухого белья;  $m_2$  — масса белья после отжима.

**Эффективность полоскания** (в мг·экв/л) определяется щелочностью воды после последнего полоскания относительно водопроводной воды и выражается формулой

$$A = M_2 - M_1,$$

где  $M_2$  — щелочность воды после последнего полоскания;  $M_1$  — щелочность водопроводной воды.

Способность материалов поглощать воду оценивается водопоглощаемостью, водоемкостью и капиллярностью.

**Водопоглощаемость** (в %) характеризуется количеством поглощенной воды при полном погружении материала в воду:

$$B_n = \frac{m_b - m}{m} 100,$$

где  $m_b$  — масса образца после замачивания;  $m$  — начальная масса.

**Водоемкость (намокаемость)** (в г/м<sup>2</sup>) материала выражает количество поглощенной воды в г в пересчете на 1 м<sup>2</sup>:

$$B_c = \frac{m_b - m}{F},$$

где  $F$  — площадь замоченного образца.

**Капиллярность ткани** характеризуют высотой  $h$ , на которую поднимается влага через определенное время.

Практика показала, что хлопчатобумажная ткань загрязняется быстрее, чем льняная, а отстирывается значительно труднее. Шерстяные ткани более склонны к загрязнению, так как имеют крупнопористую структуру. Кроме того, имеющиеся в шерсти химические группы СО—NH вызывают притяжение загрязнений. Синтетические материалы, будучи хорошим диэлектриком, обладают способностью накапливать электрический заряд, усиленно притягивают загрязнение.

Свойства тканей можно разделить на три группы: механические (прочность, удлинение, эластичность, сминаемость, склонность к изнашиванию); гигиенические (воздухопроницаемость, зольность); физические (усадка, легкость очистки, плотность, гигроскопичность, белизна, тепловые свойства).

Шерстяные ткани, мягкие, эластичные, имеют хорошие гигиенические показатели. Однако при нагревании до 100—105 °С шерстяные ткани разрушаются. Стирать шерстяные ткани рекомендуется при температуре не выше 50 °С, а отжимать в «деликатных» режимах. Аналогично должна быть ограничена температура сушки шерстяных тканей.

Из этого примера видно, что важной характеристикой ткани является теплоустойчивость.

Теплоустойчивость материала оценивается максимальной температурой, выше которой начинается ухудшение свойств материалов, препятствующее их использованию. Например, нагревание хлопчатобумажной ткани в течение 1 ч приводит к уменьшению ее прочности (рис. 3.1).

Изделия из искусственного волокна (вискоза, ацетатный шелк и др.) обладают устойчивостью к температуре 110—120 °С, рекомендуемая температура их сушки 60 °С.

Следует отметить, что синтетические ткани (капрон, лавсан) устойчивы к истиранию. Некоторые химические материалы теряют прочность в мокром состоянии (вискоза, ацетат) до 40 %. Натуральные волокна, такие как шерсть, натуральный шелк, в мокром состоянии теряют прочность, а хлопок наоборот становится прочнее.

Потеря прочности мокрой ткани из химических волокон тем больше, чем выше гигроскопичность ткани. Поэтому следует избегать механических воздействий на ткань как во время стирки, так и при сушке. Как показала практика, в мокром состоянии льняная ткань больше склонна к изнашиванию, обусловленному трением, чем хлопчатобумажная. В то же время в сухом состоянии льняная ткань лучше противостоит изнашиванию, чем хлопчатобумажная. Характеристика теплоустойкости некоторых видов тканей приведена в табл. 3.1.

Некоторые стиральные машины включают в цикл обработки белья сушку ткани. Поэтому знание тепловых свойств тканей необходимо

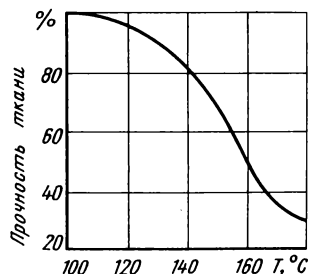


Рис. 3.1. Снижение прочности хлопчатобумажной ткани при нагреве

### 3.1. Теплоустойчивость тканевых волокон

Волокно	Температура, °С			
	разложения	потери прочности	размягчения	плавления
Хлопок	150	120	—	—
Лен	—	120	—	—
Шерсть	170—180	—	—	—
Натуральный шелк	150—170	—	—	—
Вискоза	180—200	120—130	—	—
Ацетат	95—105	95—105	200	200
Полиэфир	—	160—170	200—240	250

для оптимизации процесса сушки, а также при разработке сушильных машин.

При сушке ткань обдувается потоком нагретого воздуха. Количество теплоты  $Q_1$ , проходящее из среды с температурой  $t_1$  в среду с температурой  $t_2$  через изолирующий слой толщины  $b$  и площадью  $F$  за время  $T$ ,

$$Q_1 = [(t_1 - t_2) / b] FT\lambda,$$

где  $\lambda$  — теплопроводность, Вт/(м·К).

Теплопроводность [Вт/(м·К)] характеризует, какое количество теплоты проходит через материал толщиной 1 м, площадью 1 м<sup>2</sup>, в течение 1 ч при разности температур в 1°:

$$\lambda = \frac{Qb}{(t_1 - t_2) FT}.$$

Так как текстильные материалы имеют различную толщину, то вводят коэффициент теплопередачи [Вт/(м<sup>2</sup>·К)]:

$$\kappa = \frac{\lambda}{b} = \frac{Q}{(t_1 - t_2) FT}.$$

Для некоторых материалов значения  $\lambda$  приведены ниже: вода — 0,50, воздух — 0,02, шерсть — 0,03, шелк — 0,04, лен — 0,04, хлопок — 0,05.

Поскольку текстильные материалы имеют пористое строение с воздушными прослойками между отдельными волокнами и нитями, их тепловое сопротивление мало зависит не столько от вида волокон, сколько от их строения (пористости). Следует знать, что теплопроводность воздуха меньше теплопроводности волокон. Если поры мелкие и «задерживают» воздух, то тепловое сопротивление таких материалов высокое, т. е. материал является ячеечной структурой для хранения теплоизолирующего воздуха. Если поры крупные и сквозные, то они не препятствуют свободному перемещению воздуха и теплоизолирующие свойства материала ухудшаются.

Теплоемкость влажной ткани, содержащей 1 кг сухой ткани,

$$C_{\text{вл.т}} = C_{\text{т}} + 0,01B,$$

где  $C_{\text{т}}$  — теплоемкость сухой ткани, в расчетах принимаются  $C_{\text{т}} = 0,33$  кДж/(кг·К);  $B$  — влажность ткани (масса воды, приходящаяся на единицу массы абсолютно сухой ткани), %.

**Бытовые загрязнения.** В состав бытовых загрязнений тканей входят следующие основные компоненты: вещества, растворимые в воде и легкоудаляемые с волокон; вещества, растворимые в воде и активно оседающие на волокно; белковые и жировые вещества, а также неорганические пигменты.

Основными растворимыми веществами, не имеющими средства к волокну, являются поваренная соль, мочевины (выделяется, в основном, из пота). Они удаляются из ткани относительно легко водой при невысокой температуре 50—70 °С.

Веществами, растворимыми в воде и имеющими сродство к волокну, являются красящие вещества: чернила, кофе, чай, соки, вино и др. Эти вещества прочно связываются с волокном и удаление их производится путем химической отбели (синтетическими моющими средствами, отбеливающими средствами).

Белковые вещества вследствие их набухания в щелочной и горячей среде моющего раствора удаляются с ткани легко; но требуют весьма продолжительного воздействия. Исключение представляет кровь, которая удаляется сравнительно трудно. Но в последнее время созданы синтетические моющие средства (СМС) с включением протеолитической энзимы, активно действующие на кровь. Жировые и пигментные загрязнения удаляются воздействием СМС, так как гидрофилизация и удаление их возможно благодаря поверхностной активности моющего раствора.

Самым «тяжелым» пигментом для удаления является сажа. К тому же это самый распространенный пигмент, особенно в границах города. Уникальная его способность заключается в том, что удаление возможно только при строгом соблюдении технологии стирки, в противном случае сажа подвергается сильному диспергированию и вторичному осаждению на волокне, что приводит к необратимому посерению ткани. Но основные компоненты уличной пыли — это неограниченные карбонаты (до 20 %), силикаты (до 40 %) и жиры (до 10 %).

Жировые загрязнения могут быть животного или растительного происхождения или минеральными маслами. Основной состав кожно-жировых загрязнений составляют глицериды жирных кислот и около 40—45 % холестерина и его соединения. Воротнички из хлопчатобумажной ткани могут удерживать до 1,2 % кожных выделений. Окисление этих веществ приводит к увеличению прочности их связи с материалом и усилению интенсивности окраски загрязнения. Загрязнения, содержащие красители, удерживаются в материале в результате глубокого проникновения тонкодисперсных частиц пигмента и адсорбции растворимых красителей.

На повышении степени загрязнения сказываются диэлектрические свойства материала. Если ткань обладает высоким объемным сопротивлением, то возникшие при трении заряды не стекают, а притягивают пыль из окружающей среды. В меньшей степени это также свойственно хлопку в сухом состоянии. В то же время жировые отложения проникают в синтетические материалы менее активно, чем в хлопчатобумажные. Можно установить четыре группы видов связи загрязнений с тканью: включение макрочастиц между волокнами ткани; включение макрочастиц в дефектные участки структуры поверхности волокна (трещины, царапины); удержание инородного вещества сорбционными силами благодаря энергии межмолекулярного (Ван-дер-Ваальса) или электростатического взаимодействия; химическое взаимодействие загрязнителя и волокна.

Эти особенности загрязнений определяют режим обработки тканей, выбор моющих средств, температуры и степени механического воздействия при стирке.

**Моющие средства.** Моющий процесс можно свести к следующим основным стадиям: положительная адсорбция моющих средств на границе раздела загрязнение — моющий раствор; смачивание ткани и загрязнений; отделение загрязнений от волокна; диспергирование и эмульгирование загрязнений в моющем растворе; стабилизация дисперсий.

Положительной адсорбцией называют накопление одного вещества на поверхности другого. Вещества, положительно адсорбирующиеся, называются поверхностно-активными (ПАВ). Физика явления заключается в уменьшении поверхностного натяжения на границе раздела двух сред и проникновении моющего раствора между тканью и загрязнением. Далее с помощью механического воздействия грязь удаляется с ткани, дробится, а образовавшиеся частицы окружаются гидрофильным адсорбционным слоем ПАВ. Молекулы ПАВ проникают также в микротрещины загрязнений и разрушают их вследствие расклинивающего эффекта тонких адсорбционных слоев. Кроме того, большинство обычных загрязнений при  $pH > 5$  заряжается отрицательно и отталкивается от ткани. В процессе стирки электростатическое поле и гидрофильный слой препятствуют сближению частиц загрязнений и осаждению их на ткань.

При разработке технологического процесса стирки необходимо учитывать, что активность моющего средства зависит от жесткости воды, природы ПАВ, вида ткани и др.

Под смачиванием понимают вытеснение жидкой фазой какой-либо другой фазы из твердого или жидкого тела. Диспергирование — процесс дробления пигментов и удержания их в жидкой фазе. Эмульгирующая способность — возможность образования эмульсии различных жидких сред. Для моющего действия важна только эмульсия масла в воде. Под стабилизацией дисперсии понимают свойство системы текстильное волокно — загрязнение — моющее средство предотвращать повторное осаждение удаленного загрязнения на волокно. Достигается это свойство введением в моющее средство карбоксилметилцеллюлозы.

Моющие средства можно разделить на две группы: жировые и синтетические. Жировые (мыло) — это химическое соединение жирных кислот с органическими или неорганическими основаниями. В состав мыла входят также соли высокомолекулярных жирных кислот. В синтетических моющих средствах (СМС) вместо натуральных жиров применяют синтетические жирозаменители.

Положительной особенностью мыла является то, что оно легко выделяется в осадок, и не загрязняет водную среду, но действие его менее активно, так как оно требует наличия щелочи и высоких температур раствора (до 100 °С). СМС примерно на 10—12 % сокращает время стирки, повышают качество стирки, не требуют таких высоких температур. Так, в Японии созданы СМС, позволяющие стирать при температуре 50 °С, что значительно уменьшает эксплуатационные расходы и сохраняет ткань.

В качестве сырья для изготовления синтетических моющих средств

используют керосин, парафин, нафталин, фенол и др. В СМС входят ПАВ, отбеливающие средства, добавки, уменьшающие пенообразование и повышающие моющую способность ПАВ, добавки для смягчения воды и снижения корродирующего действия на металлические части стиральных машин.

Молекулы моющего вещества разделяются на две группы: гидрофильные и гидрофобные. Гидрофильность — свойство, обусловленное наличием групп  $\text{COO}'$ ,  $\text{SO}_4$ ,  $\text{SO}_3$ , а также полугидрофильных остатков, например,  $\text{NH—CO}$ . Гидрофобность — водоотталкивающая способность, присущая всем углеводам. Гидрофобная группа моющего средства в большинстве случаев состоит из остатков насыщенного углеводорода с длиной цепи из 10—18 углеводородных атомов.

Почти все загрязнения гидрофобны, поэтому они не смачиваются водой. Если в воде растворить моющее средство, то ее поверхностное натяжение резко уменьшится и она смочит загрязнение, заполняя микроскопические поры. Благодаря этому через молекулы моющего вещества происходит соединение воды с загрязнением, уменьшение сил сцепления ткани и загрязнителя.

При последующем механическом воздействии потоком воды загрязнения переходят в водный раствор. При этом молекулы моющего вещества образуют прочные защитные пленки вокруг отмытых загрязнений и на поверхности волокна, предотвращая повторное осаждение загрязнений на ткань.

Так как взаимодействие загрязнений и моющего вещества имеет химическую природу, то существуют оптимальные концентрации моющего раствора, при которых достигается максимум моющего действия. Кроме того, активизации химического воздействия способствует повышение температуры моющего раствора. Для создания отбеливающего эффекта добавляют персоли, способные разлагаться с выделением кислорода. Назначение их состоит в том, чтобы обеспечить отбелку невымываемых остатков. Однако разложение персолей происходит только при температуре раствора более  $70^\circ\text{C}$ , поэтому применять их целесообразно только при стирке хлопчатобумажных и льняных тканей (табл. 3.2).

### 3.2. Допустимая температура стирки различных видов ткани

Волокна	Температура стирки, $^\circ\text{C}$		Волокна	Температура стирки, $^\circ\text{C}$	
	нормальная	максимальная		нормальная	максимальная
Перлон	50—60	100	Лен	90—100	100
Нейлон	60—70	100	Шерсть, шелк	30—40	40
Полиэфирные (диэ-лен, тревира)	60—70	100	Вискоза	60—70	100
Хлопок	90—100	100	Ацетат	50—60	80

В настоящее время ведется разработка новых типов СМС с отбеливателями, разлагающимися при температуре 40—50 °С. Создание таких СМС позволит значительно сократить расход электроэнергии на стирку.

### 3.1.2. Современные стиральные машины

В СССР принята следующая классификация стиральных машин: СМ — стиральная машина без отжима; СМР — стиральная машина с ручным отжимным устройством; СМП — полуавтоматическая стиральная машина с управлением отдельными процессами обработки тканей, выполняемым оператором; СМА — автоматическая стиральная машина с управлением процессами обработки тканей, выполняемым в соответствии с заданной программой.

Номинальная загрузка выпускаемых машин 1—5 кг (в СССР до 4 кг включительно). В зависимости от числа баков машины бывают однобаковые и двухбаковые. Двухбаковая машина имеет бак для стирки и бак центрифуги (отжим). По способу активации моющего раствора машины делятся на барабанные и активаторные.

Машины типов СМ и СМР выполняют, как правило, активаторными; имеются отдельные барабанные модели СМ с одной-двумя программами стирки без подогрева.

Машины СМП выпускают как однобаковыми барабанными и активаторными, так и двухбаковыми активаторными. В этих машинах число программ достигает десяти. В процессе работы оператор участвует в подготовке ткани и переходных процессах от одного вида обработки к другому. Например, в двухбаковых СМП после стирки белье перекладывается в центрифугу вручную.

Автоматические машины без участия оператора выполняют весь технологический процесс стирки, полоскания, отжима, подсинивания, ароматизации и т. д.

Наиболее крупным производителем стиральных машин в Западной Европе является Италия. Около 40 % стиральных машин, продаваемых в Европе, изготовлено в Италии.

Однако отсутствие хорошо развитой электронной промышленности привело к концентрации производства в Италии машин с электромеханическими командоаппаратами с небольшим числом программ (12—16); производство сложных многопрограммных машин с электронным управлением (III поколение) сосредоточено в основном в ФРГ и Великобритании. Как в Европе, так и в США основная тенденция производства стиральных машин направлена на создание стиральных автоматов.

В США производится 95 % стиральных автоматов.

Надо сказать, что это не дань моде, а экономическая необходимость. Несмотря на то, что стиральный автомат стоит значительно дороже, эксплуатационные расходы окупают первоначальные затраты с лихвой. Однако самое главное то, что время занятости оператора при стирке на СМА уменьшается в 8—10 раз, а трудоемкость сводится только к закладке и выгрузке белья. Кроме того, СМА по сравнению



с СМР потребляет меньше электроэнергии в 2,5 раза, воды в 1,8 раза, моющих средств в 4,5 раза. Учитывая, что вода и электроэнергия в Европе дорогие, автоматические машины в конечном счете оказываются более экономичными.

В СССР выпускают в основном машины с ручным отжимом и полуавтоматические двухбачковые, а также две модели автоматических машин: «Эврика-автомат» на 3 кг сухой ткани и «Вятка-автомат» на 4 кг сухой ткани. СМА «Вятка-автомат» будет выпускаться трех модификаций: на 12, 14 и 16 программ.

Стиральные машины с ручным отжимом, как правило, рассчитаны на 1,5—2 кг сухого белья и состоят из бака с активатором, двигателя и отжимного устройства. Некоторые машины снабжены насосом для откачки отработанного раствора, реле времени и устройством, обеспечивающим реверсивное вращение активатора. В европейских и японских образцах активатор применяют в основном дисковый, в США — винтовой, цилиндрический. Потеря прочности тканей у активаторных машин больше: 12—15 % против 6—8 % у барабанных. Наличие центрифуги в двухбачковых активаторных СМП позволяет достичь остаточной влажности 50—70 %, а у барабанных машин 70—80 %. Последнее требует увеличения электроэнергии на сушку в 2 раза (при использовании сушильных машин).

Несмотря на то, что двухбачковые СМП лучше по функциональным характеристикам (кроме потери прочности), они уступают однобачковым моделям по массе, удельной материалоемкости, размерам, энергопотреблению, расходу воды. Таким образом, известно правило: «ничего бесплатно не бывает» — как нельзя лучше иллюстрируется конструкциями стиральных машин. Естественно, что чем лучше стирается ткань, тем больше теряется прочность. Поэтому машины должны обеспечить такой технологический процесс, который для данного вида ткани обеспечивал бы компромиссное решение противоречий между отстирываемостью, потерей прочности и стоимостью стирки.

Анализ тенденций развития стиральных машин, конъюнктуры рынка и спроса потребителей, технико-экономических показателей различных типов стиральных машин позволяет сделать следующее обобщение.

Машины типа СМР не являются перспективными из-за большой трудоёмкости цикла, больших затрат времени, большой удельной материалоемкости, низкого качества отжима, больших эксплуатационных расходов.

Всех этих недостатков не имеют автоматические машины, хотя розничная цена их значительно выше: 60—80 руб. — СМР и 300—400 руб. — СМА.

Полуавтоматические двухбачковые машины являются механическим соединением СМР и центрифуги (без валкового устройства), что по сути не дает права причислить их к типу полуавтоматических. Двухбачковая СМП может быть заменена малогабаритной машиной без отжима и центрифугой, вкладываемой в бак стиральной машины в период хранения. Такая компоновка занимает значительно меньше места,

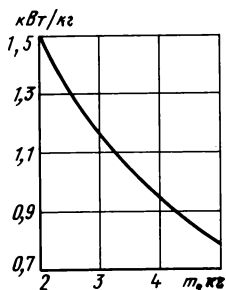


Рис. 3.2. Зависимость удельного расхода электроэнергии от массы загрузки

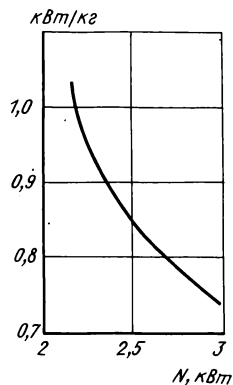


Рис. 3.3. Зависимость удельного энергопотребления от мощности нагревателя при стирке 5 кг сухого белья, температуре воды 90 °С и расходе воды на замачивание 18 л, стирку — 12 л

имеет меньшую материалоемкость и стоимость. Если к этому добавить, что двухбаковые СМП не поддаются автоматизации, то станет очевидным, что этот тип машин также не перспективен.

Более перспективны активаторные полуавтоматы, у которых стирка производится с помощью вращения активатора, а отжим — вращением бака центрифуги. Этот тип машин, получивший название СМП с совмещенным стиральным баком и баком центрифуги (или с совмещенными баками), имеет высокие функциональные показатели. И наиболее перспективные — это автоматические машины.

Как правило, СМА рассчитаны на 2—5 кг сухого белья, но наибольшее распространение получили барабанные машины на 4 кг сухого белья.

Главной причиной является то, что с увеличением объема обрабатываемой ткани снижается удельный расход электроэнергии (рис. 3.2). Кроме того, разработчики стремятся увеличить мощность нагревателя (рис. 3.3). К сожалению, жилой фонд СССР в основном не позволяет повышать установочную мощность прибора свыше 1,3 кВт. Поэтому спрос на автоматические стиральные машины невысок.

Длительная опытная эксплуатация авторами различных типов стиральных машин показала, что целесообразно иметь на семью две стиральные машины: автоматическую — для стирки крупногабаритного белья и машину типа СМ — для стирки мелкого белья в небольшом количестве.

Основные технические характеристики стиральных машин, выпускаемых отечественной промышленностью, приведены в табл. 3.3.

### 3.3. Технические характеристики бытовых стиральных машин

Модели и типы стиральных машин	Отстирываемость, %	Потеря прочности, %	Остаточная влажность, %	Потребляемая мощность, Вт	Размеры, мм			Масса, кг
					Высота	Длина	Глубина	
<b>Активаторные стиральные машины</b>								
Без отжима (СМ)								
«Десна», СМ-1	64,5	15	—	250	375	430	560	10
«Малютка-2», СМ-1	64,4	16,8	—	200	500	480	550	10
«Фея», СМ-1,5	64,1	14	—	330	460	440	440	12,8
«Лыбидь»	64,1	14,4	—	330	460	450	440	13
<b>С ручным отжимным устройством (СМР)</b>								
«Донбасс», СМР-1,5	62,3	14,4	96,9	370	720	430	460	23
«Донбасс-3» (2 р.)	60,2/63,1	14,9/17,5	97,3	370	720	450	460	23,5
«Таврия»	62,4	14,6	97,7	350	740	462	450	24
«Таврия-2» (2 р.)	60,5/62	15/20	98	350	740	440	470	24
«Алма-Ата»	62	13,8	96,4	300	740	455	470	24,5
«Алма-Ата-3»	62/63	12,9/15	96	300	740	448	470	25
«Волжанка»	62	17	98	300	740	450	485	24
«Волжанка-М» (2 р.)	60,1/62,5	15,1/11	97	300	740	450	485	24,5
«Оренбург»	63,2	16,7	97,3	300	725	433	457	25
«Оренбург-2» (2 р.)	59/63,2	13,8/16,7	97,3	300	725	433	457	25
«Кама-5»	62,1	16	98	370	725	465	480	28
«Кама-7»	62,1	16,8	98	370	725	465	480	28
«Киргизия-4»	59,3/63,5	13,6/16,4	96,6	310	710	460	460	22
«Кама-8», СМР-1,5	59,9/62,9	12,9/14,3	98	370	725	465	480	28
«Кама-8М» (2 р.)	59,4/62,9	12,3/14,3	98	370	726	465	480	28
«Исеть-3»	62	14	97	370	725	440	490	25
«Исеть-8» (2 р.)	55/62	13,4/15	97	370	725	440	490	25
«Симбирка»	63	13,8	96,5	300	740	440	470	25
«Симбирка-2» (2 р.)	58/62	15/17,1	98	260	740	450	480	25
«Амгунь»	62,3	14,8	97,8	300	750	430	445	23
«Ока-7» (2 р.)	58,5/62,5	14,3/17,8	97,3	275	710	480	500	22,5
«Волга-9» (2 р.)	60,4/63	14/16,8	96,6	350	682	442	447	30,3
«Волга-8Р» (2 р.)	60,5/63,4	12,4/15,2	95,8	350	722	450	498	27
«Рига-17» (2 р.)	61/64	8,9/12,5	92,5	370	730	480	440	25
«Волга-15», СМР-2	62/64	12/15	93	360	700	430	475	30
«Приморье-6М»	61/62	15/20	98	300	720	420	430	28
«Белка-4»	64,1	14,6	96,6	310	760	408	440	27
«Урал-4» (2 р.)	61/62,7	9/15,3	95,3	350	810	450	450	39
«Урал-4М» (2 р.)	61,8/64,2	11,3/14,8	93,8	370	800	450	450	36,2
<b>Двухбачковые полуавтоматические (СМП)</b>								
«Золушка» СМП-2	69/65	7/13,5	51,5	500	720	690	420	45
«Аурика-80»	64	14,8	45,6	500	720	690	420	45,6
«Аурика-78»	65,1	13	50	500	720	690	420	48,5
«Золушка-3»	63/65,5	13,5/15	49,9	500	720	690	420	49,4
«Золушка-4»	65,5	14,5	49,1	2500	720	690	420	47
«Сибирь-6»	62,5/64,4	13,9/17,2	51,3	600	700	680	380	40
«Волна-М»	60,6/63,1	9,3/11,6	51,7	600	715	700	415	45
«Чайка-3»	63,5/65,8	12,1/15,5	50,6	600	765	675	420	48,7

Модели и типы стиральных машин	Отстирываемость, %	Потеря прочности, %	Остаточная влажность, %	Потребляемая мощность, Вт	Размеры, мм			Масса, кг
					Высота	Длина	Глубина	
«ЗВИ-1», СМП-1,5	64,93	14,43	49,27	480	822	675	390	50
«ЗВИ-М»	61/64,2	10,5/14,5	51	500	791	662	410	49

### Стиральные барабанные машины

#### Полуавтоматические (С М П)

«Эврика-3», СМП-3Б	47,8	10,4	113	650	600	415	615	75
--------------------	------	------	-----	-----	-----	-----	-----	----

#### Автоматические с верхней загрузкой (С М А)

«Эврика-автомат», СМА-3Б	52	12	112	650	600	415	615	80
«Кишинэу-2», СМА-4Б	52,6	15	100	2400	800	500	600	100

#### Автоматические с фронтальной загрузкой (С М А)

«Вятка-автомат», СМА-4БФ (на 12 программ)	55	11	95,5	2200	850	595	555	90
---	----	----	------	------	-----	-----	-----	----

#### Примечания:

1. Размеры моделей СМП даны в нерабочем положении.
2. Для моделей с двумя режимами стирки (2 р.) в числителе приведены данные по бережному режиму (Б), в знаменателе — по нормальному режиму. Для модели «Волга-15» с четырьмя режимами стирки приведены данные только по бережному и нормальному режимам.

### 3.1.3. Гидромеханические процессы в активаторных стиральных машинах

На процесс стирки в активаторных стиральных машинах наряду с химическим воздействием моющих средств и температуры воды большое влияние оказывает механическое воздействие потока моющего раствора. В результате загрязнитель отделяется от ткани и уносится потоком воды.

Так как положение кома ткани в процессе стирки непрерывно изменяется, то гидродинамический процесс в стиральном баке представляет собой сложное движение, называемое перемешиванием. При этом в баке возникают два основных режима течения жидкости: ламинарное и турбулентное. **Ламинарным** называют гидродинамический режим, при котором элементарные частицы жидкости двигаются параллельно в направлении движения потока. **Турбулентным** называют гидродинамический режим, при котором возникают вихри, хаотически перемещающиеся в объеме движущейся жидкости. Если в ламинарном потоке из одного слоя в другой переходят только молекулы, то в турбу-

лентном — элементарные массы жидкости. Поэтому для получения наибольшей эффективности с точки зрения отстирываемости необходимо создавать турбулентное движение.

В гидродинамике движение жидкостей описывают основным уравнением движения жидкости (уравнение Бернулли):

$$W_{\text{пн}} + W_{\text{пд}} + W_{\text{к}} = \text{const},$$

где  $W_{\text{пн}}$  — потенциальная энергия положения элементарной частицы жидкости;  $W_{\text{пд}}$  — потенциальная энергия давления жидкости;  $W_{\text{к}}$  — кинетическая энергия элементарной точки жидкости.

Если в трубопроводе установившийся процесс, то в единицу времени протекает одна и та же масса жидкости, которую определяют по уравнению непрерывного потока

$$S_1 \omega_1 \rho_1 = S_2 \omega_2 \rho_2,$$

где  $S_1$  и  $S_2$  — сечения трубопровода;  $\omega_1$  и  $\omega_2$  — массовые скорости в сечениях трубопровода;  $\rho_1$  и  $\rho_2$  — плотности жидкости.

Исходя из этих уравнений можно сделать вывод, что при установившемся режиме движения массовые и энергетические характеристики для любого сечения трубопровода остаются постоянными.

При движении реальной жидкости необходимо учитывать потери энергии на преодоление трения и других сопротивлений. В этом случае уравнение Бернулли преобразовывают в выражение, характеризующее изменение напоров:

$$h_1 + \frac{p_1}{\rho g} + \frac{\omega_1^2}{2g} = h_2 + \frac{p_2}{\rho g} + \frac{\omega_2^2}{2g} + h_n,$$

где  $h_1$  и  $h_2$  — геометрические напоры, определяемые высотой столба жидкости над рассматриваемой точкой;  $p/\rho g$  и  $\omega^2/2g$  — пьезометрический и скоростной напоры в разных точках;  $h_n$  — потери напора.

Пользуясь уравнением Бернулли, определяют скорость, расход жидкости, напор, временные характеристики и другие параметры. Кроме того, из этих уравнений следует, что одинаковые условия течения жидкости можно создать в разных (например по размерам) установках. Условия, необходимые для создания подобных процессов, излагаются в теории подобия. Так, условием подобия двух змеевиков является соблюдение двух равенств:

$$\frac{l_1}{d_1} = \frac{l_2}{d_2} \quad \text{и} \quad \frac{R_1}{d_1} = \frac{R_2}{d_2},$$

где  $l_1$ ,  $l_2$  — длина труб;  $R_1$ ,  $R_2$  — радиусы змеевиков;  $d_1$ ,  $d_2$  — диаметры труб.

Имеется ряд чисел (критериев) подобия, названных именами ученых, сделавших большие открытия в гидродинамике и теплотехнике.

Критерий Нуссельта  $Nu$  определяет интенсивность конвективного теплообмена на границе стенка — жидкость. Чем интенсивнее происходит теплообмен, тем больше число  $Nu$  и тем больше коэффициент теплоотдачи:

$$Nu = kS/\lambda,$$

где  $S$  — площадь, в границах которой происходит теплообмен;  $\lambda$  — теплопроводность жидкости.

Критерий Рейнольдса  $Re$  определяет характер движения жидкости:

$$Re = \omega_0 S / \nu,$$

где  $\omega_0$  — средняя скорость жидкости;  $\nu$  — кинематическая вязкость жидкости.

Для стиральных машин критерий Рейнольдса может быть записан в виде

$$Re = \frac{\rho \omega d}{\mu} = \frac{\rho n d^2}{\mu},$$

где  $\rho$  и  $\mu$  — плотность и вязкость стирального раствора;  $\omega$  — угловая скорость активатора;  $n$  — частота вращения активатора;  $d$  — диаметр активатора.

Экспериментальные исследования показали, что при  $Re < 2\,000 \div 10\,000$  обеспечивается интенсивное трехмерное движение жидкости, а при  $Re > 10\,000$  — турбулентное движение, при котором мгновенно изменяется скорость отдельных частиц и ее направление, т. е. происходит пульсация скорости [27]. Именно этот режим благоприятен для стирки.

При вращении активатора в стиральном баке цилиндрической формы возникают три основных потока моющего раствора (рис. 3.4): осевой  $I$ , направленный по оси вращения активатора, радиальный  $2$ , направленный по радиусу активатора и тангенциальный  $3$ , направленный по касательной и окружности активатора.

При установившемся процессе вращения активатора в жидкости вокруг оси активатора возникает однородный цилиндрический вихрь круглого сечения с постоянной угловой скоростью (зона  $I$ , рис. 3.5). Теоретический диаметр вихря должен быть равен диаметру  $r$  активатора. Скорость частиц в вихре вдоль радиуса активатора возрастает линейно. Вне активатора цилиндрический вихрь возбуждает движение части жидкости вдоль линии радиуса с убывающей скоростью (зона  $III$ ). Между этими двумя зонами возникает переходная зона  $II$  (радиус этой зоны  $r_n$ ). Радиус вихря определен экспериментально:  $r_n = 0,75r$ .

Для потокообразования первостепенное значение имеет тангенциальная составляющая. Тангенциальная скорость в вихре  $v_\tau = \omega r$  (где  $\omega$  — угловая скорость жидкости).

В периферийной зоне  $III$  приближенно можно считать

$$v_r = \omega r_n r / r;$$

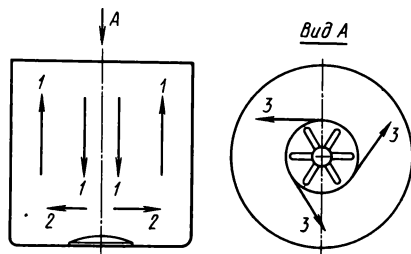
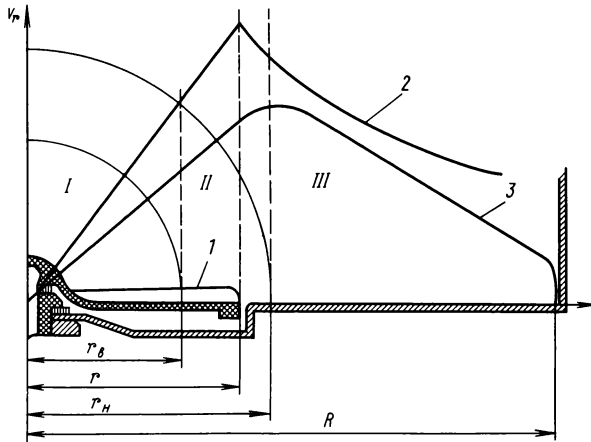


Рис. 3.4. Схема движения жидкости в стиральном баке с осесимметричным расположением активатора



**Рис. 3.5.** Распределение скоростей движения частиц раствора в стиральном баке: I — зона цилиндрического однородного вихря; II — переходная зона; III — зона падающей скорости; 1 — активатор; 2 — теоретическое распределение скоростей; 3 — реальное распределение скоростей

в переходной зоне II

$$v_r = \omega \frac{r_b}{r_n - r_b} \left( 2r_n - r_b r_n \frac{1}{r} - r \right).$$

Тангенциальная скорость достигает своего максимума при

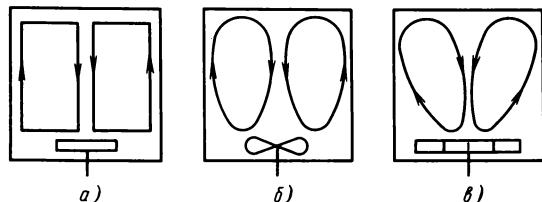
$$r = \sqrt{r_n r_b}.$$

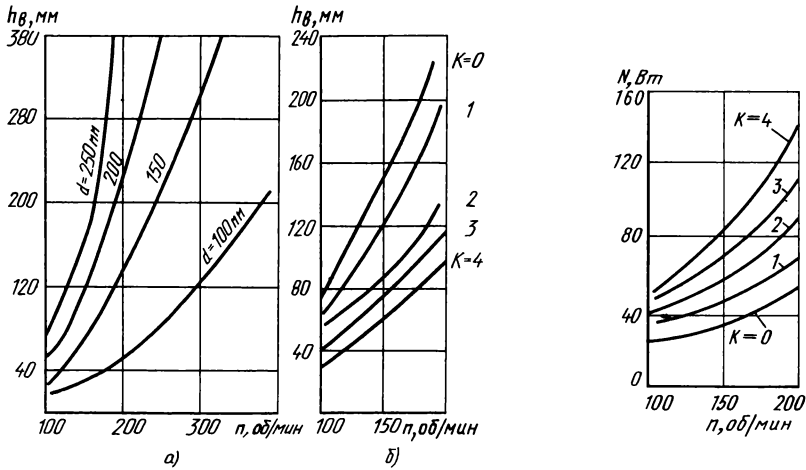
Наличие радиальной скорости жидкости на дне бака у активатора создает повышенное давление у стенки бака и разрежение в центре. Таким образом, возникает восходящий поток у стенки и ниспадающий в центре активатора. При определенных скоростях по оси вращения может образовываться воронка, которая значительно ухудшает условия трехмерного перемешивания. Подробное исследование условий образования воронки и ее влияние на качество стирки описано в работе [23].

Характер циркуляции зависит от соотношения размеров активатора и бака, частоты вращения активатора, а также от его формы (рис. 3.6). Как видно, в любом случае с осесимметричным активатором имеются условия для образования воронки. Воронка нарушает структуру потока

**Рис. 3.6.** Образование потока при различных формах активатора:

а — диск с вертикальными лопастями; б — активатор вертикального типа; в — турбинный активатор



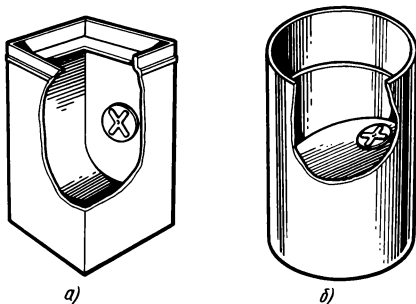


**Рис. 3.7.** Зависимость глубины воронки: а — от частоты вращения активатора; б — от частоты вращения активатора при различном числе  $K$  отражательных элементов на баке

**Рис. 3.8.** Зависимость потребляемой мощности от частоты вращения активатора при различных количествах отражательных элементов на баке

и ткань концентрируется под нею. С увеличением глубины воронки ткань прижимается к активатору и практически не перемешивается. На рис. 3.7 показана зависимость глубины воронки от частоты вращения при различных размерах активатора и отражательных элементов.

Для уменьшения воронки применяют различного вида отражательные элементы, которые создают локальные завихрения по периметру бака. Однако отражательные элементы увеличивают сопротивление потока, что приводит к увеличению потребляемой мощности. На рис. 3.8 видно, что уменьшение глубины воронки в 2 раза ведет к увеличению потребляемой мощности также в 2 раза. Кроме того, при плоском дне бака потребляемая мощность больше, чем в машинах с полуцилиндрическим или сферическим дном. При увеличении высоты жидкости над активатором потребляемая мощность также увеличивается.



Поэтому стараются не использовать осесимметричное расположение активатора, а применять боковое его расположение или несколько активаторов (рис. 3.9).

**Рис. 3.9.** Несимметричное расположение активатора: а — боковое; б — наклонное



По данным Н. И. Сивченко и др. [23], перегородки на крышке бака повысили отстирываемость на 6—9 %. Кроме этого, применение ребер в крышке дает возможность ликвидировать воронку при меньших затратах мощности, чем при установке их на внутренней поверхности бака. Оптимальной высотой ребер на крышке является такая, при которой, если отсутствует активация, ребра касаются поверхности раствора.

В машинах с цилиндрическим баком активатор расположен наклонно (машины «Рига-17», «Кама-8», «Исеть-6», «Волга-9» и др.), в машинах с прямоугольным баком — сбоку («Золушка-3», «Волна-М», «Белоснежка-2», «Приморье-6», «Урал-4», «Десна», «Самара», «Волжанка-4»). Осесимметрично расположен активатор в машинах с несимметричным баком («Фея», «Лыбидь», «Рига-80»), что уменьшает воронкообразование, а также в машинах, в которых стиральный бак совмещен с центрифугой.

### 3.1.4. Гидромеханические процессы в барабанных стиральных машинах

При барабанном способе стирки механическое воздействие на ткань осуществляется не в результате движения потока моющего раствора, а путем механического перелопачивания изделий в стиральном барабане. Механическое воздействие заключается в том, что изделия при вращении в барабане захватываются расположенными внутри гребнями, поднимаются и под действием собственной массы падают в жидкость. Очевидно, что механическое воздействие тем больше, чем больше кинетическая энергия будет сообщена массе ткани, а следовательно, определяется диаметром барабана, уровнем воды в баке, частотой вращения барабана, размером и числом гребней. При небольшой частоте вращения (рис. 3.10, а) имеет место скользящий режим, при котором происходит постепенное соскальзывание верхних слоев ткани. С увеличением частоты вращения барабана ткань не соскальзывает, а поднимается на максимальную высоту и падает с максимальной кинетической энергией (рис. 3.10, б). При дальнейшем увели-

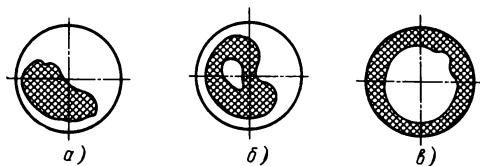
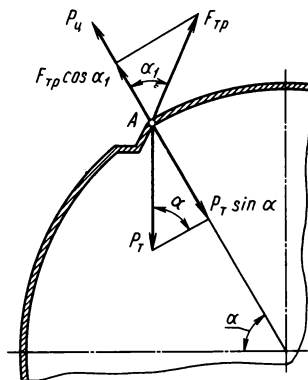


Рис. 3.10. Движение ткани в барабане стиральной машины

Рис. 3.11. Действие сил на материальную точку в стиральном баке



чении частоты вращения, когда центробежные силы превышают собственную массу мокрой ткани, ткань прижимается к барабану в виде кольца и вращается вместе с ним (рис. 3.10, в).

Рассмотрим силы (рис. 3.11), действующие на материальную точку  $A$  на внутреннем гребне барабана. Это сила тяжести массы  $P_\tau$ , направленная вертикально, центробежная сила  $P_\omega$ , направленная по радиусу от центра, и сила трения  $F_{\text{тр}}$ . По законам физики

$$P_\tau = mg; \quad P_\omega = m\omega^2 R; \quad F_{\text{тр}} = pf,$$

где  $m$  — масса увлажненной ткани;  $\omega$  — угловая скорость барабана;  $R$  — радиус барабана;  $p$  — давление материала на гребень барабана;  $f$  — коэффициент трения.

Угол  $\alpha$  подъема точки  $A$  соответствует моменту, когда она начинает соскальзывать с гребня. При этом справедливо равенство

$$P_\tau \sin \alpha = P_\omega + F_{\text{тр}} \cos \alpha,$$

где  $\alpha_1$  — угол наклона плоского гребня к радиальной плоскости.

Это уравнение можно записать в виде

$$mg \sin \alpha = m\omega^2 R + F_{\text{тр}} \cos \alpha$$

или

$$\sin \alpha = \frac{\omega^2 R}{g} + \frac{F_{\text{тр}}}{mg} \cos \alpha.$$

Максимальный угол подъема  $\alpha = \pi/2$ . Тогда

$$1 = \frac{\omega^2 R}{g} + \frac{F_{\text{тр}}}{mg} \cos \alpha_1.$$

Учитывая, что  $\cos \alpha_1 < 1$  и  $[F_{\text{тр}}/(mg)] < 1$ , можно записать

$$1 = \frac{\omega^2 R}{g} = \frac{m\omega^2 R}{mg}.$$

Соотношение  $\frac{m\omega^2 R}{mg} = \frac{P_\omega}{P_\tau} = \Phi$  называют фактором разделения:

$$\Phi = \frac{P_\omega}{P_\tau} = \frac{\omega^2 R}{g} = \frac{4\pi^2 n R}{9,81} \approx 4Rn^2;$$

при  $\alpha_{\text{кр}} = \pi/2$   $n_{\text{кр}} = 0,6/\sqrt{D}$ .

Практически установлено, что оптимальный фактор разделения для стиральных машин должен быть 0,85—0,90. Для барабана диаметром 420 мм частота вращения составляет 50—60 об/мин.

Режим стирки барабанных машин включает следующие операции: предварительная стирка, основная стирка, полоскание, спецобработка, отжим.

**Предварительная стирка** предназначена для насыщения ткани моющими средствами, уменьшения адгезии загрязнения с тканью и удаления основной части загрязнения, находящегося на поверхности ткани

и в переплетениях между волокнами. Эти загрязнения представляют собой макрочастицы (песок, металлические осадки и др.), присутствие которых в ткани при основной стирке привело бы к истощению моющего раствора, снижению концентрации ПАВ и, как следствие, к ухудшению отстирываемости. Анализ этой операции в зарубежных машинах показал, что температура моющего раствора практически во всех моделях составляет 40 °С, продолжительность операции 20—35 мин. Повышение температуры предварительной стирки недопустимо, так как при высоких температурах сворачивается белок, имеющийся в составе загрязнения. Свернувшийся белок прочно соединяется с волокнами и его вымывание затруднено. В дальнейшем оставшиеся после стирки белковые загрязнения окисляются и приводят к пожелтению тканей в местах загрязнения.

Для повышения отстирываемости и уменьшения потери прочности в результате скручивания ткани вводят реверсивный режим стирки, заключающийся в переменном изменении направления вращения барабана с паузой между вращениями. В этом случае результирующее механическое воздействие (в %) будет составлять только часть общего времени стирки:

$$M = \frac{t_b}{t_b + t_n} 100,$$

где  $t_b$  — время вращения барабана, с,  $t_b = t_{вл} + t_{вп}$  ( $t_{вл}$  и  $t_{вп}$  — время вращения барабана соответственно влево и вправо);  $t_n$  — время паузы между левым и правым вращением барабана, с.

Время цикла реверсирования можно записать в виде

$$t_{ц} = t_{вл} + t_n + t_{вп}.$$

Если время реверсирования в процессе стирки различно, общее механическое воздействие

$$M_0 = (M_1 t_1 + M_2 t_2 + \dots + M_n t_n) / T,$$

где  $M_1, M_2, \dots, M_n$  — механическое воздействие в каждом реверсировании, %;  $t_1, t_2, \dots, t_n$  — время каждого реверсирования, мин;  $T$  — суммарное время реверсирований, мин.

В зарубежных стиральных машинах механическое нагружение при предварительной стирке колеблется в широких пределах от 28 % (модель «Philips Sesa 822», ФРГ) до 88 % (модель «Siwamat 850», ФРГ) при следующей структуре реверсирования:  $t_{ц1} = 12 + 3 + 12$  с;  $t_{ц2} = 3 + 18 + 5 + 40$  с (модель «Philips Sesa 882»);  $t_{ц} = 14 + 4 + 14$  с (модель «Siwamat 850»).

Механическое воздействие бывает трех режимов: интенсивного ( $M = 70$  %) при структуре реверсирования  $t_{ц1} = 14 + 4 + 14$  с,  $t_{ц2} = 12 + 3 + 12$  с; нормального ( $M = 50$  %) при структуре реверсирования  $t_{ц1} = 10 + 5 + 10$  с и  $t_{ц2} = 9 + 4 + 9$  с; бережного ( $M < 40$  %) при структуре реверсирования  $t_{ц1} = 5 + 5 + 5$  с,  $t_{ц2} = 5 + 10 + 5$  с и  $t_{ц3} = 3 + 18 + 3$  с.

Для достижения максимального эффекта применяют комбинированную структуру реверсирования. Как правило, при нагреве применяют

нормальный или бережный режимы, так как при холодном растворе большое механическое нагружение только увеличивает потери прочности. В то же время при достижении раствором температуры 90 °С эффективен интенсивный режим. Общее время механического воздействия при стирке не должно превышать 60—70 мин. Дальнейшее увеличение механического нагружения сильно повышает изнашивание ткани: при увеличении механического воздействия до 90—95 мин износ составляет 10—12 % при отстирываемости 59—62 %, при механическом нагружении 70 мин отстирываемость практически не изменяется (59—60 %), а потери прочности снижаются до 5,9 %.

Время предварительной стирки определяется временем нагрева моющего раствора до заданной температуры и временем набухания волокон ткани. Набухание волокон — процесс, в котором волокна ткани поглощают жидкость, увеличиваясь в поперечном и продольном направлениях. В процессе набухания происходит ослабление молекулярных связей волокна и загрязнения. Из графика (рис. 3.12) видно, что процесс набухания практически завершается через 20—25 мин. Учитывая, что время нагрева также составляет 15—20 мин, это время устанавливают для длительности предварительной стирки с бережным механическим воздействием. В ГОСТ 8051—83\*Е установлена только температура моющего раствора (40 °С) и время предварительной стирки (20 мин).

**Основная стирка** производится при максимально допустимой температуре для данного вида ткани. Для хлопчатобумажной ткани 90—95 °С. Применение таких высоких температур необходимо для удаления жировых и пигментных загрязнений. С одной стороны, высокая температура действует на жировые и пигментные соединения, а с другой — на карбонат натрия, входящий в состав синтетических моющих средств. Карбонат натрия разлагается при температуре выше 70 °С с выделением кислорода, который, взаимодействуя с жировыми и пигментными загрязнениями, обеспечивает их удаление. Пользуясь потребительской терминологией, этот процесс соответствует «вывариванию» белья. Исследования показали, что с точки зрения отстирываемости и расхода электроэнергии для хлопчатобумажных тканей предпочтительной является температура моющего раствора 90 °С.

Время основной стирки состоит из времени нагрева моющего раствора до заданной температуры  $t_n$  и времени стирки после нагрева  $t_c$ . Время  $t_n$  зависит от температуры нагрева, водного модуля, температуры заливаемой воды и температуры окружающей среды. Время задается программой и составляет 5—20 мин. При этом, как правило, нагревательные элементы выключаются, так как температура за это время уменьшается незначительно. Увеличение времени свыше 20 мин

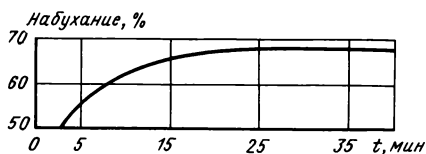


Рис. 3.12. Зависимость набухания хлопчатобумажной ткани при  $t = 40$  °С и бережном режиме от времени механического действия

нецелесообразно, так как при этом температура раствора падает до 60—70 °С, при которых возможна ресорбция загрязнения из моющего раствора на ткань (ткань «застирывается»).

В автоматических стиральных машинах отечественного производства для барабанных машин рекомендуется длительность основной стирки — 15 мин.

В барабанных машинах водный модуль значительно меньше, чем в активаторных. Так, в активаторных он равен 18—22 л/кг, а в барабанных 5—7 л/кг. В последних моделях зарубежных фирм намечена тенденция резкого снижения водного модуля. Исследования процесса стирки, проведенные В. И. Мельниковым, показали, что оптимальное значение водного модуля для барабанных машин на 4—5 кг сухой ткани составляет 4—5 л/кг. В то же время зарубежные модели стиральных автоматов выпуска 1984—1985 гг. имеют водный модуль 2,2—3,6 л/кг.

Как было отмечено ранее, для обеспечения максимальной кинетической энергии ткани при падении в барабан уровень воды должен быть как можно ниже. Практически уровень несвязанной воды устанавливают не ниже 25 мм. Наличие небольшого уровня не связанного с тканью моющего раствора высокой температуры, обеспечивает постоянное контактирование перемешиваемой ткани с почти кипящим раствором, что поддерживает температуру поглощенной тканью раствора.

Учитывая, что 1 кг сухой ткани (хлопчатобумажной) удерживает 2,2—2,5 кг раствора, для обеспечения уровня не связанного моющего раствора 20—25 мм водный модуль барабанных машин должен быть при основной стирке 3 л/кг, а при предварительной до 4 л/кг, так как температура моющего раствора в этом случае не превышает 40 °С и затраты электроэнергии невелики.

Уменьшение водного модуля до 3—4 л/кг позволяет уменьшить затраты на моющие средства, электроэнергию на нагрев и привод. На заключительной стадии стирки рекомендуется доливать холодную воду до водяного модуля 5—6 л/кг. Долив холодной воды снижает температуру моющего раствора, исключая возможность травматизма, и способствует лучшему вымыванию и удалению загрязнений.

Для снижения потери прочности ткани для основной стирки рекомендуется применять следующий режим механического воздействия: при нагреве раствора до 40 °С применять бережный режим; при нагреве раствора от 40 до 85 °С — нормальный; при достижении 85—90 °С — интенсивный режим.

ГОСТ 8051—83\*Е для режима основной стирки в барабанных машинах и при их испытаниях установлена температура моющего раствора  $85 \pm 2$  °С и механическое воздействие в течение 30 мин, если эти параметры не установлены автоматической системой управления стиральной машиной.

Провести математический анализ и установить математические зависимости между отдельными параметрами, например между отстирываемостью, потерей прочности, температурой, в некоторых случаях бывает крайне трудно. В этих случаях прибегают к эксперименту. При

большом числе параметров для сокращения числа опытов используют теорию планирования эксперимента (например метод Бокса — Уильсона). Сущность метода и способы его применения достаточно подробно изложены в работах [2, 34, 42].

Приведем некоторые результаты работ по исследованию технологического процесса стирки и созданию математической модели этого процесса. Аналогичный подход целесообразен при исследовании и оптимизации многокомпонентных хладагентов для холодильников, сушильных и гладильных машин и т. д. В связи с этим специалистам, занимающимся бытовыми приборами, рекомендуем освоить практическое использование метода Бокса — Уильсона.

При создании математической модели процесса стирки в качестве параметра оптимизации выбран показатель отстирываемости  $Q$ .

Ограничимся линейной моделью вида

$$y = a_0 + a_1x_1 + a_2x_2 + \dots + a_nx_n.$$

Такая постановка задачи позволяет ставить опыт по схеме дробного факторного эксперимента для двух уровней факторов.

В качестве факторов, определяющих процесс, выделим количество моющего раствора  $V$  ( $x_1$ ), температуру раствора при основной стирке  $t$  ( $x_2$ ), концентрацию моющих средств  $c$  ( $x_3$ ), продолжительность основной стирки после достижения заданной температуры  $\tau_1$  ( $x_4$ ), суммарное время механического воздействия  $\tau_2$  ( $x_5$ ).

Для уменьшения громоздкости приводимого примера выбрана четверть-реплика вида  $(D+\Theta)^{2^{5-2}}$ , содержащая всего восемь опытов. Интервалы варьирования:  $V = 12 \div 22$  л,  $t = 65 \div 85$  °С,  $c = 2 \div 4$  г/л,  $\tau_1 = 15 \div 30$  мин,  $\tau_2 = 25 \div 45$  мин.

Матрица планирования показана в виде табл. 3.4.

### 3.4. Матрица планирования

Номер опыта	$x_1$	$V$ , л	$x_2$	$t$ , °С	$x_3$	$c$ , г/л	$x_4$	$\tau_1$ , мин	$x_5$	$\tau_2$ , мин
1	+1	22	+1	85	+1	4	+1	30	+1	45
2	-1	12	+1	85	+1	4	-1	15	-1	25
3	+1	22	-1	65	+1	4	-1	15	+1	45
4	-1	12	-1	65	+1	4	+1	30	-1	25
5	+1	22	+1	85	-1	2	+1	30	-1	25
6	-1	12	+1	85	-1	2	-1	15	+1	45
7	+1	22	-1	65	-1	2	-1	15	-1	25
8	-1	12	-1	65	-1	2	+1	30	+1	45

Для отстирываемости получено следующее выражение:

$$Q_6 = -16,1 + 0,12V + 0,75t + 16,2c + 0,2\tau_1 + 0,056\tau_2 - 0,17ct.$$

Отдельные факторы влияют на отстирываемость следующим образом:  $\delta Q_6 / (\delta V) = 0,12$  %/л;  $\delta Q_6 / (\delta t) = 0,75 \div 0,17$  %/К при  $c \leq 4$  г/л;  $\delta Q_6 / (\delta c) = 16,2 \div 0,17$  %/г/л при  $t \leq 90$  °С;  $\delta Q_6 / (\delta \tau_1) = 0,2$  %/мин;  $\delta Q_6 / (\delta \tau_2) = 0,056$  %/мин.

Эти значения показывают, в каких пределах можно варьировать параметрами  $x_1$ — $x_n$ , чтобы повысить отстирываемость, и как влияет изменение каждого из факторов на показатель отстирываемости. Увеличение объема моющего раствора на 1 л приведет к повышению показателя отстирываемости всего на 0,12 %.

Аналогичная математическая модель процесса стирки в активаторных стиральных машинах была получена Н. И. Сивченко и др. [23]:

$$Q_a = 3.1 + 0,816d + 0,098n + 0,49h + 0,49 \cdot 10^{-4}nd - 0,7 \cdot 10^{-4}n^2,$$

где  $d$  — диаметр активатора;  $n$  — частота вращения активатора;  $h$  — высота лопатки.

**Полоскание.** Процесс сводится к удалению из ткани остатков растворимых веществ стирального раствора, отдельных частиц загрязнений, оставшихся в ткани. Эффективность полоскания определяется щелочностью воды после полоскания относительно щелочности заливаемой воды (ГОСТ 8051—83\*Е). Значение щелочности воды после полоскания относительно водопроводной воды не должно превышать 0,3 мг·экв/л.

В процессе полоскания используют большое количество воды. В зарубежных машинах применяют 4—6 полосканий с расходом воды до 25 л на 1 кг ткани. В некоторых моделях машин применяют проточный способ полоскания. Расход воды в этом случае еще больше.

Выбор правильной технологии полоскания может дать наибольшую экономию расхода воды. На рис. 3.13 приведена зависимость эффективности полосканий от числа полосканий в цикле. Для получения остаточной щелочности менее 0,3 мг·экв/л, как правило, требуется провести пять полосканий с общим расходом воды около 100 л. В модели «Lavamat de Luxe E» (ФРГ) уже после первого полоскания низкая щелочность объясняется тем, что в программе основной стирки в конце процесса предусмотрено четыре долива воды по 50 с и один долив 35 с, т. е. расход воды перенесен с процесса полоскания на процесс основной стирки, что в сумме не дает никакой экономии.

Для повышения качества полоскания во всех моделях стиральных машин применяют интенсивное механическое воздействие. Общее время полоскания составляет 8—25 мин. Эффективным методом повышения качества полоскания является введение промежуточного отжима между полосканиями длительностью (1—2) мин. Так, применение двух промежуточных отжимов длительностью по 2 мин после второго и третьего полоскания позволяет уменьшить число полосканий до четырех с обеспечением остаточной щелочности 0,17 мг·экв/л.

**Отжим влаги из ткани** в бытовых стиральных машинах является самой сложной технологической операцией, определяющей конструкцию машины. Как отмечено, 1 кг сухой ткани впитывает 2—2,5 кг воды, т. е. влажность ткани составляет 200—250 %. В процессе отжима и сушки степень влажности ткани необходимо довести до 17—20 %. При сушке в сушильных машинах на испарение 1 кг влаги затрачивается около 1,5 кВт·ч электроэнергии и 30—40 мин времени. Для

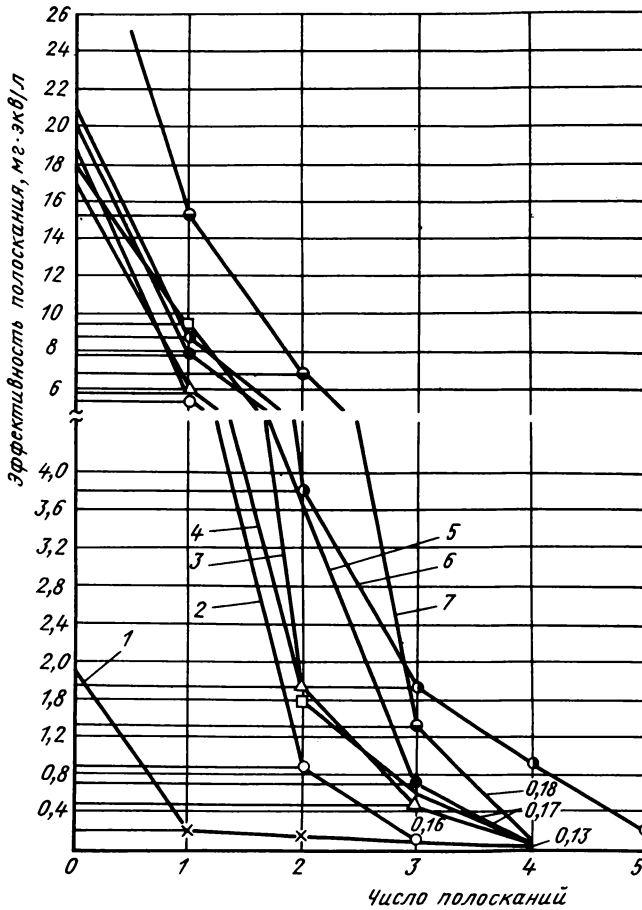


Рис. 3.13. Зависимость эффективности отпаласкивания от количества полосканий в цикле моделей машин:

1 — «Siwamat 810»; 2 — «Lawamat»; 3 — «Siwamat 850»; 4 — «Candy»; 5 — ОЦО2; 6 — «Philips»; 7 — «Miele»

отжатия 1 кг влаги в центрифуге с начальной влажностью 200 % затрачивается менее 1 мин времени и не более 0,2 Вт/ч электроэнергии. Отсюда становится очевидным необходимость максимального удаления воды в процессе отжима.

Удаление влаги из ткани в стиральных машинах осуществляется путем прессования валками или центрифугированием. Валки применяются в машинах типа СМР. В полуавтоматических и автоматических машинах используют центрифуги.

Процесс центрифугирования можно разделить на два этапа. На первом этапе удаляется влага, находящаяся в основных и уточных переплетениях ткани, а также в промежутках между волокнами. На втором этапе удаляется влага, находящаяся в ткани, в результате



сил поверхностного натяжения. После первого этапа центрифугирования влажность ткани составляет 110—120 %, после второго — 55—65 % (рис. 3.14). Из графика видно, что для достижения остаточной влажности 110—120 % частота вращения барабана должна быть 350—400 об/мин, а для достижения 55—65 % необходимо увеличить частоту вращения до 1000 об/мин. Оказывается, чтобы развить такую частоту вращения барабана и обеспечить устойчивость машины, необходимо увеличить массу машины до 100—120 кг. Это объясняется тем, что масса влажной ткани распределяется внутри барабана неравномерно и при больших частотах вращения возникает большая центробежная сила, компенсировать которую можно, создав дополнительную массу.

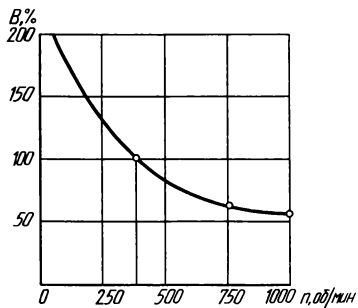


Рис. 3.14. Зависимость остаточной влажности от частоты вращения барабана центрифуги с горизонтальной осью вращения

Автоматическая барабанная стиральная машина, рассчитанная на 4—5 кг сухого белья, имеет массу 70—80 кг. Следовательно, для обеспечения устойчивости необходимо на 30—40 кг увеличить массу машины. Но и при этом получают только частоту 350—400 об/мин. Для повышения частоты до 800—1000 об/мин необходимо применять мягкую систему подвески, которая может быть выполнена с применением пружин и фрикционных, пружинно-фрикционных гидравлических амортизаторов и др. Такие системы значительно усложняют конструкцию машины и повышают ее стоимость. Поэтому используют различные специальные способы выхода на режим отжима с заданной частотой. К таким способам относится, например, прерывистый отжим, получивший за рубежом название «интерсвинг» (intersving).

Прерывистый отжим — это способ отжима, состоящий из нескольких простых фаз отжима, прерываемых во времени для обеспечения равномерного распределения массы ткани вдоль обечайки барабана. Анализ зарубежных автоматических барабанных машин показал, что способы выхода на максимальную частоту вращения можно сгруппировать и следующим образом (рис. 3.15):

1) линейный отжим — в различных машинах отличается только крутизной линии 1:  $S = dn/(dt)$ ;

2) ступенчатый отжим — отжим при котором применяют различное число ступеней и их уровней;

3) прерывистый отжим — отжим, при котором применяют различное число прерываний и их уровней.

Каждая из этих групп имеет свои модификации для хлопчатобумажной ткани, синтетической и в некоторых случаях даже для шерсти. Кроме того, в ряде машин для лучшей раскладки ткани в барабане отжим начинается при не полностью слитой воде. В некоторых машинах при одностороннем вращении барабана и частоте его вращения,

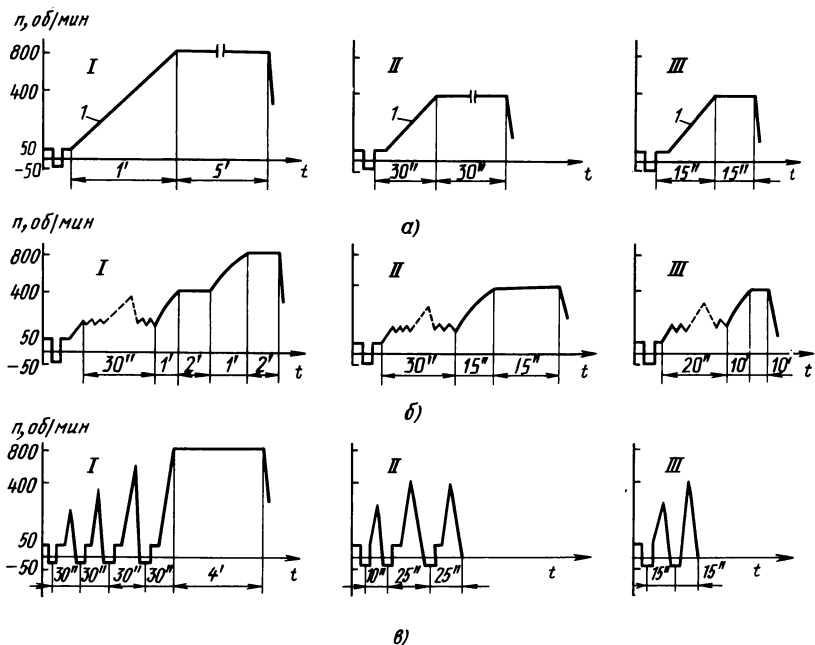


Рис. 3.15. Способы выхода барабана на максимальную частоту вращения:  
 а — линейный; б — ступенчатый; в — прерывистый; I — хлопок, лен; II — синтетика;  
 III — шерсть

соответствующей частоте вращения при стирке, производят слив воды, а затем в этом же направлении начинают отжим.

В современных стиральных машинах с электронной памятью записывают несколько программ отжима от простой до сложной. В машину встраивают датчик вибраций. При превышении амплитуды вибрации бака срабатывает датчик и дает сигнал на остановку отжима с последующим переходом на другую программу отжима. Таким образом, делается перебор всех имеющихся программ, пока не произойдет равномерная раскладка и отжим. Если перебор всех заложенных программ не обеспечивает выхода на заданную частоту отжима, в бак заливается вода и делается новая попытка провести раскладку. Если и это не дает результата, на индикаторе дается сигнал оператору о необходимости произвести раскладку ткани вручную.

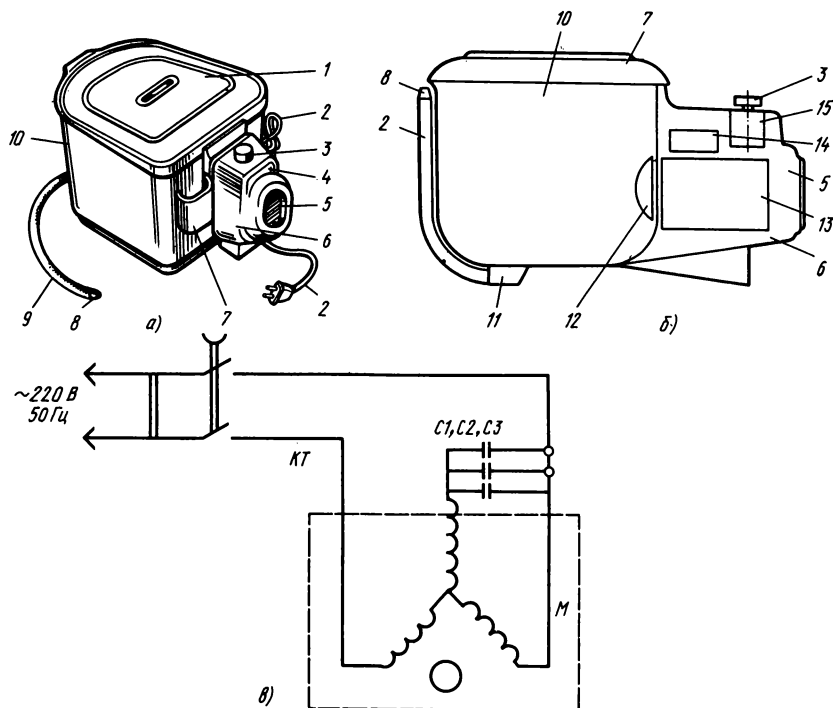
Такая система отжима используется в автоматических барабанных машинах отечественного параметрического ряда с электронной системой управления, имеющей достаточно большой объем памяти.

### 3.1.5. Параметрический ряд стиральных машин

На основании анализа существующего парка стиральных машин [26], исследований технологии стирки и перспективных решений разработан параметрический ряд стиральных машин (ОСТ.27-56-414—78). Всего в ряду 12 моделей (табл. 3.5).

Две модели типа СМ: СМ-1 с боковым активатором; СМ-1,5 с донным активатором. Две модели типа СМР: СМР-1,5 с цилиндрическим баком и корпусом и донным активатором; СМР-2 с прямоугольным корпусом, прямоугольным усеченным баком и боковым активатором. Следует отметить, что эти две модели заменят 29 существующих, чем обеспечится глубокая унификация и улучшатся условия ремонта. Четыре модели полуавтоматических машин: СМП-2 и СМП-3 с совмещенными стиральным баком и баком центрифуги, с донным активатором; СМП-2Д, двухбаковая с отдельными баками для стирки и отжима; СМП-3Б, однобаковая барабанная машина с верхней загрузкой. Учитывая перспективность автоматических машин, в ряд включены четыре модели типа СМА: СМА-3Б и СМА-4Б, однобаковые барабанные машины с верхней загрузкой; СМА-3ФБ, однобаковая барабанная машина с фронтальной загрузкой, совмещенная с раковиной умывальника; СМА-3ФБ, СМА-4ФБ, барабанные машины с фронтальной загрузкой.



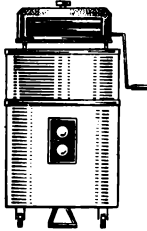
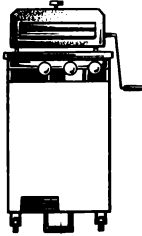
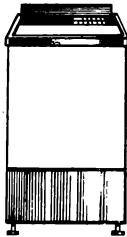
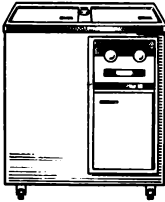
Учитывая, что при разработке машин СМ-1 с навесным активатором и СМА-3ФБ, совмещенной с раковиной умывальника, разработчики



**Рис. 3.16. Стиральная машина СМ-1:**

*а* — внешний вид; *б* — схема; *в* — принципиальная электрическая схема; 1 — крышка бака; 2 — электрошнур; 3 — ручка реле; 4 — ручка переноски; 5 — вентиляционная решетка; 6 — кожух; 7 — опора для фиксирования шланга или электрошнура; 8 — пробка; 9 — шланг; 10 — бак; 11 — сливной патрубок; 12 — активатор; 13 — электродвигатель; 14 — конденсаторы; 15 — реле времени; КТ — реле времени; М — электродвигатель; С1, С2, С3 — конденсаторы

### 3.5. Параметрический ряд стиральных машин

Номинальная загрузка			
1	1,5	2	
однобаковые, верхняя загрузка	однобаковые, верхняя загрузка	однобаковые, верхняя загрузка	двухбаковые, верхняя загрузка
СМ-1 	СМ-1,5 	Разработка воз- можна	<b>Стиральная машина</b> Разработка невоз- можна
Разработка неце- лесообразна	СМР-1,5 	СМР-2 	<b>Стиральная машина с ручным</b> Разработка невоз- можна
То же	Разработка неце- лесообразна	СМП-2 	<b>Полуавтоматическая</b> СМП-2Д 
»	То же	Разработка воз- можна	<b>Автоматическая</b> Разработка невоз- можна

сухим бельем, кг				
3			4	
однобаковые, верхняя загрузка	однобаковые, верхняя загрузка	однобаковые, фронтальная загрузка	однобаковые, верхняя загрузка	однобаковые, фронтальная загрузка

**без отжима**

Разработка нецелесообразна

Разработка нецелесообразна

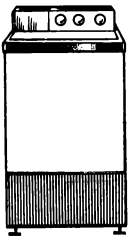
**отжимным устройством (СМР)**

Разработка нецелесообразна

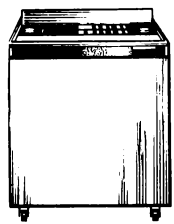
То же

**стиральная машина (СМП)**

СМП-3



СМП-3Б



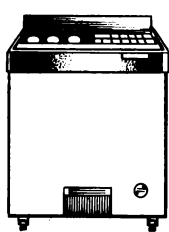
Разработка нецелесообразна

>

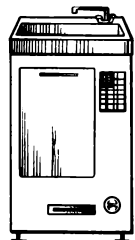
**стиральная машина (СМА)**

Разработка возможна

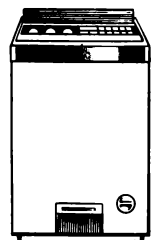
СМА-3Б



СМА-3ФБ



СМА-4Б



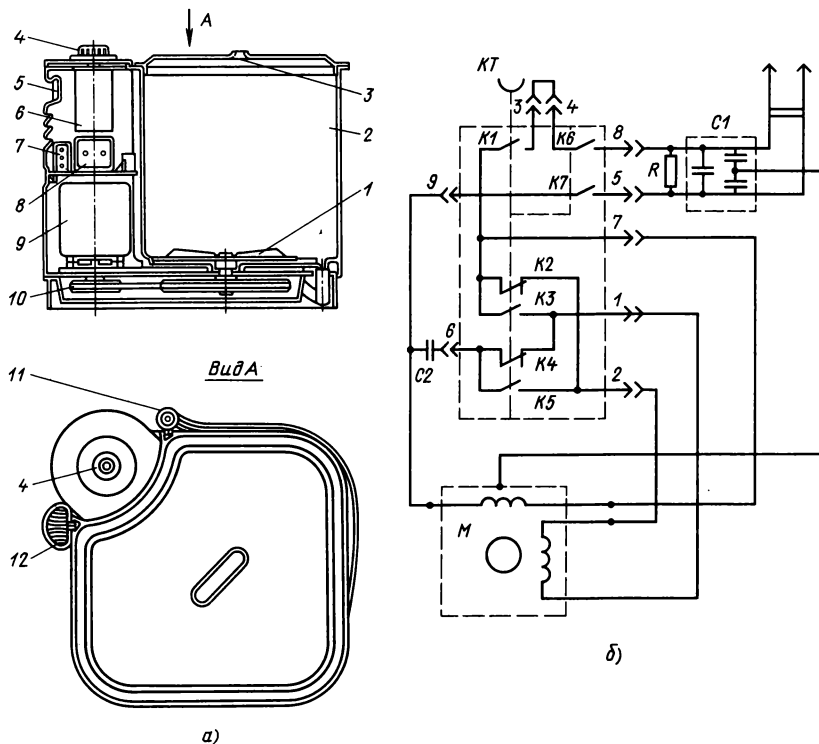
СМА-4ФБ



встретились с определенными трудностями, а серийное производство этих машин проблематично, описание в данной работе их не приведено.

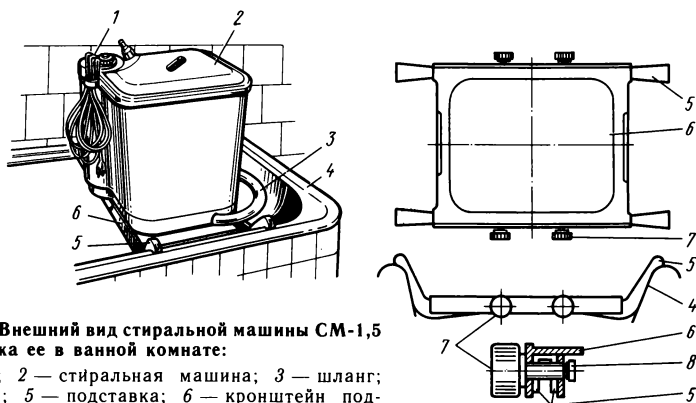
**Машина СМ-1** (рис. 3.16). Машина состоит из бака 10, крышки 1 бака, кожуха 6, активатора 12, платы 5 и электрооборудования. На плате закреплены: электродвигатель 13, реле 15 времени, конденсаторы 14. Основные детали машины выполнены из полипропилена. Активатор закреплен непосредственно на резьбовом конце вала электродвигателя. В нижней передней части бака расположен сливной патрубок 11 с пробкой 8. На патрубок может одеваться сливной шланг 9, имеющийся в комплекте принадлежностей. Электродвигатель КД-120-4/56Р УХЛЧ включается через реле времени РВ-6. В качестве фазосдвигающих конденсаторов применяют три конденсатора МБГЧ-1-1-250В на 10,4 и 1 МкФ, включенные параллельно. Электрическая схема машины приведена на рис. 3.16, в.

**Машина СМ-1,5** (рис. 3.17). Машина состоит из бака 2 (прямоугольной формы), привода, крышки 3 бака, активатора 1, электро-



**Рис. 3.17. Стиральная машина СМ-1,5:**

а — схема; б — принципиальная электрическая схема; 1 — активатор; 2 — стиральный бак; 3 — крышка бака; 4 — ручка реле времени; 5 — жалюзи; 6 — реле времени; 7 — конденсатор; 8 — конденсатор КБГ; 9 — электродвигатель; 10 — ременная передача; 11 — шланг; 12 — электрощнур; С1, С2 — конденсаторы; КТ — реле; R — резистор; М — синхронный электродвигатель



**Рис. 3.18.** Внешний вид стиральной машины СМ-1,5 и установка ее в ванной комнате:

1 — шнур; 2 — стиральная машина; 3 — шланг; 4 — ванна; 5 — подставка; 6 — кронштейн подставки; 7 — ручка фиксации кронштейна; 8 — болт фиксации

шнура 12. Стиральный бак, кожух привода и крышка бака выполнены из пластмассы. Стиральный бак имеет выемку в днище для установки активатора и выступы на внутренней стенке, указывающие на необходимый уровень воды для стирки и полоскания. Активатор приводится во вращение электродвигателем через ременную передачу 10. Привод машины состоит из электродвигателя 9 марки АВЕ-071-4С, реле времени 6, конденсаторов 7 марки К75 и 8 марки КБГ. Пуск и остановка привода активатора осуществляется с помощью реле времени, ручка 4 которого выведена на панель пульта управления. Реле времени обеспечивает автоматическое управление циклическим реверсированием, при этом чередование фаз процесса реверсирования происходит в такой последовательности: рабочий период, соответствующий вращению электродвигателя в одну сторону, 50 с; пауза 10 с; рабочий ход в обратную сторону 50 с. Машины типа СМ-1 и СМ-1,5 устанавливаются над прямобортной ванной на специальной подставке (рис. 3.18).

**Стиральная машина СМР-1,5** (рис. 3.19) имеет корпус 1, в котором расположен бак 2, выполненный из нержавеющей стали. На одном валу с активатором 21 установлен центробежный насос 20, которые приводятся во вращение с помощью электродвигателя КД-180. Электродвигатель установлен на наклонной раме 16, продольные пазы которой позволяют регулировать натяжение ременной передачи. Отжимное устройство с двумя обрезиненными валками съемное; закрепляется в рабочем положении винтом на кронштейне бака. Для пуска и остановки двигателя применено реле времени РВЦ-50, обеспечивающее реверсивное вращение двигателя. На внутренней поверхности бака имеется отметка заливаемого уровня воды при стирке и полоскании. Машина перемещается на двух роликах. Для переноски машины имеются пластмассовые ручки. В комплект машины входит наливной шланг для заливки воды из водопровода. Сверху машина закрывается съемной крышкой. Экспериментально было найдено оптимальное соотношение диаметра стирального бака и активатора при осесимметричном расположении активатора:  $D/d=1,23$ . Высота лопатки

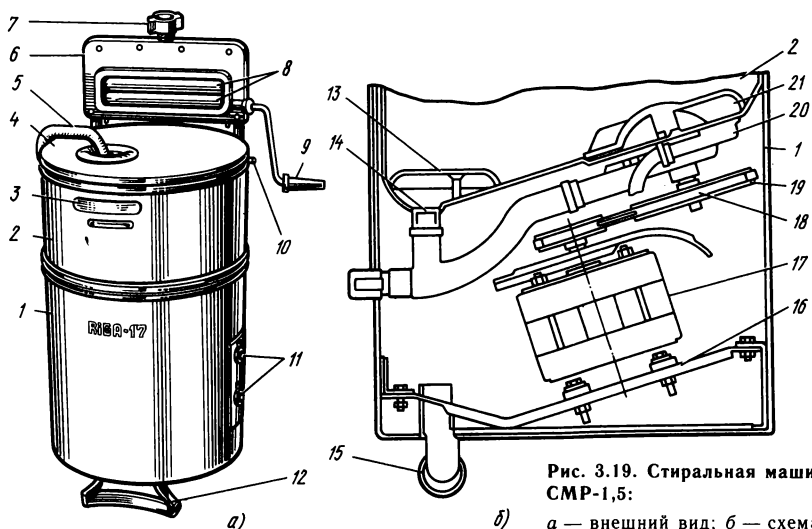


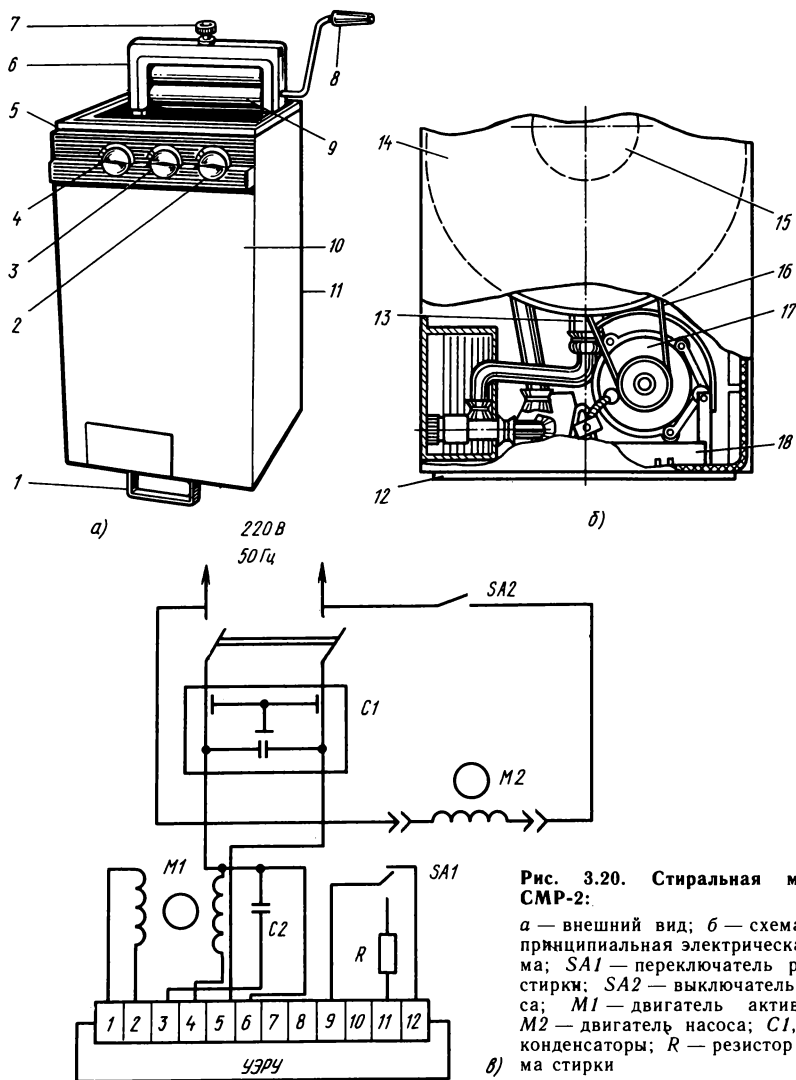
Рис. 3.19. Стиральная машина СМР-1,5:

а — внешний вид; б — схема

активатора должна составлять 0,04 диаметра бака, частоту вращения активатора целесообразно выбирать из соотношения  $n = Kd$ , где  $K = 1,6 \div 2,5$  1/(мин·мм). Результаты этих исследований были учтены при конструировании машин параметрического ряда, в том числе и при конструировании машины СМР-1,5.

**Стиральная машина СМР-2** (рис. 3.20) состоит из прямоугольного корпуса 11, съемной передней панели 10, стирального бака 14, отжимного устройства 6, поддона 12, крышки бака и крышки машины. Стиральный бак выполнен из нержавеющей стали. В верхней части бака установлено откидное отжимное устройство. Расстояние между отжимными валками регулируется ручкой 7. На внутренней стенке бака имеется отметка, указывающая на необходимый уровень воды для стирки и полоскания. В нижней части бака расположен съемный фильтр 13. Активатор 15 вращается в специальном подшипнике и приводится во вращение электродвигателем через ременную передачу. Активатор вмонтирован в стенку бака. Пуск и остановка машины осуществляются от контактов реле времени, ручка которого выведена на переднюю панель управления. На передней панели управления также установлены ручки переключения режимов стирки и включения электронасоса. На съемной передней панели смонтированы реле времени, переключатель режимов стирки, реверсивное устройство активатора, конденсаторы. Электродвигатель, электронасос и клеммная колодка установлены на поддоне 12. Клеммная колодка закрывается крышкой 18. Слив остатков жидкости из насоса производится через сливной кран в специальную емкость. Машина перемещается по полу на двух роликах. Шнур с вилкой в нерабочем положении укладывается в карман в нижней части корпуса. Электрическая схема машины СМР-2 показана на рис. 3.20, в.

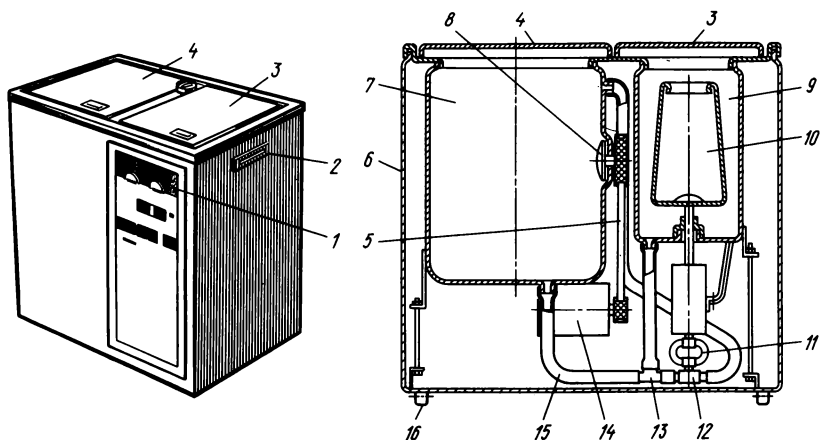




**Рис. 3.20. Стиральная машина СМР-2:**

*а* — внешний вид; *б* — схема; *в* — принципиальная электрическая схема; SA1 — переключатель режима стирки; SA2 — выключатель режима стирки; M1 — двигатель активатора; M2 — двигатель насоса; C1, C2 — конденсаторы; R — резистор режима стирки

**Стиральная машина СМП-2Д** (рис. 3.21). При проектировании базовой модели СМП-2Д в качестве основы взята конструкция машины «Золушка». Машина состоит из стирального бака 7 с боковым дисковым активатором 8, бака центрифуги 9 с вертикальной корзиной 10, центробежного насоса 12, клапанного устройства 13, системы управления. Стиральный бак и бак центрифуги вместе с верхней панелью представляют собой единую конструкцию. Корпус 6 машины сборный, из двух металлических панелей. Корпус соединен с верхней панелью и баками стяжками. Машина имеет четыре ролика для перемещения

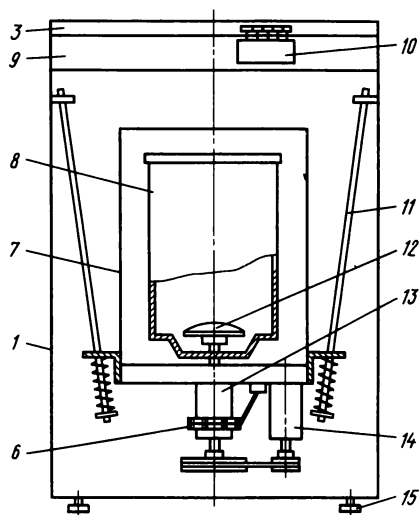
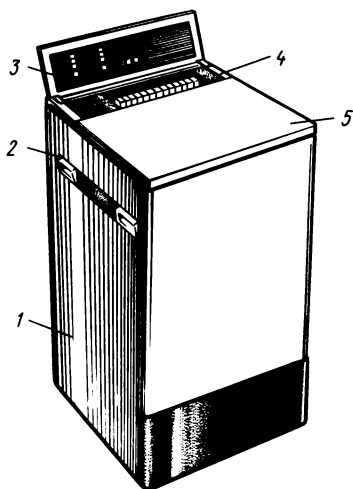


**Рис. 3.21. Стиральная машина СМП-2Д:**

*a* — внешний вид; *б* — схема; 1 — пульт управления; 2 — ручка для переноса; 3 — крышка центрифуги; 4 — крышка бака; 5 — ременная передача; 6 — корпус; 7 — бак; 8 — активатор; 9 — центрифуга; 10 — барабан центрифуги (корзина); 11 — муфта; 12 — насос; 13 — клапанное устройство; 14 — электродвигатель; 15 — гидросистема; 16 — роликовые опоры

по полу. Загрузочные отверстия бака для стирки и бака для отжима закрываются автономными крышками. Центрифуга работает только при закрытой крышке (блокировка от возможного травматизма). Центробежный насос 12 установлен на корпусе и соединен шлангами с клапанным устройством 13. В некоторых моделях вместо автоматического устройства применена механическая система переключения с выводом ручки на переднюю панель. Конструкция предохранительного клапана такова, что при неработающем насосе клапан препятствует поступлению жидкости из стирального бака в бак центрифуги. При включении насоса жидкость из бака центрифуги перекачивается в стиральный бак. Внутренняя гидросистема обеспечивает кольцевую циркуляцию раствора. Пульт управления расположен на передней панели машины и несколько утоплен внутрь, что защищает его от капель. Активатор и корзина центрифуги приводятся в движение разными электродвигателями. Вращающий момент к центрифуге подается через эластичную муфту, которая снижает вибрации машины в момент пуска центрифуги. Для обеспечения трех режимов стирки различных тканей применено универсальное электронное реверсивное устройство (УЭРУ).

**Стиральная машина СМП-2** с совмещенными стиральным баком и баком центрифуги (рис. 3.22) (аналогичная модель — СМП-3) является более перспективной, чем двухбаковая машина. Этот тип машин позволяет на базе единой конструкции создавать как полуавтоматические, так и автоматические стиральные машины с различным числом программ. Переход от одного типа машины к другому осуществляется путем введения разных электронных систем управления, унифицированных по размерам. Унифицированные электронные системы на базе



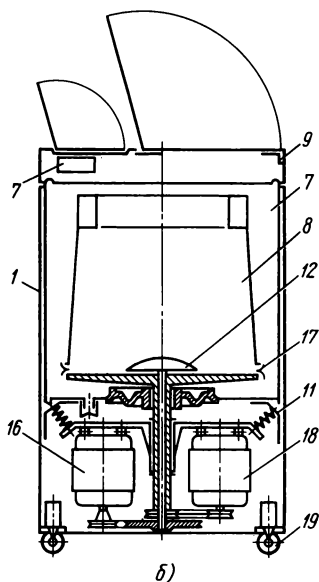
а)

**Рис. 3.22. Стиральная машина СМП-2 (СМП-3):**

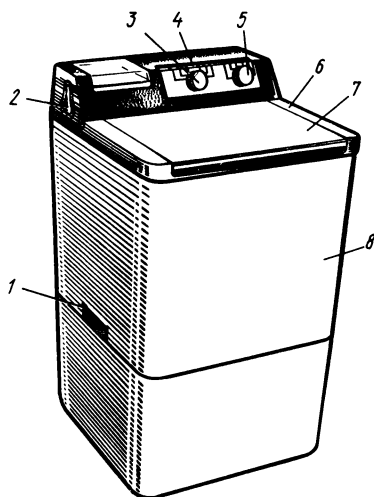
**а** — с одним электродвигателем; **б** — с двумя электродвигателями; 1 — корпус; 2 — ручка для переноса; 3 — крышка пульта; 4 — пульт; 5 — крышка загрузочного люка; 6 — тормоз; 7 — бак; 8 — барабан центрифуги; 9 — верхняя панель; 10 — блок управления; 11 — подвеска; 12 — активатор; 13 — редуктор; 14 — электродвигатель; 15 — опоры; 16 — электродвигатель активатора; 17 — гидроклапан; 18 — электродвигатель центрифуги; 19 — роликовые опоры

микропроцессоров описаны в гл. 6. Поэтому в настоящем разделе ограничимся только описанием механической части машины.

Машина СМП-2 (СМП-3) имеет три режима стирки по виду ткани: хлопчатобумажная, синтетика и шерсть. Номинальная загрузка при этом соответственно 2; 1,5; 1 кг. Водный модуль машины с совмещенным баком несколько больше, чем в других типах машин, но это позволяет повысить отстирываемость и отполаскиваемость. Максимальная продолжительность стирки для машины этого типа 25 мин. При этом в бак заливается вода требуемой температуры. Автоматическая машина СМА-2 (на базе конструкции СМП-2) нагревает воду до заданных циклограммой температур. При этом максимальное время стирки не превышает 1,5 ч. Номинальная частота вращения центрифуги 900—1000 об/мин, что позволяет получить остаточную влажность 65—70 %.



б)



**Рис. 3.23. Внешний вид стиральной машины СМП-2 (СМП-3) в пластмассовом варианте:**

1 — ручка для переноса; 2 — подключение шланга; 3 — ручка управления временем стирки; 4 — символы программ; 5 — ручка режимов; 6 — верхняя панель; 7 — крышка загрузочного люка; 8 — корпус

Стиральная машина состоит (рис. 3.22, б) из корпуса 1 с крышкой, бака 7, амортизирующей системы подвески 11 бака, барабана 8 для стирки, полоскания и отжима, активатора 12, гидросистемы для откачки жидкости из бака, узла привода активатора и барабана (редуктор 13, тормоз 6, электродвигатель 14), электронной системы управления (ЭСУ) 10.

Узел привода активатора и барабана разработан в двух вариантах. В первом варианте для привода активатора применен один двигатель и специальный редуктор (см. рис. 3.22, а). Во втором варианте установлено два двигателя (отдельно для активатора и центрифуги), в результате чего отпадает необходимость в редукторе. Однако, по мнению авторов, целесообразно создавать машину с одним двигателем и редуктором. Второй вариант показан на рис. 3.22, б.

Имеется проработка полностью пластмассового варианта такой машины (рис. 3.23), но только в полуавтоматическом режиме работы, так как нагрев раствора до 90 °С в пластмассовом баке проблематичен. Отечественного аналога машина не имеет, так как стиральная машина такого типа в СССР разработана впервые. За аналоги разработки приняты модели японских фирм: «Хитачи» (Hitachi) и «Националь» (National).

**Стиральные машины СМА-3Б и СМА-4Б** (рис. 3.24) с верхней загрузкой выпускают на 3 кг сухой ткани (СМА-3Б) и на 4 кг (СМА-4Б). Конструктивно и по системе управления эти машины практически не различаются. Отличием является объем стирального бака и, как следствие, размеры. Машина СМП-3Б (полуавтоматическая) отличается от машины СМА-3Б отсутствием нагревателя и упрощенной системой управления. Как видно, между машинами СМП-3Б и СМА-3Б довольно большой уровень унификации. Поэтому ограничимся описанием машины СМА-3Б.

Автоматические (полуавтоматические) барабанные стиральные машины с верхней загрузкой (см. рис. 3.24) состоят из основания 15, корпуса 5 с ручкой 4, верхней крышки 3, бака 12, барабана 8, системы виброизоляции, электропривода и электронной системы управления. Основание машины представляет собой жестко отбортованный профиль, выполненный методом штамповки. На основании имеются места крепления для амортизаторов 13 и роликов перемещения (или опор

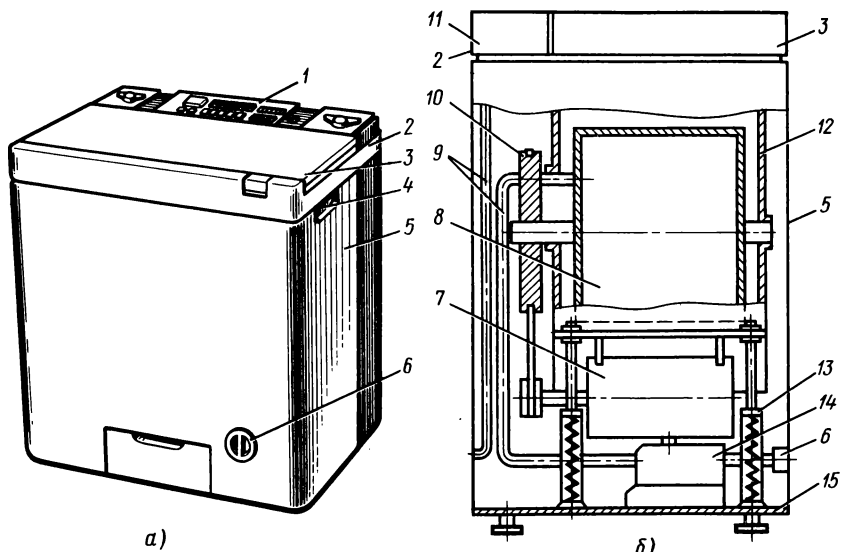


Рис. 3.24. Стиральная машина СМП-3Б (СМА-3Б и СМА-4Б):

*a* — внешний вид; *б* — схема; 1 — сенсорная клавиатура; 2 — верхняя панель; 3 — верхняя крышка; 4 — ручка для переноса; 5 — корпус; 6 — фильтр; 7 — электродвигатель; 8 — барабан; 9 — гидросистема; 10 — привод; 11 — пульт; 12 — бак; 13 — амортизатор; 14 — насос; 15 — основание

в СМА-4Б). На верхней части основания закреплен электронасос 14 с фильтром 6 и часть блоков электронных систем управления.

Корпус 5 машины состоит из двух штампованных Г-образных профилей с отбортовками в нижней части. Отбортовка служит для крепления облицовки к основанию. На передней панели расположена ниша для сетевого электрошнура и крышки фильтра гидросистемы. Верхняя панель 2 выполнена из пластмассы и соединена со стиральным баком 12 резиновой манжетой. На верхней панели имеются крышка 3, через которую обеспечивается доступ к загрузочному люку барабана 8, блок клавиатуры 11 и индикации, трехсекционный дозатор, электромагнитная защелка блокировки электропитания.

Стиральный бак состоит из обечайки и двух стенок, соединяемых сваркой или завальцовкой. На дне бака имеется отверстие для сливного патрубка. В стенках бака выштампованы отверстия для установки датчиков температуры, уровня воды и нагревательного элемента. Барабан 8 расположен внутри стирального бака, две полуоси которого установлены в подшипниковых узлах, находящихся на стенках бака. На внутренней поверхности барабана имеются ребра, обеспечивающие перемешивание ткани. На обечайке барабана расположен загрузочный люк.

В качестве системы виброизоляции использована упруго-диссипативная система, состоящая из четырех витых пружин и гасителей колебания вязкого трения. Пружины и гасители колебаний объединены

в единую конструкцию (рис. 3.25). Для уменьшения амплитуды колебаний бака в переходных режимах барабана (разгон, торможение) гасители колебаний имеют две ступени сопротивления. Управляющим параметром для переключения ступеней является частота вращения стирального барабана. В качестве исполнительного механизма служит электромагнит, установленный в корпусе амортизатора.

Гидросистема машины состоит из системы заполнения стирального бака моющим раствором и системы откачки отработанной жидкости. Системы заполнения и откачки обеспечивают установку машины как при левых, так и при правых планировках ванных комнат. Система заполнения включает заливные шланги, подсоединенные одним концом к системе водоснабжения, а другим — к резьбовым штуцерам машины, и разветвленный трубопровод с электромагнитными клапанами, обеспечивающий залив воды в машину через дозатор моющих средств. Система откачки состоит из электронасоса 14 (см. рис. 3.24) с фильтром 6, трубопровода и сливного шланга.

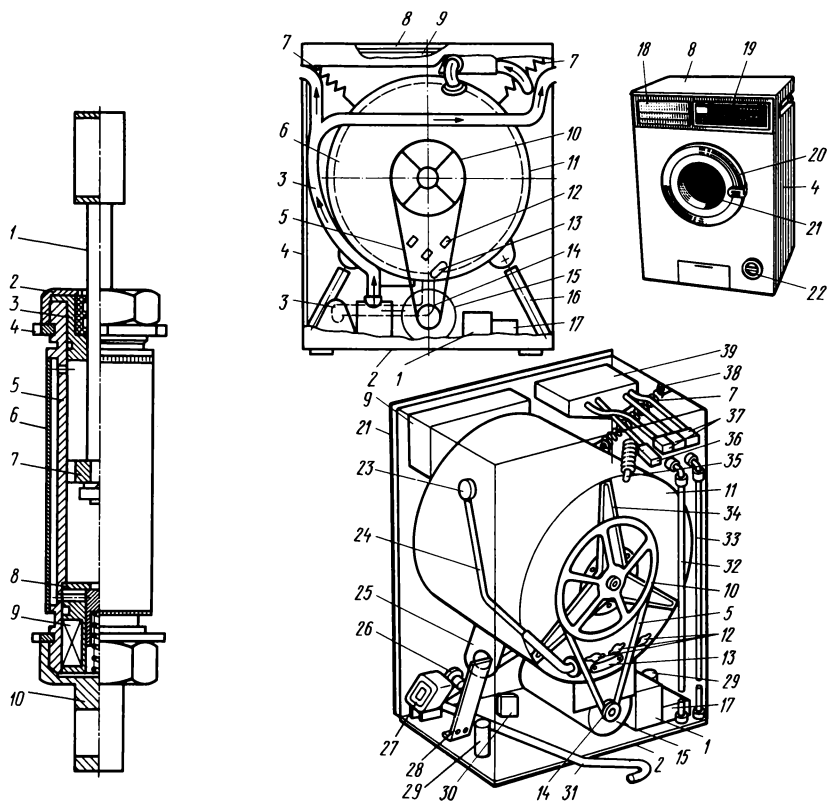
Привод барабана состоит из коллекторного электродвигателя 7 и клиноременной передачи 10 с устройством регулирования натяжения ремня. Электродвигатель с ведущим шкивом установлен на раме машины, а ведомый шкив — на одной из осей стирального барабана.

**Автоматическая стиральная машина СМА-4ФБ** (рис. 3.26) на 4 кг сухой ткани выполнена на базе машины «Вятка-автомат». Машину отличают современные формы, оригинальные цветовые и графические решения.

Машина состоит из следующих основных частей: корпуса (наружной облицовки) 4, верхней панели 8, передней панели с загрузочным отверстием, стирального бака 11, стирального барабана 6, системы виброизоляции (гаситель 16, пружина 7), узла привода барабана (электродвигатель 15, клиноременная передача 5), системы электропитания и блокировки, электронной системы управления.

Корпус 4 машины представляет собой коробчатую сварную конструкцию, выполненную из штампованных стальных листов. Корпус является несущей конструкцией. На передней панели корпуса установлена передняя стенка с загрузочным люком. В верхней части корпуса в углублениях с обеих сторон машины установлены поворотные краны для слива отработанного раствора. Корпус имеет четыре регулируемые опоры. Верхняя крышка машины, выполненная из штампованного листа, имеет ровную, гладкую поверхность.

Передняя панель машины выполнена из штампованного стального листа. На ней расположены: в средней части — загрузочный люк круглой формы (люк фиксируется защелкой), в нижней части — ниша для установки поддона для хранения сетевого шнура и слива остатков моющего раствора, а также отверстие для крышки фильтра насоса. На передней части сверху размещена панель пульта управления и дозатор моющих средств. На панели пульта, выполненной из пластмассы, расположены: сенсорная клавиатура управления машины с индикацией и сетевым выключателем, а также установлена и зафиксирована крышка дозатора моющих средств.



**Рис. 3.25. Амортизатор:**

1 — шток; 2 — гайка; 3 — втулка; 4 — контргайка; 5 — внутренний цилиндр; 6 — наружный цилиндр; 7 — поршень; 8 — шайба; 9 — катушка; 10 — гайка

**Рис. 3.26. Стиральная машина СМА-4ФБ:**

1 — блок коммутации; 2 — основание; 3 — гидросистема; 4 — корпус; 5 — клиноременная передача; 6 — барабан; 7 — пружина; 8 — верхняя панель; 9 — блок сенсорной клавиатуры; 10 — верхний шкив; 11 — бак; 12 — датчики температуры; 13 — нагреватель; 14 — нижний шкив; 15 — электродвигатель; 16 — гаситель; 17 — блок питания; 18 — крышка дозатора; 19 — пульт; 20 — крышка загрузочного люка; 21 — передняя панель; 22 — крышка фильтра; 23 — реле уровня; 24 — шланг реле уровня; 25 — пластина бака; 26 — фильтр; 27 — насос; 28 — рессора; 29 — конденсатор; 30 — реле РНК; 31 — сливной шланг; 32, 33 — наливные шланги; 34 — крестовина; 35 — отвод конденсата; 36 — клапан КЭН-1; 37 — клапан КЭН-3; 38 — упор пружины; 39 — дозатор

Стиральный бак 11 конструктивно собирается из обечайки и двух стенок (одна с загрузочным отверстием), соединенных сваркой. На задней стенке бака выполнены отверстия для установки первичных элементов датчиков уровня и датчика 12 температуры, а также электронагревателя. Бак выполнен из углеродистой стали с последующим горячим эмальированием.

Перфорированный стиральный барабан 6 цилиндрической формы, размещенный внутри стирального бака, собран из обечайки и двух стенок (задней и передней). Передняя стенка имеет круглое загрузочное

3.6. Техническая характеристика базовых моделей параметрического ряда стиральных машин

Показатель	СМ-1	СМ-1,5	СМР-1,5	СМР-2	СМР-2Д	СМП-3	СМП-3Б	СМА-3	СМА-3Б	СМА-4Б	СМА-4БФ
Отстирываемость, %	62/ (64)	62/ (64)	62/ (65)	62/ (65)	62/ (65)	52/ (55)	48/ (50)	52/ (55)	52/ (55)	52/ (55)	52/ (55)
Потери прочности, %	16	15	16	16	16	16	12	16	12	12	12
Остаточная влажность, %	—	—	98/ (95)	98/ (95)	55/ (52)	75/ (72)	110/ (105)	75/ (72)	110/ (105)	98/ (95)	98/ (95)
Потребляемая мощность, Вт:	250	370	370	370	—	—	—	—	—	—	—
при стирке	—	—	—	—	370	400	380	400	380	400	400
при отжиме	—	—	—	—	250	600	650	600	650	800	800
с электронагревом	—	—	—	—	1300	1300	1300	1300	2500	2500	2500
Размеры (в нерабочем/рабочем положении), мм:											
высота	420	570	750/980	810/980	750	850	750	850	750	850	850
длина	570	500	470/650	440/650	700	530	650	530	650	650	600
глубина	450	480	500/790	450/790	420	530	470	530	470	500	550
Масса, кг	10	15	28	32	59	65	75	65	85	90	95

- Примечания: 1. Для машин типа СМА данные по отстирываемости, потере прочности, остаточной влажности приведены по программе обработки сильнозагрязненной хлопчатобумажной ткани.
2. В скобках даны показатели для машин высшей категории качества.
3. Для полуавтоматических и автоматических машин приведена потребляемая мощность (при стирке и отжиме) электропривода.
4. Модель СМА-3 выполнена на базе СМП-3 с совмещенными стиральным баком и баком центрифуги.



зочное отверстие. На задней стенке имеется крестовина с полуосью. Полуось установлена в подшипниковый узел, расположенный на задней стенке бака. При сборке полуось барабана фиксируется стопорной пружиной и шайбой. На внутренней поверхности барабана симметрично расположены три ребра, обеспечивающие перемешивание белья при стирке. Барабан изготовлен из коррозионно-стойкой стали (листовой) с шероховатостью внутренней поверхности  $Ra \leq 1,35$  мкм (ГОСТ 2789—73\*).

Система виброизоляции, гидросистема и система управления аналогичны примененным в машине СМА-3Б.

Основная техническая характеристика базовых моделей стиральных машин параметрического ряда приведена в табл. 3.6.

### 3.1.6. Ремонт стиральных машин

**Меры безопасности.** Все виды ремонтных работ следует выполнять только на полностью отключенной от электросети машине. При этом штепсельная вилка должна быть вынута из розетки электрической сети. При необходимости проверки работоспособности машины в рабочем состоянии нельзя прикасаться к токоведущим элементам, а также к узлам, которые могут прийти в движение от электродвигателя.

Категорически запрещается включать машину в электросеть без заземления. Включение машины в работу и подсоединение к водопроводу и канализации необходимо выполнять в соответствии с руководством по эксплуатации.

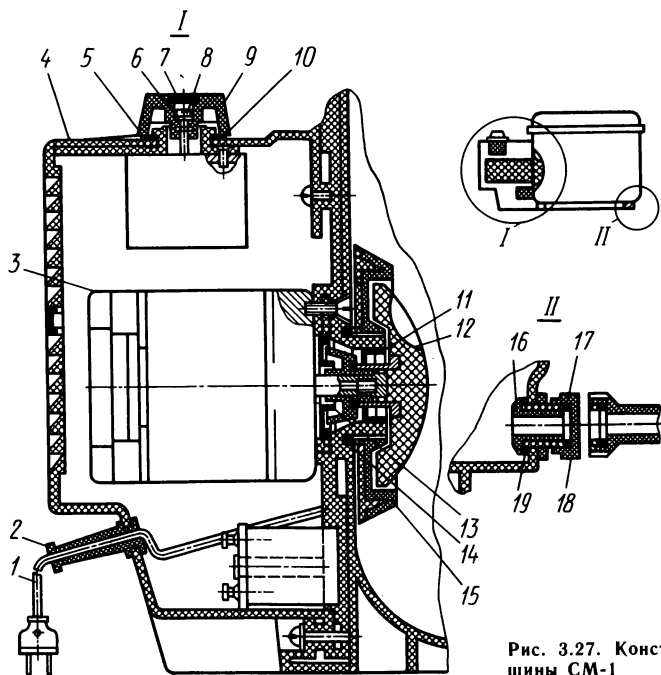
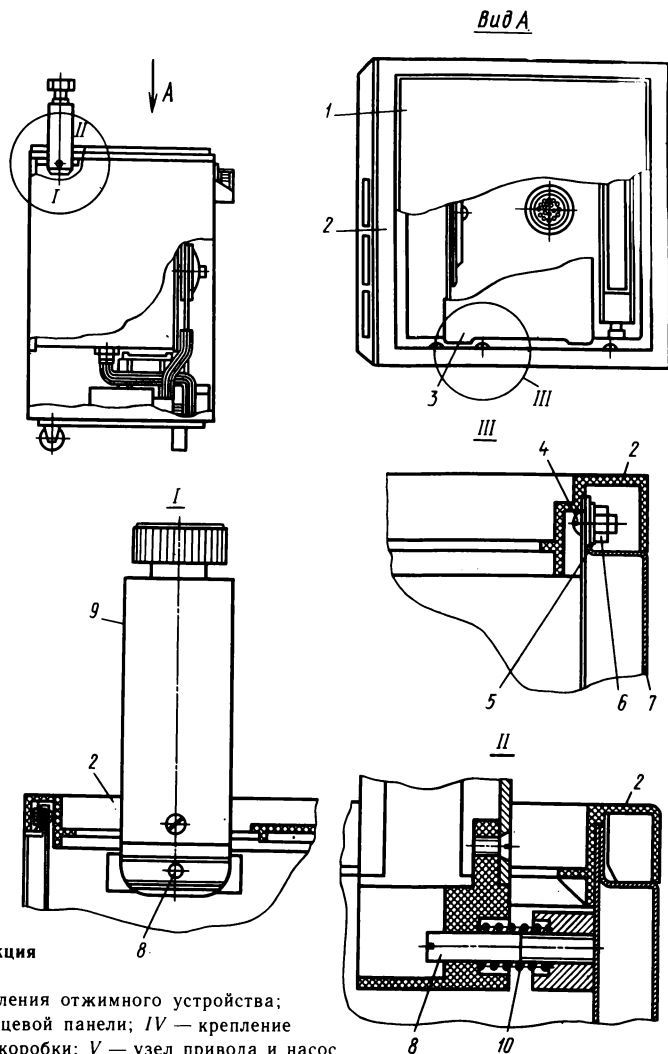


Рис. 3.27. Конструкция машины СМ-1

Машины типа СМ-1 (рис. 3.27) следует ремонтировать в такой последовательности.

1. Вынуть пробку 7, вывернуть винт 8, снять ручку 9 и отвернуть гайку 6. Снять шайбу 10, прокладку 5 и отвернуть пять винтов, постепенно подавая шнур 1 через ниппель 2 внутрь кожуха 14. Снять кожух 4.

2. Придерживая крыльчатку электродвигателя 3, отвернуть активатор 12, вращая его по часовой стрелке. Отвернуть диск 15, используя для этого отверстие на его торце, и снять диск. При этом необходимо помнить, что на активаторе резьба левая, а на диске — правая.



**Рис. 3.28. Конструкция машины СМР-2:**

*I* и *II* — узел крепления отжимного устройства;  
*III* — крепление лицевой панели; *IV* — крепление крышки клеммной коробки; *V* — узел привода и насос

3. Далее заменяют отказавший элемент и собирают машину в обратной последовательности, обращая внимание на следующее:

а) устанавливая электродвигатель 3, нужно следить за правильной насадкой втулки 13 и не допускать перекосов;

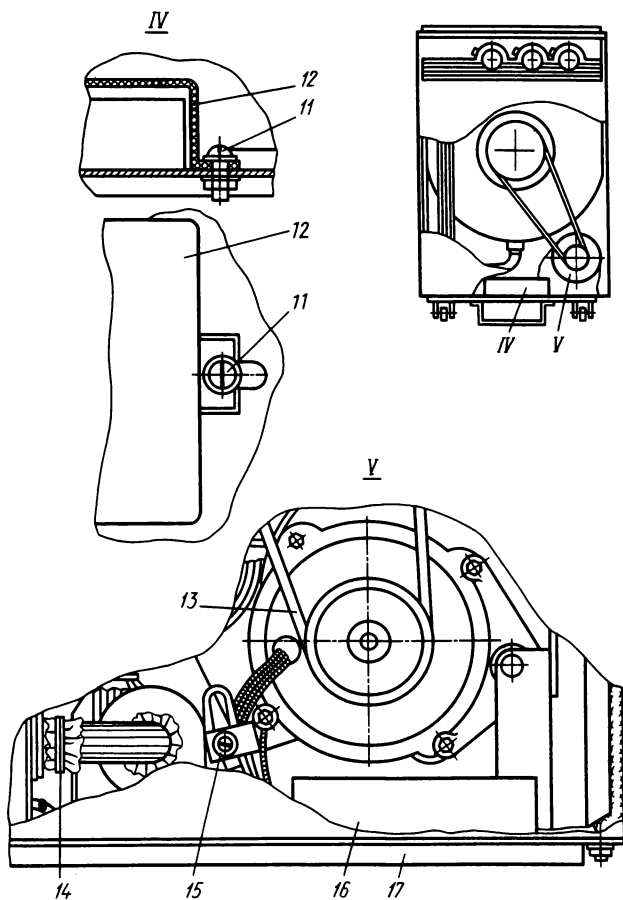
б) монтируя активатор, необходимо следить, чтобы сальник 11 не вывернулся и правильно облегал ступицу активатора, а имеющаяся в сальнике пружина осталась в своем рабочем положении;

в) устанавливая плату, следует проверить наличие уплотнительного кольца 14;

г) перед установкой кожуха надо проверить правильность положения уплотнителя;

д) установить штуцер 16, проверить наличие уплотнительной прокладки 19 и кольца 17 в пробке 18.

Машину СМ-1,5 ремонтируют аналогично машине СМ-1. Отличительной особенностью машины СМ-1,5 является наличие ременной передачи. При эксплуатации стиральной машины возможно ослабление натяжения ремня. Для регулирования его натяжения необходимо:



отключить машину от сети, снять поддон, ослабить винты крепления электродвигателя. Натяжение считается нормальным, если при приложении усилия в центре ремня, равном 3,9 Н, ремень прогибается на 3—4 мм.

Ремонт машин типа СМР-1,5 достаточно подробно изложен в работе [30].

**Машина типа СМР-2 (рис. 3.28)** ремонтируют в такой последовательности.

1. Снять верхнюю крышку 1, крышку бака 3, рамку 2.

2. Отвернуть две шпильки 8 с пружиной 10 и снять отжимное устройство 9.

3. Отвернуть две гайки 6, снять шайбы 5 и винты 4. Отвести в стороны панель 7, вывести ее из зацепления с поддоном 17 и отсоединить жгут от клеммной колодки 16 (крышка 12 колодки, винт 11 крепления).

4. Пассатижами разжать зажимы 14 и снять шланги с патрубков электронасоса. Ослабить натяжение ремня 13, отвернув на два — три оборота винт 15, и снять со шкива ремень электродвигателя.

5. Заменить вышедшую из строя деталь. Сбоку производить в обратной последовательности с учетом следующего:

а) наружная плоскость обода активатора должна выступать над плоскостью стенки бака не более чем на 1 мм; регулировку проводят установкой шайб;

### 3.7. Возможные неисправности машин типов СМ и СМР и способы их устранения

Неисправность	Возможная причина	Способ устранения
При включении в сеть и включении реле времени электродвигатель не работает	Обрыв питающего шнура	Устранить обрыв или заменить шнур
При включении реле времени электродвигатель гудит	1. Неисправен электродвигатель 2. Активатор прижат тканью, электродвигатель перегружен 3. Неисправен конденсатор	Заменить электродвигатель Освободить активатор, вынуть часть ткани. Машину пустить через 5—6 мин Заменить конденсатор
Утечка воды из бака	1. Неплотно затянут диск активатора 2. Неплотно прилегает уплотняющее кольцо 3. Неисправен сальник активатора 4. Забоины на поверхности ступицы активатора	Снять активатор, затянуть диск Проверить уплотняющее кольцо Заменить сальник
Электродвигатель работает; активатор не вращается	Ослаблено натяжение ремня или ремень соскочил	Зачистить поверхность ступицы. При необходимости заменить активатор Разобрать машину, натянуть ремень
Насос не качает воду	1. Засорился фильтр 2. Вышел из строя насос	Очистить фильтр Заменить насос

б) смещение канавки шкива активатора относительно канавки шкива двигателя не должно превышать 1 мм; регулировку проводят установкой шайб между шкивом и подшипником;

в) натяжение ремня считается нормальным, если под действием силы в 4 Н середина ветви ремня прогибается на 3—4 мм.

Возможные неисправности машины типов СМ и СМР и способы их устранения приведены в табл. 3.7.

**Ремонт автоматических машин.** В автоматических стиральных машинах применена сложная система управления на основе микропроцессоров, обнаружение неисправностей в которой под силу только квалифицированным специалистом. Методика определения наиболее сложных дефектов изложена в ремонтной документации, которую поставляют разработчики. Ремонт машин СМА на дому можно производить только путем замены отказавшего элемента. Методика определения отказавшего элемента приведена в табл. 3.8, а также в описании электронной системы управления в гл. 6.

Прежде чем начинать разборку всей машины или отдельных ее узлов, необходимо определить место дефекта. Особенностью электро-

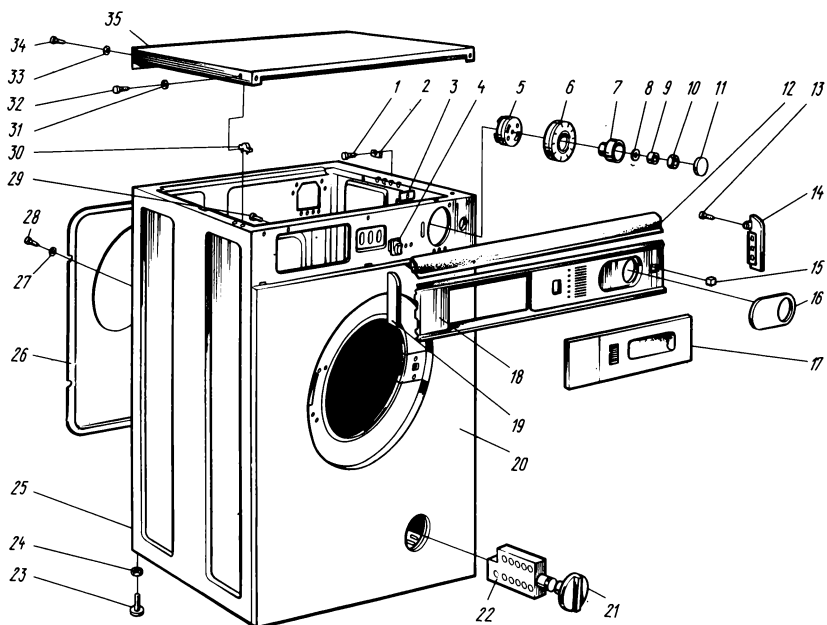
### 3.8. Возможные неисправности машин типа СМА-4ФБ и способы их устранения

Неисправность	Возможная причина	Способ устранения
При включении не горит индикатор, машина не работает	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Не закрыт люк</li> <li>2. Неисправен индикатор</li> <li>3. Обрыв соединительного шнура или неисправна штепсельная вилка</li> <li>4. Неисправен помеходавляющий фильтр</li> <li>5. Неисправен микровыключатель</li> </ol>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Закрыть люк</li> <li>Заменить индикатор</li> <li>Устранить обрыв, заменить шнур или штепсельную вилку</li> <li>Заменить фильтр</li> <li>Заменить микровыключатель</li> </ul>
Не работает электродвигатель барабана	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Обрыв в соединительной цепи</li> <li>2. Вышел из строя электродвигатель</li> <li>3. Неисправен узел ЭСУ</li> <li>4. Неисправен датчик-реле температуры</li> </ol>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Устранить обрыв</li> <li>Заменить электродвигатель</li> <li>Заменить узел ЭСУ</li> <li>Заменить датчик-реле температуры</li> </ul>
При включении электродвигатель гудит, но барабан не вращается	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Неисправен электродвигатель</li> <li>2. Пробой фазосдвигающего конденсатора</li> </ol>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Заменить электродвигатель</li> <li>Заменить конденсатор</li> </ul>
Электродвигатель привода барабана работает без реверсирования	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Обрыв соединительной цепи</li> <li>2. Неисправен узел ЭСУ</li> </ol>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Устранить обрыв</li> <li>Заменить узел ЭСУ</li> </ul>
Электродвигатель привода барабана работает, барабан не вращается	Ослаблено натяжение ремня	Отрегулировать натяжение ремня или при необходимости заменить ремень
Не выдерживается температурный режим стирки	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Неисправен датчик-реле температуры</li> </ol>	Заменить датчик-реле температуры

Неисправность	Возможная причина	Способ устранения
Вода не заливается в бак	2. Перегорел нагреватель 3. Неисправен узел ЭСУ 1. Засорилась сетка клапана 2. Неисправно реле уровня 3. Неисправен клапан 4. Обрыв в соединительной цепи 5. Неисправен узел ЭСУ	Заменить нагреватель Заменить узел ЭСУ Прочистить сетку Заменить реле уровня Заменить клапан Устранить обрыв Заменить узел ЭСУ Заменить реле уровня
Вода заливается в бак выше допустимого уровня	1. Неисправно реле уровня 2. Неисправен клапан 3. Неисправен командоаппарат	Заменить реле уровня Заменить клапан Заменить командоаппарат
Вода не откачивается из бака	1. Засорился фильтр насоса 2. Засорился насос 3. Вышел из строя электродвигатель насоса 4. Неисправен узел ЭСУ	Прочистить фильтр Прочистить насос Заменить электродвигатель Заменить узел ЭСУ
Сильный шум и вибрация при вращении барабана	1. Ослабло крепление противовесов 2. Не произведен демонтаж деталей, крепящих бак 3. Не отрегулировано устойчивое положение машины	Подтянуть гайки крепления Демонтировать детали, крепящие бак Отрегулировать устойчивое положение машины
Утечка воды	Нарушена герметичность резиновых деталей	Заменить соответствующую деталь
Слабый отжим белья. После отжима белье очень сырое, с него бежит вода	1. Насос не откачивает или слабо откачивает моющий раствор 2. Ослаблено натяжение приводного ремня	Прочистить фильтр, расправить шланги, заменить насос Натянуть ремень

схемы является то, что все цепи питания комплектующих (двигатель, электронагреватель, электроклапан и др.) проходят через микровыключатель в крышке реле уровня и контакты реле температур. Подобная особенность требует применения определенной методики поиска неисправностей в электросхеме машины. Исследуемая цепь, в которой предполагается дефект (определяется по перечню возможных неисправностей), разрывается путем отсоединения съемных контактов соединительных проводов от клемм командоаппарата. Далее проверяют целостность электрических цепей омметром и жгута с комплектующими изделиями. Когда дефект будет обнаружен, приступают к разборке машины и отдельных узлов.

Последовательность разборки показана на рис. 3.29.



**Рис. 3.29. Конструкция машины СМА-4ФБ:**

1, 13, 28, 29, 32, 33 — винты; 2, 8, 9, 27, 31, 34 — шайбы; 3 — основание; 4 — однополюсный клавишный выключатель; 5 — кулачок; 6 — диск программы; 7 — ручка; 10, 24 — гайки; 11 — вкладыш ручки; 12 — верхняя облицовка; 14 — боковая облицовка; 15 — индикатор; 16 — пластина; 17, 19 — облицовки; 18 — панель; 20, 25 — передние стенки корпуса; 21 — крышка фильтра; 22 — фильтр; 23 — опора; 26 — задняя панель; 30 — упор; 35 — верхняя крышка корпуса

### 3.1.7. Испытание бытовых стиральных машин

Стиральные машины подвергают приемсдаточным, периодическим, типовым испытаниям и испытаниям на надежность.

**Приемсдаточным испытаниям** подвергают каждую изготовленную машину. Обязательным для всех видов испытаний является испытание электрической прочности изоляции в холодном состоянии без увлажнения, так как без выполнения требований по электробезопасности машина не может быть допущена к испытаниям или к эксплуатации. Это также относится к работоспособности устройств защиты от поражения электрическим током (блокировки) и от травмоопасных частей. Поэтому при всех видах испытаний проверяют блокировочные и тормозные устройства. На приемсдаточных испытаниях также проверяют функционирование машины.

**Периодические испытания** машин проводят не реже одного раза в год, а стиральных малогабаритных машин (СМ) — не реже одного раза в два года. Для периодических испытаний региональной службой Госстандарта по ГОСТ 18321—73\* (СТ СЭВ 1934—79) отбирают не менее трех машин одного типа, прошедших приемсдаточные испыта-

ния, и направляют их в Государственный испытательный центр электробытовых машин и приборов (ГИЦ ЭМП). На периодических испытаниях кроме общетехнических испытаний на соответствие требованиям ГОСТ 14087—80 (СТ СЭВ 1110—78) проводят функциональные испытания на качество отстирываемости, потерю прочности ткани, остаточную влажность, отсутствие механических повреждений ткани при стирке, эффективность отполаскивания и др. Торговые оптовые базы подвергают испытаниям 3 % машин проверяемой партии. В программу испытаний входит внешний осмотр и проверка на функционирование.

**Испытания на надежность** также проводятся в ГИЦ ЭМП не реже одного раза в два года в соответствии с ГОСТ 17446—86\*.

Общие условия испытаний должны соответствовать ГОСТ 14087—80 (СТ СЭВ 1110—78).

При испытаниях используют воду температурой  $20 \pm 5$  °С, жесткостью 1—6 мг·экв/л. При испытаниях машин с дополнительным нагревом и при использовании горячего водоснабжения в машинах с полным нагревом температура потребляемой воды при основной стирке должна быть  $55 \pm 2$  °С. Машины с пластмассовым баком допускают залив воды температурой не более 80 °С. Испытания по функциональным параметрам проводят на трех машинах. Для проведения испытаний подготавливают загрузочную ткань, на которую нашивают испытательные образцы ткани. Масса испытательной ткани должна соответствовать данному типоразмеру машины. Массу ткани определяют при температуре окружающей среды  $20 \pm 5$  °С и относительной влажности  $65 \pm 5$  % после 24 ч пребывания в этих условиях. Если нет возможности создать указанные условия, то образцы сушат в сушильном шкафу при температуре  $60 \pm 10$  °С в течение 10 мин, пока окончательная масса станет изменяться не более, чем на 1 %. За массу загрузки принимают значение, полученное при этом процессе, и увеличенное на 8 %. Методы испытаний приведены в ГОСТ 8051—83\*Е.

## **3.2. Бытовые сушильные машины и устройства**

### **3.2.1. Физические основы процесса сушки**

Процесс сушки в бытовых условиях заключается в удалении воды из пористых материалов. Сушка материалов других видов, как и удаление различных органических растворителей, в быту требуется крайне редко. Поэтому при создании бытовой техники для сушки белья учитывают только процесс удаления воды. Сушку можно проводить как при атмосферном давлении, так и в вакууме, однако последнее технически сложно, малоэкономично, хотя и более эффективно.

По способу передачи теплоты для удаления влаги сушка может быть контактной, радиационной (инфракрасными лучами), токами высокой частоты и конвективной. Конвективный способ получил наибольшее распространение. При этом способе теплота передается непосредственно от теплоносителя (воздуха) к высушиваемому материалу. В данной работе рассмотрен только конвективный способ сушки.



### 3.2.2. Виды связи влаги с тканью и процессы ее удаления из ткани

По характеру связи влаги с тканью различают физико-механическую (макро- и микрокапиллярную), физико-химическую (абсорбционно и осмотически связанную) и химическую связи.

Макрокапиллярная влага находится в мелких капиллярах, заполняемых при смачивании, а также при поглощении (адсорбции) из влажного воздуха. Адсорбционная влага прочно удерживается на поверхности и в порах материала. Значительная часть этой влаги может быть удалена механическим путем. Осмотически связанная влага (влага набухания) находится внутри клеток и после химической является наиболее прочно связанной с материалом. Химическая влага входит в состав молекул вещества и не удаляется, так как это приводит к разрушению материала.

В процессе сушки из ткани испаряется поверхностная влага, в результате чего в материале начинается движение влаги от центра к периферии элементарных частиц. Поскольку перемещение влаги из глубины ткани к ее поверхности в основном определяется разностью концентрации влаги, а разность концентрации увеличивается с понижением влажности на поверхности материала, то внешние факторы (температура, относительная влажность и барометрическое давление воздуха) при конвекционной сушке одновременно влияют на внутреннюю диффузию влаги в процессе сушки. Наибольшее влияние в этом случае оказывает температура воздуха. Значения влажности некоторых видов ткани при нормальных условиях приведены в табл. 3.9.

#### 3.9. Влажность различных тканей при температуре 20 °С и относительной влажности воздуха 60—65 %

Ткань	Влажность, %	Ткань	Влажность, %
Шерсть	13—18	Хлопок	6,5—8,5
Лен	13—14	Ацетат	5,7—6,5
Вискоза	11,5—13,5	Капрон	3,5—4,5
Шелк	8—9	Лавсан	0,4—0,5

Процесс увлажнения и сушки ведет к изменению качества ткани: прежде всего изменяется структура волокон. Проникновение молекул воды в волокна ткани вызывает их набухание. При этом резко проявляется анизотропия волокон. Поскольку структурные элементы располагаются в основном вдоль продольной оси волокон, набухание в поперечном направлении оказывается большим. Иногда наблюдается сокращение волокон, когда увеличивающиеся при набухании волокна, сокращаясь при сушке, не принимают первоначальные размеры. Для сохранения свойств ткани в процессе ее сушки для каждого вида необходимо определять оптимальный технологический режим обработки. Технология сушки является решающим фактором сохранения свойств ткани и ее качества.

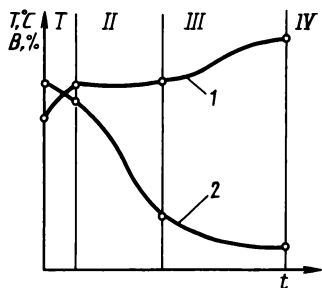


Рис. 3.30. Изменение температуры и влажности ткани в процессе сушки

Теория процесса сушки базируется на тепло- и массообмене при фазовых превращениях и на физических явлениях связи влаги с тканевыми материалами. Сложность заключается в том, что нельзя определить резкую границу между видами связи влаги с волокном ткани. Одна форма связи постепенно уменьшается, а другая начинает преобладать. Графически процесс сушки изображен на рис. 3.30. В зоне I происходит нагрев материала (кривая 1) и медленное уменьшение влагосодержания (кривая 2). В зоне II начинается поверхностное испарение влаги, температура ткани практически постоянная, а влагосодержание будет уменьшаться по линейному закону (скорость сушки постоянная). В зоне III (осмотическое испарение) температура поверхности материала увеличивается, а скорость сушки уменьшается. Температура в центре волокна ткани повышается, но температурная кривая в этой точке несколько отстает от температурной кривой на поверхности волокна. Таким образом внутри тканевого материала возникает температурный градиент, который снижается и при достижении равновесного влагосодержания становится равным нулю.

Период сушки с повышением температуры ткани и непрерывным уменьшением скорости сушки называют периодом падающей скорости. Влагосодержание на стыке зон II и III называют критическим. Начиная с критического влагосодержания, температура ткани повышается, достигая при этом температуры окружающей среды. В зоне IV при испарении химически связанной влаги наступает разрушение тканевого материала.

При конструировании бельесушильных машин необходимо выбирать оптимальные параметры сушильного агента — воздуха: его температуру, влагосодержание и скорость движения. Температура сушильного агента сильно сказывается на времени сушки. Время сушки в период постоянной ее скорости

При конструировании бельесушильных машин необходимо выбирать оптимальные параметры сушильного агента — воздуха: его температуру, влагосодержание и скорость движения. Температура сушильного агента сильно сказывается на времени сушки. Время сушки в период постоянной ее скорости

$$\tau_1 = \frac{1}{c} (\varphi - \varphi_{кр}),$$

где  $c$  — коэффициент сушки, определяющий количество испаряемой влаги на 1 кг сухой ткани;  $\varphi$  и  $\varphi_{кр}$  — влагосодержание в конце зон I и II.

Время сушки в период падающей скорости

$$\tau_2 = \frac{1}{c} (\varphi_{кр} - \varphi_p) 2,3 \lg \frac{\varphi_{кр} - \varphi_p}{\varphi_2 - \varphi_p},$$

где  $\varphi_p$  — равновесная влажность.

Общая продолжительность сушки составляет  $\tau = \tau_1 + \tau_2$ .

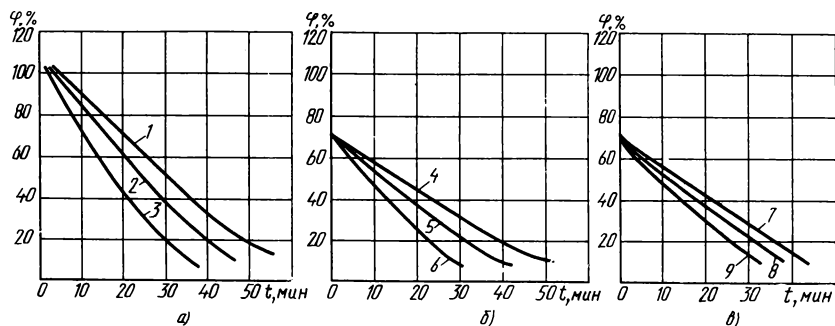


Рис. 3.31. Зависимость влагосодержания:

а — от времени сушки при различных температурах; б — от скорости теплоносителя; в — от влажности теплоносителя; 1—40 °С; 2—56 °С; 3—75 °С; 4—0,5 м/с; 5—1,0 м/с; 6—1,5 м/с; 7—1,5 г/кг; 8—3,0 г/кг; 9—9,0 г/кг

На рис. 3.31, а приведены кривые сушки хлопчатобумажной ткани с начальной влажностью 105 % при скорости теплоносителя 1,5 м/с и температуре 40, 60 и 75 °С. Как видно, при увеличении температуры сушильного агента с 40 до 75 °С снижается время сушки с 55 до 35 мин. Отсюда вытекает целесообразность максимального повышения температуры агента. Однако следует помнить, что с увеличением температуры повышаются энергопотребление и стоимость сушки. Кроме того, высокая температура теплоносителя негативно влияет на физико-механические свойства текстильного материала.

Влияние скорости теплоносителя на процесс сушки хлопчатобумажной ткани с начальной влажностью 70 % при температуре 73 °С и скоростях (0,5—1,0—1,5) м/с показано на рис. 3.31, б. Из графика видно, что время сушки сокращается примерно в 1,5 раза при скорости теплоносителя 1,5 м/с по сравнению с временем сушки при скорости теплоносителя 0,5 м/с. Повышение скорости теплоносителя свыше 1,5 м/с ускоряет процесс сушки, но ведет к чрезмерным затратам энергии (дополнительные нагреватели, увеличение мощности вентилятора).

Влияние влагосодержания теплоносителя на процесс показано на рис. 3.31, в. Анализ кривых сушки показывает, что незначительное повышение влагосодержания ведет к существенному замедлению процесса сушки. Указанные особенности следует учитывать при проектировании бельесушильных машин.

### 3.2.3. Тепловой баланс бельесушильных машин

Получаемое в бельесушильной машине тепло расходуется на нагрев ткани до заданной температуры ( $Q_1$ ); нагрев влаги, удаляемой из ткани ( $Q_2$ ); испарение влаги ( $Q_3$ ); нагрев деталей машины ( $Q_4$ ); нагрев воздуха, удаляемого из машины ( $Q_5$ ).

Опыт показывает, что на составляющие  $Q_4$  и  $Q_5$  идет незначительное количество теплоты, поэтому им можно пренебречь. Тогда

уравнение теплового баланса в процессе сушки ткани можно записать в виде:

$$Q_c = Q_1 + Q_2 + Q_3.$$

Количество теплоты, необходимое для нагрева массы влажной ткани от теплоты  $t_0$  окружающей среды до максимально допустимой  $t_k$  (конечной), для данного вида ткани

$$Q_1 = m_T c_T (t_k - t_0),$$

где  $m_T$  — масса ткани;  $c_T$  — удельная теплоемкость сухой ткани.

Количество теплоты, необходимое для нагрева влаги от температуры окружающей среды до  $100^\circ\text{C}$ ,

$$Q_2 = m_T (\varphi_1 - \varphi_2) c_v (100 - t_0),$$

где  $\varphi_1$  и  $\varphi_2$  — остаточная влажность до сушки и после сушки;  $c_v$  — удельная теплоемкость воды.

Количество теплоты, необходимое для испарения влаги из белья,

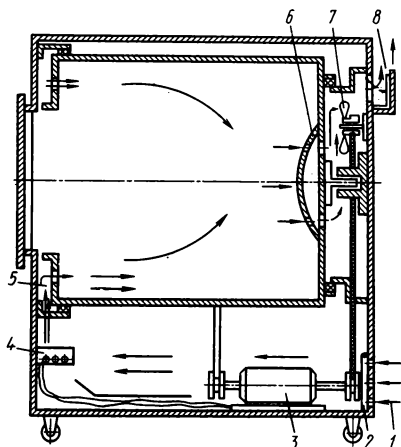
$$Q_3 = m_v r,$$

где  $m_v$  — масса испаренной воды;  $r$  — теплота парообразования;  $r = 595 t_n$  Дж·К ( $t_n$  — температура испарения в период постоянной скорости сушки).

### 3.2.4. Расчет процессов сушки в бельесушильных машинах

**Расчет трактов сушильных машин.** Воздушный тракт сушильной машины состоит из нескольких участков, на каждом из которых происходит потеря давления воздушного потока (рис. 3.32).

По ходу сушильного агента можно определить следующие участки: сопротивление на входе в машину, электрические нагреватели, сопротивление входа в сушильный барабан, пухоулавливатель, сопротивление вентилятора и выходного тракта. Общую потерю давления определяют путем суммирования потерь давления на всех участках:



$$\Delta\rho = \sum_{i=1}^N \Delta\rho_i,$$

где  $\rho$  — плотность воздуха, кг/м<sup>3</sup>.

Потери давления при внезапном расширении внутри воздушного тракта

$$\Delta\rho = \left( \frac{S_2}{S_1} - 1 \right)^2 \rho \frac{v^2}{2g}, \quad (3.2)$$

Рис. 3.32. Схема воздушного тракта сушильной машины:

1 — вход тракта; 2 — пухоулавливатель; 3 — электродвигатель; 4 — нагреватель; 5 — вход в барабан; 6 — сетчатый фильтр; 7 — вентилятор; 8 — выход тракта

где  $S_1$  и  $S_2$  — площади поперечного сечения до и после расширения;  $v$  — скорость воздушного потока;  $g$  — ускорение свободного падения.

Потери давления в удлинительных трубах

$$\Delta p = K_{\tau} \rho \frac{lv^2}{d2g}, \quad (3.3)$$

где  $K_{\tau}$  — коэффициент трения;  $l$  — длина трубопровода;  $d$  — диаметр трубопровода.

Коэффициент трения для турбулентного потока

$$K_{\tau} = \frac{0,316}{0,25 \operatorname{Re}}; \quad \operatorname{Re} = \frac{1,274Q}{dv},$$

где  $\operatorname{Re}$  — число Рейнольдса;  $Q$  — расход воздуха,  $\text{м}^3/\text{с}$ ;  $d$  — диаметр трубопровода;  $v$  — коэффициент кинематической вязкости,  $\text{м}^2/\text{с}$ .

**Расчет частоты вращения барабана сушильных машин.** Для хорошего перемешивания ткани в барабане сушильной машины рекомендуется частоту вращения устанавливать несколько ниже частоты вращения сбалансированного режима. Фактор деления следует брать примерно равным 0,8, т. е.

$$0,8 = \frac{D}{2g} \omega^2 = \frac{D}{2g} \left( \frac{2\pi n}{60} \right)^2,$$

где  $D$  — диаметр барабана, м;  $n$  — частота вращения сушильного барабана, об/мин;  $g$  — ускорение свободного падения,  $\text{м}/\text{с}^2$ ;  $\omega$  — угловая скорость, откуда  $n = 35/\sqrt{D}$ .

### 3.2.5. Классификация сушильных машин и устройств

В настоящее время бытовая бельесушильная техника включает сушильные шкафы, стирально-сушильные шкафы, стирально-сушильные машины, сушильные устройства и барабанные сушильные машины.

**Сушильный шкаф** представляет собой металлический прямоугольный корпус с дверью на фронтальной части, внутри которого размещены штанги для развешивания белья. Вода, содержащаяся в белье, под действием потока теплого воздуха удаляется в атмосферу. Белье почти не сминается, чем облегчается глаженье. В сушильных шкафах возможна сушка белья, не прошедшего отжим (за исключением огнеопасных тканей или изделий), платьев, костюмов, сумок, портфелей, плащей, обуви, зонтов и др. Если изделия бельевые, то сушильный шкаф является также и местом хранения. Большинство шкафов с загрузкой 6—8 кг белья имеют 30 штанг длиной до 500 мм, установленных в три ряда.

По системе удаления влажного воздуха существующие шкафы делятся на шкафы с естественной тягой и шкафы с активной циркуляцией воздуха. Шкафы с естественной тягой, в которых циркуляция осуществляется снизу вверх под влиянием теплоты, получаемой от нагревательных элементов, более экономичны, так как нет дополнительных энергозатрат на вентиляционное устройство принудительной

циркуляции нагретого воздуха. В шкафах с активной циркуляцией воздух движется благодаря принудительному потоку, обеспечиваемому вентиляционным устройством. Воздух направляется на нагревательные элементы и, проходя их, нагревается до температуры 50—55 °С. В зависимости от вида изделий имеется несколько уровней нагрева. Некоторые модели имеют частичную рециркуляцию воздуха, что позволяет получить наиболее рациональное использование электроэнергии.

**Стирально-сушильный шкаф** построен на том же принципе, что и сушильный шкаф. Прибор основан на водоструйном способе стирки; в нем полностью автоматизирована обработка белья (стирка, сушка, гигиеническая обработка, ароматизация) и обеспечивается хранение готовых изделий. Главными недостатками этого прибора являются большие размеры и высокое удельное энергопотребление.

**Стирально-сушильные барабанные машины** имеют основной недостаток — низкую производительность сушки по сравнению с барабанными бельесушильными машинами аналогичного объема загрузки. За один цикл сушки обрабатывается только половина выстиранного и отжатого белья. Поэтому после отжима необходимо вынимать из барабана половину белья, которое можно высушить только во втором цикле.

**Барабанные бельесушильные машины** считаются наиболее перспективными для сушки белья в бытовых условиях. Это подтверждается теми изменениями в ассортименте бытовой бельесушильной техники, которые произошли еще в середине семидесятых годов на основных мировых рынках электробытовых машин и приборов. Если в шестидесятые годы в основном спросом пользовались сушильные шкафы, устройства и центрифуги, то, начиная с 1976 г., все более увеличивались поставки барабанных сушильных полуавтоматических и автоматических машин. Преимущество барабанных сушильных машин перед остальной номенклатурой бельесушильной электробытовой техники подтверждают также и данные анализа патентных поступлений. Так, в середине восьмидесятых годов патентные поступления по барабанным сушильным машинам составили 59,8 % всех патентных поступлений по бельесушильной бытовой технике, включая стирально-сушильные машины; на долю сушильных шкафов приходилось 12,5 %, настенных сушильных устройств — 5,5 %, напольных складных сушильных устройств — 3,8 %, а стирально-сушильных автоматических машин — 18,4 %. Таким образом, основным направлением развития бельесушильной бытовой техники можно считать барабанный способ сушки.

**Классификация сушильных машин.** В качестве основного параметра при характеристике сушильных машин выбирают массу сухой ткани на одну загрузку. Выпускаются машины с загрузкой 1—6 кг сухой ткани.

По степени автоматизации сушильные машины делятся на автоматические и неавтоматические. Автоматическая машина — машина с автоматическим управлением, в которой весь технологический процесс осуществляется по заданной программе, без участия оператора. В неавтоматической машине для каждой последующей операции требуется участие оператора.


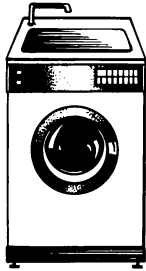


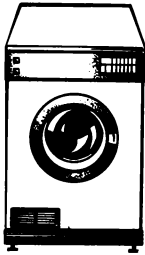
По способу установки машины делят на встраиваемые и блочно-встраиваемые. Встраиваемая сушильная машина — машина, параметры которой позволяют устанавливать и эксплуатировать ее как отдельно, так и в комплексе оборудования в специально предназначенном месте ванных комнат и санузлов квартир. Изготавливают напольные и навесные модели таких машин.

По способу загрузки сушильные машины выпускают с верхней и фронтальной загрузкой. По способу сбора отработанного воздуха сушильные машины разделяют на машины с выбросом отработанного воздуха в атмосферу и машины с конденсацией влаги.

### 3.2.6. Параметрический ряд бельесушильных машин

По номинальной загрузке бельесушильные машины параметрического ряда рассчитаны на 1, 2, 3 и 4 кг сухой ткани (табл. 3.10). Машины должны изготавливаться типоразмеров МС-1, МС-2, МСА-3 и МСА-4, характеризующихся следующими основными конструктивными особенностями: МС-1 — сушильная навесная автоматическая машина с фронтальной загрузкой на 1 кг сухой ткани; МС-2ФУ — сушильная напольная машина с фронтальной загрузкой на 2 кг сухой ткани,

3.10. Параметрический ряд сушильных машин

Номинальная загрузка сухим бельем, кг							
1		2		3		4	
фронтальная		верхняя		фронтальная		верхняя	
 <p>МС-1</p> <p>Разработка нецелесообразна</p>		<p>Разработка нецелесообразна</p>		<p>Разработка нецелесообразна</p>		<p>Разработка нецелесообразна</p>	
		<b>Напольное исполнение</b>					
<p>Разработка нецелесообразна</p>		<p>МСА-2ФУ</p> 	<p>МСА-3В</p> 	<p>МСА-3ФУ</p> 	<p>То же</p>	<p>МСА-4Ф</p> 	

### 3.11. Техническая характеристика сушильных машин

Показатель	МС-1	МС-2ФУ	МСА-3ФУ	МСА-3В	МСА-4Ф
Потребляемая мощность, Вт, не более	1200	1200	2500	2500	300
Время сушки, мин:					
от 100 %-ной влажности	90	90	105	105	120
от 55 %-ной влажности	60	70	90	90	105
Размеры, мм:					
высота	500	850	850	650	850
длина	500	600	550	450	550
глубина	360	450	600	650	600
Масса, кг, не более	23	50	65	60	70

Примечание. Время сушки определено до относительной влажности 20 %.

совмещенная с раковиной умывальника; МС-2Ф — то же, без раковины умывальника; МСА-3В — сушильная автоматическая машина на 3 кг сухой ткани с верхней загрузкой; МСА-3ФУ — сушильная автоматическая машина на 3 кг сухой ткани, совмещенная с раковиной умывальника; МСА-4Ф — сушильная автоматическая машина с фронтальной загрузкой на 4 кг сухой ткани.

Основные параметры и размеры бельесушильных машин приведены в табл. 3.11.

В машинах параметрического ряда предусмотрено регулирование мощности нагрева, пухоуловитель, самоцентрирующие ролики для удобства перемещения напольных машин. Корректированный уровень звуковой мощности не должен превышать 42 дБ·А (ОСТ 27-56-536—81).

По своим размерам модели ряда соответствуют международным параметрам, принятым для установки или встраивания машин в комплексное оборудование для ванных комнат, а также в ряд кухонных комплексов. Конструктивно все базовые модели типоразмерного параметрического ряда построены по единому принципу с унифицированным управлением. Примером может служить конструкция модели МСА-3ФУ.

**Конструкция базовой модели МСА-3ФУ** разработана в напольном исполнении с раковиной умывальника (рис. 3.33). Корпус 3 машины, состоящий из обечайки, основания, двух кронштейнов и задней стенки, предназначен для размещения и крепления основных узлов и деталей. В верхней части корпуса расположена раковина 4 умывальника, выполненная из нержавеющей стали с краном 5 смесителя. Загрузочный люк 2, расположенный на фронтальной панели корпуса, со смотровой крышкой из прозрачного пластика служит для загрузки белья в сушильный барабан. Запор 7 крышки люка оснащен микровыключателем, обеспечивающим отключение электрического питания при угле открывания люка более 10°. Пульт 6 управления с сенсорной клавиатурой расположен также на фронтальной панели в ее верхней части. Управление обеспечивается электронным устройством. Отверстие 18 для забора воздуха перекрыто решеткой. Сушильный барабан 15, представ-



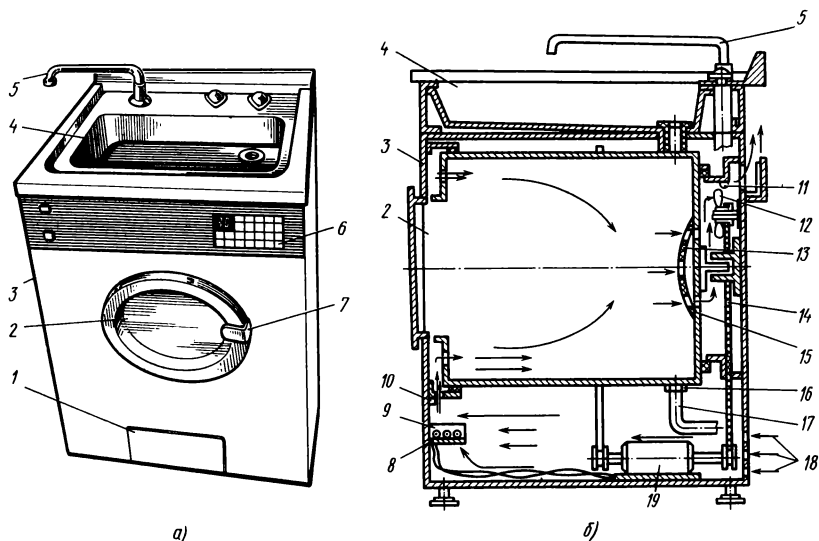


Рис. 3.33. Сушильная машина МСА-3ФУ:

а — внешний вид; б — схема

ляющий собой сварную конструкцию из обечайки, фланца с отверстием под крышку люка и фланца с фильтром-пухоуловителем, для лучшего проворачивания белья при сушке имеет три ребра. Через отверстие во фланце продувается нагретый воздух; отбортовка на фланцах является направляющей опорой при вращении барабана. Внутри барабана в отбортовку с отверстием установлен фильтр-пухоуловитель 13, представляющий собой сетку, натянутую на каркас. Перегородка 18 корпуса, на которой установлены спиральные нагреватели 9 для подогрева воздуха, закреплена на внутренних боковых стенках корпуса посредством кронштейнов и является передней опорой барабана. Задней опорой барабана служит центробежный вентилятор 12, работающий в режиме отсасывания воздуха. Для контроля температурного режима на выходе из вентилятора установлен датчик-реле 11 температуры. Для контроля температуры около нагревателя предназначен датчик-реле 10.

Электродвигатель 19 с помощью плоскоременной передачи 14 вращает барабан. Натяжение ремня обеспечивается прижимными роликами, осуществляющими необходимое его натяжение при реверсировании. Электронное устройство обеспечивает автоматическое управление машиной в соответствии с программой технологического процесса сушки белья. Выбор программ осуществляется на сенсорном поле пульта 6, который имеет 12 клавиш. Программа выбирается в зависимости от вида ткани (хлопчатобумажная, шерсть, синтетика), степени загрузки машины (полная, половинная), начальной (ручной отжим, центрифуга) и конечной сушки (сушка «под утюг», «под складирование») и относительной остаточной влажности. Съемный сифон 16

установлен для сбора загрязнений и осадков. Так как базовая модель предусмотрена для установки в ваннных комнатах и совмещенных санузлах, то в конструкции предусмотрена система слива и соединения с канализацией. Сливной шланг 17 соединяет раковину 4 умывальника с канализационной системой.

В комплект машины входит несъемный соединительный электрошнур, армированный трехполюсной вилкой, длиной не менее 3 м. На фронтальной панели корпуса, под люком находится отсек 1 для укладки шнура.

Режим работы машины — повторно-кратковременный в автоматическом режиме без постоянного надзора оператором. По санитарным нормам в ваннных комнатах и совмещенных санузлах обеспечивается воздухообмен не менее 50 м<sup>3</sup>/ч. В части защиты от поражения электрическим током машина соответствует машинам класса I, по степени защиты от проникновения влаги — изготавливается в каплезащитном исполнении [ГОСТ 14087—80 (СТ СЭВ 1110—78)]. Аналогично выполнены и другие типы машин.

### 3.2.7. Испытание сушильных машин

Перед началом испытаний машина должна выдерживаться при температуре испытательного помещения не менее 24 ч. Испытания осуществляют при номинальной загрузке текстильным материалом влажностью 90—120 % (ручной отжим). Материал должен состоять из чистых подрубленных образцов хлопчатобумажной ткани. Масса сухого материала определяется после пребывания образцов при температуре окружающей среды  $20 \pm 2$  °С и относительной влажности  $65 \pm 5$  %. Если нет возможности так подготовить образцы, допускается перед испытаниями обрабатывать образцы сушкой, взвешивая их через каждые 10—15 мин до тех пор, пока масса при взвешивании не будет отличаться от предыдущего результата на  $\pm 1$  %. Полученное значение массы, увеличенное на 8 %, принимают за массу загрузки.

Перед испытаниями белье замачивают в воде при температуре  $20 \pm 5$  °С не менее 20 мин. При проверке повышения температуры нагрева частей машины она должна работать с номинальной загрузкой при  $P=1,1P_{\text{ном}}$  по такому режиму: три рабочих периода с паузой  $5 \pm 1$  мин между периодами. Вид двигателя — асинхронный с конденсатором. Нагревостойкость изоляции электродвигателя — класса Е. Время сушки белья проверяют при номинальной загрузке образцов из хлопчатобумажной ткани (арт. 227 по ГОСТ 11680—76\*). В загрузку входят: две рубашки, одна простыня, салфетки и носовые платки. Общая масса салфеток и носовых платков представляет дополнительную массу, необходимую для создания номинальной загрузки, причем число салфеток и носовых платков должно находиться в соответствии 1:2. Размеры образцов изделия должны соответствовать ГОСТ 8051—83\*Е.

Белье подготавливают (см. п. 3.1.7), отжимают вручную, контролируют начальную влажность в пределах  $115 \pm 5$  %, загружают в машину и с помощью сенсорной клавиатуры производят набор команд: вид

ткани — «хлопок», загрузка машины — «полная», начальная относительная влажность белья — «ручной отжим», конечная относительная влажность белья — «сушка под утюг». Секундомером определяют время обработки заданной программы. Время полного цикла указанной программы — не более 90 мин.

После сушки относительная влажность белья определяется по формуле (3.1). При определении влажности загружаемого белья (после отжима) пользуются этой же формулой, подставляя в качестве  $m_2$  массу мокрого белья. Масса белья во всех случаях определяется взвешиванием. Машины считаются выдержавшими испытания, если остаточная влажность (относительная) не более 20 %.

### 3.2.8. Ремонт сушильных машин

Методика расчета сушильных машин и требования по обеспечению безопасности при ремонте аналогичны методике и требованиям, изложенным в разделе 3.1.6. Все напряжения, сила тока и сопротивления измеряются прибором типа Ц4313 или любым аналогичным прибором класса точности не ниже 2,5. Возможные неисправности сушильных машин и способы их устранения приведены в табл. 3.12.

### 3.12. Возможные неисправности сушильных машин и способы их устранения

Неисправность	Возможная причина	Способ устранения
Вал электродвигателя вращается с трудом и перегревается	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Не поступает напряжение на обмотки электродвигателя</li> <li>2. Короткозамкнутые витки обмотки электродвигателя</li> <li>3. Пробит пусковой конденсатор</li> <li>4. Снизилась мощность электродвигателя, сгорела обмотка якоря</li> </ol>	<p>Проверить контакт в штепсельной вилке и розетке</p> <p>Снять заднюю крышку машины, проверить наличие сетевого напряжения на клеммной колодке</p> <p>Проверить наличие и исправность предохранителя, заменить электродвигатель, заменить пусковой конденсатор</p> <p>Заменить электродвигатель</p>
При работе машины слышны ритмичный стук и звук трения	Прогнулась крыльчатка или имеется поломка лопастей вентилятора	Разобрать вентилятор и отремонтировать или заменить его
Увеличилось время сушки	Перегорел нагреватель	Заменить электронагреватель
На сенсорной клавиатуре КСУ-12 не высвечивается цифра 00	Отсутствует напряжение питания на блоке БПр и на сенсорной клавиатуре КСУ-12	Проверить наличие напряжения (—27 В постоянного тока и 24 В переменного тока). При наличии указанных напряжений снять блок БПр-МСА, сенсорную клавиатуру КСУ-12 и проверить их согласно инструкции по настройке

Неисправность	Возможная причина	Способ устранения
При нажатии клавиш от 1 до 0 на клавиатуре не высвечивается соответствующая цифра на цифровом табло или номер на индикаторе не соответствует номеру нажатой клавиши	1. Неисправность сенсорной клавиатуры КСУ-12 2. Неисправность блока процессора БПр-МСА	Снять клавиатуру КСУ-12 и проверить согласно инструкции по настройке Снять блок процессора БПр-МСА и проверить его согласно инструкции по настройке
При проверке клавиш задания температуры не высвечивается номер проверки и соответствующее ему значение температуры либо наблюдается несоответствие между номером проверки и соответствующим значением температуры	Неисправность блока процессора	Снять блок процессора БПр-МСА и проверить согласно инструкции по настройке

### 3.3. Бытовые гладильные машины

#### 3.3.1. Физические основы влажностно-тепловой обработки белья

Глажение изделий из ткани производится для получения нужной или восстановления утерянной их формы, распрямления смятых участков ткани и получения требуемого внешнего вида изделия. Эти процессы обеспечиваются особыми свойствами ткани: изменять физико-механические свойства при определенных условиях и восстанавливать их при возвращении в исходное состояние. В зависимости от окружающей температуры, степени влажности и механического нагружения ткани изменяют свою форму и механические свойства. Изменение температуры может придать ткани одно из трех физических состояний: стеклообразное, эластичное или вязкотекучее. Зависимость деформации большинства текстильных материалов от степени нагрева может быть представлена термомеханической кривой (рис. 3.34). При нормальной температуре волокна ткани находятся в так называемом «стеклообразном» состоянии и упругая деформация ее довольно высокая. С увеличением температуры и особенно при одновременном воздействии влаги упругая деформация в ткани значительно снижается, ослабляются межмолекулярные связи в волокнах и увеличивается эластичная деформация. Перевести волокна ткани в пластическое состояние не удается потому, что все виды волокон (кроме синтетических) разрушаются прежде, чем достигают пластического состояния. Поэтому при влажностно-тепловой обработке используют эластичную деформацию [участок  $T_c - T_1$  (рис. 3.34) на термодинамической кривой], так как в этом состоянии ткань лучше формируется, а после охлаждения деформация ткани фиксируется.

Для получения эластичной деформации необходимо ослабить молекулярные связи волокон. Это достигается увеличением энергетиче-

ского уровня молекул путем передачи им теплоты. Переходу волокон из стеклообразного состояния в эластичное способствует также введение в волокно пластификатора в виде влаги и механическое нагружение материала.

Обычно влажно-тепловую обработку тканевых изделий проводят путем контактного воздействия нагретой поверхности, вводя влагу в парообразном состоянии.

Высушенная ткань после пропаривания и последующего охлаждения сохраняет форму, приданную ей при влажно-тепловой обработке.

Исходя из изложенного, процесс глаженья можно разделить на следующие этапы: увлажнение и перевод ткани в эластичное состояние; формирование ткани; просушка ткани и фиксация полученной деформации; охлаждение и окончательная фиксация полученной формы ткани.

При влажно-тепловой обработке тканевых изделий увлажнение способствует повышению пластичности и эластичности, сопротивлению на разрыв, снижению усилий на распрямление изгибов, обеспечению равномерного нагрева поверхности ткани. Определяющим процессом при увлажнении является сорбция водяных паров и влаги. Сорбция (поглощение паров, газов, растворенных веществ твердыми телами и жидкостями) происходит при внесении волокон ткани в область водяного пара. Волокно, имеющее капиллярно-пористую структуру, поглощает пар до тех пор, пока само не будет иметь температуру пара. Этот первый этап процесса называется конденсационным, так как отложение пара на волокне вызвано тем, что температура волокна ниже температуры пара.

В течение этого периода волокно нагревается только в результате выделения теплоты конденсации.

На втором этапе начинают действовать сорбционные свойства ткани. Водяной пар диффундирует через пограничный слой поверхности материала, а оттуда проникает внутрь, где он адсорбируется на поверхности микро- и макрокапилляров. Пластифицирующее действие влаги в цикле влажно-тепловой обработки ткани в первую очередь связано с сорбцией пара, в результате чего молекулы воды, проникающие вглубь волокна, изменяют межмолекулярные связи и, соответственно, механические свойства волокон.

В результате понижается температура стеклования, ткань переходит в эластичное состояние.

Снижение температуры стеклования увеличивает деформируемость материала и снижает затраты энергии на процесс глаженья. Мате-

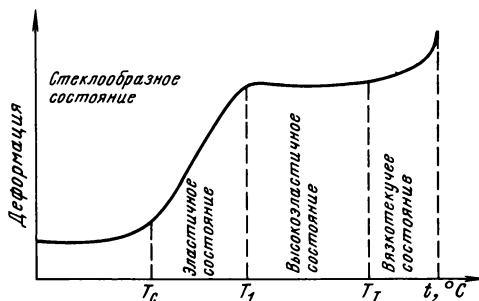


Рис. 3.34. Термомеханическая кривая текстильных материалов

риальный баланс процесса увлажнения [27] определяется следующим уравнением:

$$M_{в.л} + x_{в1}M_{в.л} + m_1 = M_{в} + x_{в2}M_{в} + m_2, \quad (3.4)$$

где  $M_{в}$  — масса сухого воздуха;  $M_{в.л}$  — масса влажного воздуха;  $x_{в1}$  и  $x_{в2}$  — влагосодержание воздуха до и после сорбции;  $m_1$  и  $m_2$  — масса материала до и после увлажнения.

В уравнении (3.4) имеем:

$$M_{в} = \frac{m_2 - m_1}{x_{в1} - x_{в2}} = \frac{M_{в.л}}{x_{в1} - x_{в2}}.$$

Тепловой баланс определяется следующим уравнением:

$$m_{в} (J_1 - J_2) = (q_1 + q_2 + q_3) - (r_k + r_c - 4,2t_{в}),$$

где  $m_{в} = M_{в}/M_{в.л}$ ;  $J_1, J_2$  — теплосодержание поступившего и отработанного пара;  $q_1, q_2, q_3$  — потери тепла в материале, гладильном валке и пространстве;  $r_k$  — теплота конденсации;  $r_c$  — температура сорбции;  $t_{в}$  — температура отработанного пара.

На практике в процессе глаженья увлажнение составляет 0,1—0,6 кг/м<sup>2</sup>.

После увлажнения выполняется формование ткани. В качестве критерия формообразования ткани выбраны: угол  $\alpha$  загибки, изменение угла  $\beta$  между нитями утка и основы, уменьшение толщины  $y$  ткани.

Общими требованиями на всех этапах влажностно-тепловой обработки является отсутствие лас, вызываемых излишним давлением на обрабатываемую ткань и представляющих собой блеск отдельных мест на изделиях. Угол  $\alpha$  загибки при разутюживании должен быть менее 20°, а при заутюживании 30—35°. Изменение угла  $\beta$  между нитями основы и утка в пределах 12—15° может прочно фиксироваться. Большее значение угла  $\beta$  прочно не фиксируется.

На операции формования не требуется уменьшать толщину формируемых материалов, поэтому требования к давлению минимальные.

К операциям влажностно-тепловой обработки, на которых уменьшение толщины материала является основным требованием, относится прессование утолщенного края и выдавливание рельефных линий. Расчет силы прижима башмака гладильных машин [28] показывает, что давление поверхности плиты увеличивается в направлении, обратном вращению валка, и достигает максимального значения на набегающем конце гладильной плиты. Для обеспечения движения белья без проскальзывания относительно валка должно обеспечиваться условие:  $f' > f$ , где  $f'$  — коэффициент трения валка о ткань;  $f$  — коэффициент трения ткани о лоток ( $f = 0,26—0,30$ ). Оптимальное давление на обрабатываемый материал колеблется от 2 до 15 кПа. На практике выбирают постоянное (6—7 кПа) или регулируемое давление.

Следующая стадия глаженья — сушка, которая аналогична процессу, описанному в разделе о сушильных машинах. Отличительной особенностью является то, что в гладильных машинах и прессах имеет место контактная сушка ткани между греющими поверхностями. На основании исследований, проведенных И. В. Орловым и В. А. Дубов-

### 3.13. Режимы глаженья различных тканей

Ткань	Температура гладильной поверхности, °С	Продолжительность обработки, с	Влажность ткани, %	Давление, кПа
Хлопчатобумажная	180—200	3	20—30	5—15
	225	2	—	—
Льняная	200—220	3	20—30	10—15
	250	0,5	—	—
Шерсть	160—200	2—6	20—30	5—10
Шерсть с лавсаном	160—180	2—4	20—30	10—15
Вискозная	160—180	3—4	10—20	2—10
Капроновая	80—110	1—2	10—20	2—5

ным в 1974 г., определены температурные режимы, время и сила прижима нагреваемой (гладильной) поверхности башмака для различных тканей (табл. 3.13).

Конструкция машин должна обеспечивать выполнение всех технологических операций: переход ткани в эластичное состояние, формование, просушку, фиксацию полученной деформации с охлаждением.

### 3.3.2. Параметрический ряд бытовых гладильных машин

Бытовые гладильные машины, предназначенные для механизированной обработки широкого ассортимента ткани, входят наряду со стиральными и сушильными машинами в комплекс механизированной обработки белья в бытовых условиях. Применение гладильных машин для глаженья прямого белья больших размеров экономит более 50 % времени по сравнению с глаженьем утюгом, а при глаженьи фасонного белья — около 20 %, не говоря уже о снижении физического напряжения оператора. Наиболее распространенными являются гладильные машины с одним валком и подвижной прессующей поверхностью. Основными поставщиками машин являются фирмы «Миле» (Miele, ФРГ), «Сименс» (Siemens, ФРГ), «Калор» (Calor, Франция), «Тефал» (Tefal, Великобритания) и «Пфафф» (Pfaff, Франция). Практически все страны в Западной Европе, Японии и США, производящие бытовые гладильные машины, в настоящее время ведут работы по совершенствованию общей компоновки, способов и технологии покрытия гладильного валка и башмака, устройств увлажнения, привода, подогрева и управления гладильными машинами, включая введение электронных устройств для подогрева и регулирования частоты вращения валка.



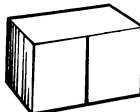
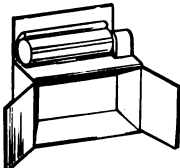

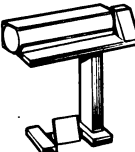
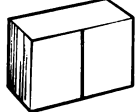
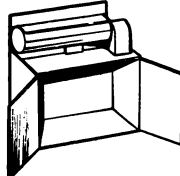
Все работы, связанные с совершенствованием бытовых гладильных машин, в основном нацелены на снижение энергозатрат, выпуск более компактных моделей с уменьшенной установочной площадью и повышение эксплуатационных параметров машин, включая совершенствование функциональной и бытовой комфортности, эргономических и эстетических параметров.

Начиная с 1978 г. основные страны, выпускающие гладильные машины, вводят в системы управления электронные устройства управления установкой прижима подошвы башмака, частотой вращения валка и нагревом, причем частота вращения валка регулируется в зависимости от степени влажности белья, температуры нагрева подошвы и типа волокна ткани. По мнению зарубежных специалистов, введение электроники в гладильные машины позволяет существенно снизить энергозатраты и повысить комфортность изделий. Следует отметить, что бельегладильные машины, сравнительно недавно вступившие на мировые рынки Западной Европы, США и Японии, уже имеют традиционное компоновочное решение. Модели бытовых гладильных машин в основном отличаются друг от друга исполнением и длиной валка.

Исходя из этого, основными параметрами для классификации бытовых гладильных машин принимают: диапазон изменения температур нагревательного элемента; длину и частоту вращения валка; исполнение машин для установки и пользования.

По конструкции бытовые гладильные машины выпускают настольного (МГ), напольного (МГН) и тумбового (МГТ) исполнений. Машины напольного исполнения при хранении складываются, а тумбового — убираются внутрь тумбы. В соответствии с этой классификацией построен параметрический ряд базовых гладильных машин (ОСТ 27-56-532—87) отечественного производства (табл. 3.14). Основной для пара-

**3.14. Параметрический ряд бытовых гладильных машин**

Исполнение машины			
настольное	напольное	тумбовое	
<b>Длина валка 650 мм</b>			
МГ-650 	МГН-650 	МГТ-650 	
<b>Длина валка 850 мм</b>			
Разработка нецелесообразна	МГН-850  	МГТ-850 	



### 3.15. Техническая характеристика параметрического ряда гладильных машин

Показатель	МГ-650	МГН-650	МГТ-650	МГН-850	МГТ-850
Длина валка, мм	650	650	650	850	850
Потребляемая мощность, Вт	1300	1300	1300	2500	2500
Размеры, мм:					
в нерабочем положении					
высота	360	1200	720	1400	720
длина	800	400	900	400	1200
глубина	360	360	450	400	450
в рабочем положении					
высота	360	935	935	935	935
длина	800	800	900	1100	1200
глубина	360	360	450	400	450
Масса, кг	23	40	45	48	50

Примечание. Диаметр валка для всех машин — 140 мм.

метрического ряда являются два основных параметра гладильных машин: длина валка и конструктивное исполнение. В качестве основного параметра выбрана длина валка. Установлено две длины валка — 650 и 850 мм (соответственно для одинарного и полуторного белья, сложенного вдвое).

Изготавливаемые гладильные машины (МГ-650, МГН-650, МГТ-650, МГН-850 и МГТ-850) характеризуются следующими конструктивными особенностями: МГ-650 — настольная машина с валком длиной 650 мм; МГН-650 и МГН-850 — напольные машины, складываемые при хранении, с валком длиной соответственно 650 и 850 мм; МГТ-650 и МГТ-850 — тумбовые машины, вкладываемые в тумбу при хранении, с валком длиной соответственно 650 и 850 мм.

Параметры и размеры машин приведены в табл. 3.15.

Частота вращения валка машины 3—10 об/мин, регулируется она бесступенчато. Время разогрева подошвы гладильного башмака до 200 °С не более 15 мин, скорректированный уровень звуковой мощности не превышает 42 дБ·А. Машины с валком одной длины отличаются только исполнением. Поэтому модели параметрического ряда с валком одинаковой длины различаются исполнением основания, размерами и массой машины.

Исходя из этого рассмотрим только конструкцию настольной гладильной машины с валком длиной 650 мм, которая является составной частью машин напольного и тумбового исполнений (рис. 3.35). Машина состоит из основания 2, гладильного валка 3 и гладильного башмака 4. Основание 2, обеспечивающее устойчивость машины во время эксплуатации, выполнено литым из сплава АЛ-9. На нем расположены: выключатель 12 электропитания и светосигнальные индикаторы 11. К основанию прикреплены бабка 8 и гладильный башмак 4.

Бабка состоит из стойки, выполненной из сплава АЛ-9, которая прикреплена к основанию болтами, и кожуха, выполненного из полистирола УПИ-60. Стойка бабки является несущей конструкцией для

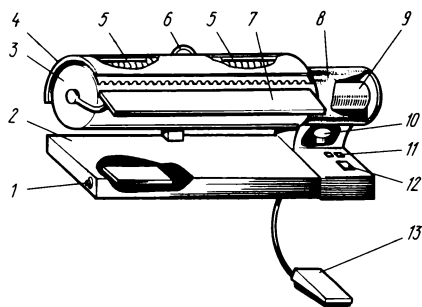


Рис. 3.35. Бытовая гладильная машина МГ-650

электропривода и гладильного валака. Внутри бабки размещено устройство защиты от радиопомех. Гладильный валок 3 представляет собой цилиндр из листовой стали 08кп с термостойким покрытием, обтянутый слоем сукна со сменным бязевым чехлом. Валок закреплен на оси редуктора электропривода 9.

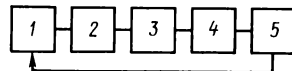
Гладильный башмак соединен с основанием посредством коромысла, подвижно закрепленного с помощью оси на кронштейне основания. Башмак снабжен решеткой, расположенной вдоль передней кромки подошвы, для предохранения пальцев оператора от прикосновения к нагретой подошве и попадания их между гладильным валком и подошвой. Длина башмака равна длине гладильного валака, а его ширина по дуге составляет 0,32 окружности валака. Металлическая подошва закрыта декоративным защитным кожухом, выполненным из тонколистовой стали. Рабочая поверхность подошвы полированная или хромированная, на нерабочей стороне подошвы под защитным кожухом имеются два нагревательных элемента 5 и терморегуляторы, ручка управления которыми выведена на заднюю верхнюю часть 6 гладильного башмака. Электропривод 10, предназначенный для перевода башмака из исходного положения в рабочее и обратно, включает в себя приводной двигатель АД-10, понижающий редуктор, кривошипно-коромысловый механизм и систему рычагов и пружин. Конструкция привода обеспечивает плотное прилегание башмака к валку по всей рабочей поверхности подошвы. Нагревательный элемент 5 обеспечивает температурный режим глаженья. Длина элемента равна половине длины подошвы башмака, ширина — ширине подошвы. Нагревательные элементы плотно прилегают к электроизоляционной теплопроводной прокладке из слюдопласта, находящейся на нерабочей поверхности подошвы.

Один терморегулятор 6 служит для поддержания температуры нагрева подошвы, другой (аналогичный) — для аварийного выключения (для защиты от пожара) и срабатывает при отказе основного. Электропривод 9 гладильного валака состоит из двигателя КД-40 и понижающего редуктора. Конструкция привода обеспечивает свободный ход гладильного валака в рабочем направлении. Электронный регулятор 11 частоты вращения валака включает в себя датчик частоты вращения, механически связанный с двигателем задающий генератор импульсов, ключ и симметричный тиристор. Электронный регулятор (рис. 3.36), кроме датчика частоты вращения валака и переменного резистора, смонтирован на плате, выполненной печатным способом.

В основу регулирования частоты вращения валака положен широтно-импульсный метод управления асинхронным двигателем 1, по которому

Рис. 3.36. Схема электронного регулятора частоты вращения гладильного вала:

1 — электродвигатель; 2 — датчик частоты вращения; 3 — электронный ключ; 4 — задающий генератор; 5 — управляемый тиристор



соотношение времени подачи питания на двигатель и времени пауз определяет среднюю частоту вращения двигателя. Этот способ осуществляется в схеме импульсного управления симметричным тиристором 5. На управляющий электрод тиристора подаются импульсы от задающего генератора 4 с частотой 500—1500 Гц в зависимости от требуемой частоты вращения двигателя. Переменный резистор, с помощью которого регулируют частоту управляющих импульсов, установлен в педали. При нажатии на педаль сопротивление уменьшается и частота вращения увеличивается. Для стабилизации частоты вращения двигателя применена обратная связь. Стабилизация осуществляется путем периодического срыва генерации генератора 4 и при совпадении реальной частоты вращения двигателя с заданной. Для этого на валу двигателя установлен диск с 60 прорезями, пересекающий световой поток от светодиода к фотодиоду. Элементы этого узла образуют датчик частоты вращения вала. Импульсы датчика 2 поступают на ключ 3. При частоте вращения меньше заданной на управляющий электрод симметричного тиристора 5 поступает импульс включения. Если частота вращения двигателя равна заданной, импульс управления на тиристор 5 не поступает, он остается запертым, и двигатель обесточивается.

Предохранительное устройство 1 (см. рис. 3.35) служит для экстренного перевода гладильного башмака в исходное положение при прекращении подачи электроэнергии нагретой подошве. Оно управляется кнопкой, расположенной на левом торце основания. Полка 7 служит для подготовки и распрямления белья перед подачей под гладильный башмак и поддерживает изделие при глажении. Длина полки равна длине гладильного вала. Металлическими кронштейнами полка прикреплена к основанию.

Устройство, предназначенное для управления приводом 10 башмака и вала при регулировании частоты вращения последнего, выполнено в виде педали 13.

### 3.3.3. Рекомендации по проектированию гладильных машин

В бытовых гладильных машинах в качестве нагревателя может использоваться трубчатый электрический нагреватель — ТЭН (ГОСТ 13268—83Е) или плоский нагреватель на основе композиционных резистивных материалов. ТЭН представляет собой металлическую трубку с вмонтированным внутри нагревательным элементом в виде токопроводящей спирали, запрессованной в специальном наполнителе — плавленой окиси магния (переклаз), кварцевом песке или корунде. ТЭНы выполняют любой формы. Они характеризуются большой удельной мощностью, выдерживают большие нагрузки и сравнительно просты в изготовлении. Однако у них существенный недостаток:

безопасность их обеспечивается только при условии заземления внешней трубки т. е. их можно применять только в приборах класса I [ГОСТ 14087—70 (СТ СЭВ 1110—78)]. Поэтому возникает необходимость применять в приборах дополнительную изоляцию, что не всегда возможно. В последнее время при проектировании бытовых приборов все больше используют плоские нагреватели в виде напыленных проводников из фольговых материалов, а также тканевые элементы. В этих нагревательных элементах в качестве токопроводящей среды используются специальные сплавы. Наиболее известными сплавами являются сплавы никеля с хромом (нихромы) и сплавы хрома, никеля и железа (ферронихромы): например нихром Х20Н60 (работающий при температуре 1050—1100 °С), феррохром Х15Н60 (работающий при температуре 950—1000 °С и имеющий удельное сопротивление 1,0—1,2 Ом·мм<sup>2</sup>/м).

При проектировании бытовых гладильных машин выбирать нагревательные элементы необходимо с учетом следующих требований:

1) токопроводящий материал должен быть термоустойчивым к температурам 1000—1100 °С, иметь большое удельное сопротивление, малый температурный коэффициент электрического сопротивления;

2) токопроводящий материал должен быть максимально приближен к внутренней стороне металлической подошвы башмака;

3) теплопроводность электроизоляционного слоя между подошвой гладильного башмака и токопроводящим материалом должна быть высокой;

4) между токопроводящим материалом и защитным кожухом башмака должна быть необходимая теплоизоляция;

5) после выдержки в среде влажностью 95 % в течение 48 ч [приборы класса II изоляции по ГОСТ 14087—80 (СТ СЭВ 1110—78)] электроизоляции должна выдерживать без пробоя и поверхностного разряда в течение 1 мин напряжение 3750 В частотой 50 Гц.

Приведенным требованиям наиболее полно отвечают напыленные или фольговые нагреватели.

В качестве электроизоляции в трубчатых нагревателях используют окись магния и слюдопласт ИФ-12, в спиральных нагревателях — слюду, миканит, в плазменно-напыленных — окись алюминия, нанесенную на промежуточную пластину, и слюдопласт, а также применяют асбест или базальтовый картон ТК-5. Влияние материалов нагревательного элемента и теплоизоляции на характеристики гладильного башмака показано на рис. 3.37. В первых образцах гладильной машины «Калинка» применяли асбест толщиной 4 мм [теплопроводность  $\lambda = 0,11$  Вт/(м·К)]. В гладильных машинах параметрического ряда применен базальтовый картон, который дешевле асбеста и обладает меньшей теплопроводностью [ $\lambda = 0,32$  Вт/(м·К)]. Если сравнить базальтовый картон и асбест примерно равной толщины (соответственно 5 мм и 4 мм), то при применении базальтового картона температура кожуха будет меньше, потери теплоты снижаются и КПД нагревателя повышается.

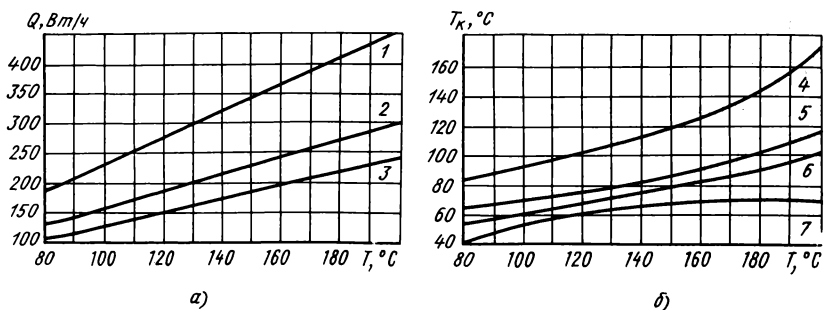


Рис. 3.37. Влияние материалов нагревательного элемента и теплоизоляции на характеристики гладильного башмака:

*a* — потребляемую мощность; *б* — температуру кожуха; 1 — ТЭН; 2 — проволока; 3 — фольга; 4 — асбест (4 мм); 5 — базальтовый картон толщиной 5 мм; 6 — базальтовый картон толщиной 10 мм; 7 — базальтовый картон толщиной 15 мм

Гладильные машины параметрического ряда с базальтовым картоном в качестве теплоизоляции примерно на 40 % меньше потребляют энергии по сравнению с первыми образцами машин «Калинка». Это объясняется меньшей теплопроводностью базальтового картона, в результате чего при режиме глаженья 200 °С температура поверхности защитного кожуха 78 °С (при температуре 180 °С у машины «Калинка»); более низкой (на 150—200 °С) рабочей температурой нагревательных элементов; меньшим временем выхода на режим (на 1,5—2 мин).

В качестве теплоизоляции для напыления токопроводящих материалов можно применять окись алюминия с последующей пятикратной пропиткой окисью кремния. Электрическая прочность этих образцов после воздействия влаги составляет 1400—1500 В, что позволяет применять напыленные нагреватели в машинах и приборах класса I изоляции.

Возможно также использование органосиликатных покрытий толщиной 0,2—0,3 мм. Требования к усиленной изоляции (испытательное напряжение 3750 В) выдерживают покрытия ОС-92-04 (4500 В) и ОС-92-02 (4000 В). Однако следует помнить, что для нагревателей с кремниевыми и органосиликатными покрытиями требуется дополнительная электроизоляция на 1250 В. Для этого можно рекомендовать слюдопласты, которые обладают требуемыми электрическими свойствами, надежностью и технологичностью.

При испытаниях гладильных машин необходимо пользоваться токопроводящими термодисками диаметром не более 0,3 мм, которые припаивают к центру медного диска диаметром  $10 \pm 0,5$  мм и толщиной не более 1 мм. В процессе измерения необходимо обеспечить надежный контакт между поверхностью и диском. Методы испытаний гладильных машин изложены в ОСТ 27-560-190—81.

Рекомендации по расчету рабочих органов и частоты вращения вала приведены в работах И. В. Орлова и В. А. Дубовного, а также в работе [28].

### 3.3.4. Ремонт бытовых гладильных машин

Замена неисправных узлов и деталей и устранение основных неисправностей производится в соответствии с инструкцией по ремонту гладильных машин. При сборке машин особое внимание необходимо обратить на подключение вводных концов электродвигателей, так как неправильное подсоединение может привести к перегоранию обмоток. После ремонта гладильной машины необходимо проверить ее в следующем порядке:

1) измерить сопротивление изоляции в холодном состоянии между токоведущими узлами и корпусом машины;

### 3.16. Перечень возможных неисправностей гладильных машин и способы их устранения

Неисправность	Возможная причина	Способ устранения
Не светится сигнальный индикатор включения машины	1. Индикатор перегорел	Заменить индикатор
Не светится сигнальный индикатор электродвигателя	2. Поврежден шнур или штепсельная вилка 1. Перегорел индикатор 2. Неисправен терморегулятор	Заменить армированный шнур со штепсельной вилкой Заменить индикатор Заменить терморегулятор
Перегревается подошва башмака (свыше 240 °С)	3. Перегорел электродвигатель Неисправен терморегулятор и термовыключатель	Заменить электродвигатель Заменить терморегулятор и термовыключатель
Работа привода башмака сопровождается резким шумом	Неисправен редуктор прижима	Заменить редуктор прижима
При нажатии на педаль башмак неподвижен	1. Неисправен микровыключатель педали 2. Неисправен двигатель КД40-2/45	Заменить микровыключатель педали Заменить двигатель
Вращение вала сопровождается резким шумом	Неисправен редуктор привода вала	Заменить редуктор
При вращении вала слышен стук или звуки трения	Сместилась или погнулась крыльчатка на валу двигателя КД40-2/45	Отрегулировать крыльчатку или заменить ее
При нажатии педали валак неподвижен (переключатель режимов работы в положении I)	1. Неисправен микровыключатель педали 2. Неисправна плата питания 3. Неисправен трансформатор 4. Неисправен двигатель КД40-2/45	Заменить микровыключатель Заменить плату Заменить трансформатор Заменить двигатель
Не регулируется частота вращения вала	5. Неисправен регулятор частоты вращения вала 1. Неисправен преобразователь положения ПИЩ 6-1 2. Неисправен трансформатор 3. Неисправен регулятор частоты вращения вала	Заменить регулятор Заменить преобразователь Заменить трансформатор Заменить регулятор

2) проверить электрическую прочность изоляции в холодном состоянии без увлажнения;

3) проверить функционирование машины — вращение валка от себя (вручную), синхронность работы индикатора при включении и выключении машины, прилегание подошвы башмака к валку в зависимости от нажима на педаль и вращения валка, повышение частоты вращения валка при перемещении ручки регулятора;

4) проверить потребляемую мощность и силу тока при номинальном напряжении питания и предельном положении лимба терморегулятора;

5) измерить силу потребляемого тока при одновременной работе нагревателя и электродвигателей валка и прижима.

Перечень возможных неисправностей гладильных машин и способы их устранения приведены в табл. 3.16.

### 3.3.5. Бытовые гладильные прессы

Наряду с гладильными машинами для влажностно-тепловой обработки тканей используют гладильные прессы (рис. 3.38). Гладильный пресс состоит из основания 10, на котором размещены гладильная доска 1 и гладильный башмак 2, а также другие узлы и детали. Ткань раскладывается на гладильной доске и прижимается гладильным башмаком с помощью механизма 3 прижима.

В гладильном башмаке расположены двухсекционный нагреватель и датчики температуры. В блоке 6 управления установлена электронная система управления температурой башмака с переключателем 5 температуры, вынесенным на панель управления. Регулирование температуры производится дискретно (95, 140, 175, 240) °С. Точность поддержания температуры  $\pm 20$  °С.

На передней панели расположена лампочка (индикатор) 4, сигнализирующая о достижении заданной температуры и готовности прессы к работе. В пульте управления установлен таймер на 3—7 с, который начинает отсчет времени после прижатия ткани башмаком. После 3—7 с подается звуковой сигнал для поднятия башмака, и отключается нагреватель. Манипуляции с башмаком осуществляются с помощью рукояток: подвижной 7 и неподвижной 8.

Для смачивания ткани на башмаке установлен увлажнитель 9. Усилие прижима башмака не менее 400 Н, потребляемая мощность 1300 Вт. Размеры прессы с опущенным башмаком 240 × 640 × 530 мм, с поднятым башмаком 540 × 640 × 530 мм; размеры гладильной доски 250 × 620 мм.

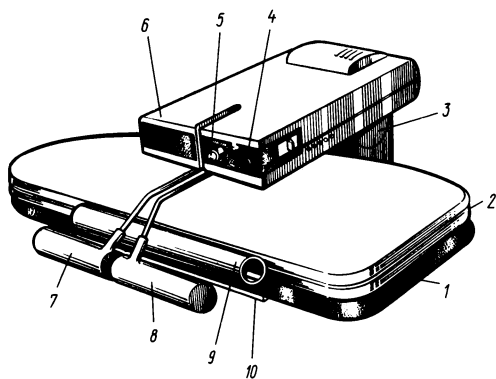


Рис. 3.38. Бытовой гладильный пресс

### 3.4. Бытовые центрифуги

После стирки ткани содержат большое количество жидкости, — 1 кг ткани после ручного отжима содержит 1,5—2 кг воды. Если в дальнейшем предполагается сушка в сушильной машине, то предпочтительно максимально отжать ткань, чтобы иметь минимальные затраты электроэнергии.

Ткань отжимают прессованием (валки в машинах типа СМР) или в центрифугах. Промышленность выпускает центрифуги, встроенные в стиральные машины (полуавтоматическая двухбачковая машина типа СМА-2Д), совмещенные со стиральным баком (машины типа СМП-2, СМП-3), а также вкладные центрифуги. К последним относятся центрифуга «Цента», вкладываемая в стиральную машину «Рига-15» и центрифуга «Юла», вкладываемая в малогабаритные стиральные машины типа СМ-1 и СМ-1,5. Эти центрифуги рассчитаны на отжим 1 кг ткани.

Отжим ткани в центрифугах осуществляется под действием центробежных сил при вращении барабана. Остаточная влажность материала после отжима определяется по формуле (3.1). В процессе отжима сначала отделяется влага, заключенная между основными и уточными нитями, а также в промежутках между волокнами, затем влага, находящаяся в капиллярах волокна. Жидкость перемещается от центра барабана к обечайке, что ведет к неравномерному отжиму. Остаточная влажность зависит от частоты вращения барабана центрифуги (рис. 3.39, а) и времени отжима (рис. 3.39, б). Из графика видно, что через 3—4 мин независимо от частоты вращения барабана процесс отжима завершается. Остаточная влажность при частоте вращения более 3000 об/мин уменьшается незначительно. Следовательно, в бытовых центрифугах можно ограничиться частотой вращения 2800—3000 об/мин и временем отжима 3—4 мин. Было исследовано влияние площади перфорации барабана на остаточную влажность [33]. Экспериментально показано, что остаточная влажность мало зависит от площади перфорации.

Следует отметить, что увеличение частоты вращения ограничено вследствие появления сминаемости ткани и усложнения в дальнейшем процесса глаженья.

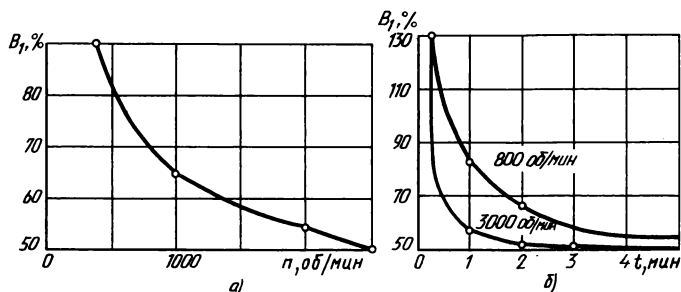


Рис. 3.39. Зависимость остаточной влажности от частоты вращения центрифуги при отжиме (а) и времени отжима (б)



Методы расчета и особенности проектирования центрифуг достаточно подробно изложены в работах [22, 33]. Встраиваемые и совмещенные центрифуги были описаны в параграфе 3.1, поэтому рассмотрим вкладные центрифуги.

**Вкладная центрифуга «Цента»** (рис. 3.40). Для уменьшения вибраций в процессе отжима центрифугу устанавливают на надувной амортизатор 1. На валу электродвигателя 2 смонтирован барабан (корзина) 3 из коррозионно-стойкой стали. Через отверстия (перфорацию) 4 удаляется отжатая вода. Из нижней полости корпуса 7 жидкость сливается через патрубок 8. В верхней части корпуса 7 устанавливается крышка 6. Для переноса центрифуги имеется ручка 5.

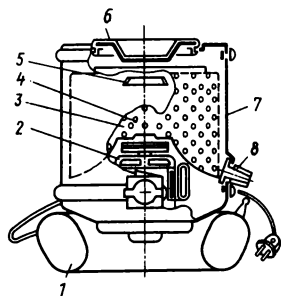


Рис. 3.40. Центрифуга «Цента»

**Вкладная центрифуга «Юла»** (рис. 3.41). Центрифуга состоит из корпуса 4, крышки 1, бака (корзины) 6, электродвигателя 11 с тормозным диском, дна центрифуги и амортизатора 10. Двигатель типа КД 90-4/56Р2 прикреплен к дну центрифуги. Частота вращения бака центрифуги 1350 об/мин. В нижней части корпуса находится тормоз, служащий для включения и торможения электродвигателя, а также блокировки крышки центрифуги во время ее работы. Время остановки бака центрифуги, загруженного 1 кг белья, не более 10 с. Блокировочное устройство 3 включается рукояткой 2.

#### Техническая характеристика центрифуги «Юла»

Номинальная нагрузка сухим бельем, кг . . . . .	1
Время отжима, мин . . . . .	3
Напряжение питания, В . . . . .	220 ± 22
Потребляемая мощность, Вт . . . . .	250
Частота вращения бака, об/мин . . . . .	1350
Время остановки барабана, с . . . . .	10
Размеры, мм:	
высота . . . . .	320
диаметр . . . . .	300

**Ремонт центрифуги.** На примере центрифуги «Юла» рассмотрим ремонт центрифуг. При обнаружении неисправности центрифугу разбирают в определенной последовательности (см. рис. 3.41).

1. Вывернуть винт 17, снять кольцо 5, отвернуть гайку 16, снять бак 6.

2. Поддеть отверткой пластину 8, вынуть ее; вывернуть винт 9, снять шайбы и рукоятку 2.

3. Специальным ключом отвернуть гайку 7, снять пластину 15, прокладку 14 и вынуть корпус 4 в сборе с крышкой 1 и ручкой.

4. Отвернуть винты 13 и снять амортизатор.

После этого заменяют отказавшую деталь.

Центрифугу собирают в обратной последовательности, учитывая, что:

1) после ремонта бак 6 должен вращаться без перекосов и заеданий при установке рукоятки 2 в положение «вкл.»;

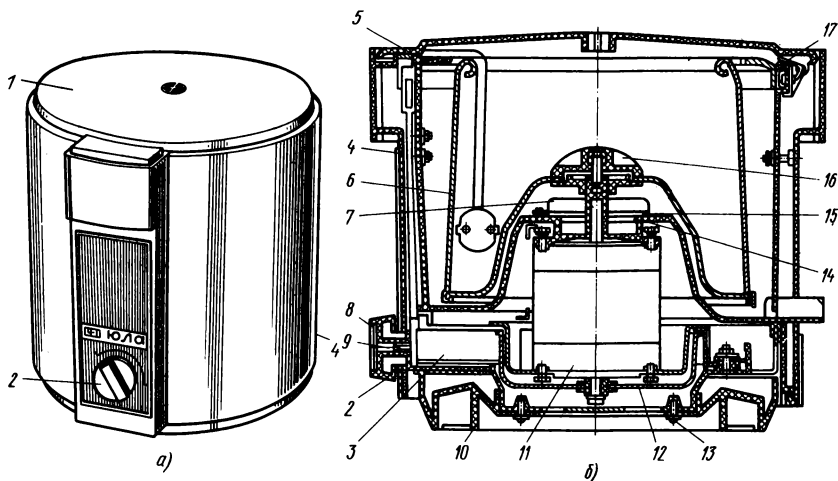


Рис. 3.41. Центрифуга «Юла»:

а — конструкция; б — схема

2) крышка после ремонта должна открываться под действием пружины на угол не менее  $10^\circ$  при установке рукоятки 2 в положение «откр. крышки»;

3) при установке узла тормоза зазор между диском 12 и тормозной пластиной рычага тормоза должен быть 2—4 мм.

**Испытания бытовых центрифуг.** Испытания центрифуг на нагрев производят в соответствии с ГОСТ 14087—80 (СТ СЭВ 1110—78), при этом центрифугу испытывают в течение одного цикла. Цикл работы центрифуги состоит из пяти последовательных периодов отжима, разделенных паузами. Длительность периода отжима 3 мин, длительность паузы 2 мин. Во время пауз ткань замачивается водой.

Остаточную влажность белья определяют количеством воды в образцах, оставшейся после отжима. Время отжима 3 мин. Загрузка центрифуг производится салфетками размером  $600 \times 800$  мм из хлопчатобумажной ткани арт. 227 (ГОСТ 11680—76\*), стиранных не менее 20 и не более 60 раз. Образцы ткани выдерживают в сушильной машине или в сушильном шкафу и периодически через каждые 10—15 мин взвешивают. Образцы сушат до тех пор, пока масса при взвешивании не будет отличаться от предыдущего результата на  $\pm 1\%$ . Последний результат увеличивают на 8% и полученное значение принимают за массу  $m_1$  ткани в воздушно-сухом состоянии. Затем ткань опускают в воду температурой  $20 \pm 5^\circ\text{C}$  на время не менее 20 мин. После замачивания ткань отжимают вручную и укладывают в центрифугу. После отжима ткань взвешивают, определяя массу  $m$ . Остаточную влажность определяют по формуле (3.1). Остаточная влажность определяется как среднее значение результатов трех циклов отжима.

Испытание центрифуг на воздействие стиральных растворов производится при работе центрифуги с номинальной нагрузкой. Продолжи-

тельность работы центрифуги 12 ч (5 мин отжим, 4 мин — пауза), из которых 1 ч центрифуга работает при температуре раствора  $80 \pm 5^\circ\text{C}$  и 11 ч при температуре  $2 \pm 5^\circ\text{C}$ .

Проверку на устойчивость центрифуги проводят на штатной подставке, устанавливаемой на борт прямобортной ванны или на полу. Пол должен быть выложен керамической плиткой и слегка увлажнен водой. На полу водостойкой краской наносят окружность диаметром на 100 мм больше диаметра опорного основания центрифуги. Из центра окружности проводят луч примерно на 100 мм длиннее радиуса окружности. Центрифугу загружают тканью и устанавливают в центре окружности, причем сливной патрубком ориентируют в направлении луча. Центрифугу включают в работу 3 раза по 3 мин. Результаты считаются удовлетворительными, если за время каждого включения центрифуга не переместится по полу за пределы окружности и не повернется вокруг вертикальной оси более чем на  $90^\circ$  в любую сторону от первоначального положения.

Устойчивость центрифуги на подставке проверяют следующим образом. Подставку устанавливают на борта ванны и увлажняют водопроводной водой. После этого загружают центрифугу тканью номинальной массы и устанавливают в центре подставки или в посадочное место в подставке. Сливной патрубок ориентируют в направлении сливного отверстия ванны. Центрифугу включают 3 раза по 3 мин. Зачет результата испытания считают удовлетворительным тогда, когда центрифуга не переместится за пределы подставки и не повернется более чем на  $90^\circ$  в любую сторону.

Как видно, испытания центрифуг по функциональным характеристикам проводятся аналогично испытаниям стиральных машин (см. параграф 3.1). Дополнительно проверяют пусковое и блокировочное устройства. Центрифуга должна выйти на режим отжима (1300 об/мин) через 10 с после включения. Для проверки блокировочного устройства необходимо нажатием руки закрыть крышку центрифуги, включить электродвигатель, повернув рукоятку в положение «вкл.». Крышка центрифуги должна открываться только после полной остановки барабана.

## **3.5. Посудомоечные бытовые машины**

### **3.5.1. Основные способы мойки посуды**

Мойка посуды в бытовых условиях является одной из наиболее трудоемких операций и составляет 12—15 % общих затрат времени на домашние работы. Внедрение в быт посудомоечных машин значительно облегчает труд и освобождает время, а также эффективнее используются вода и моющее средство. Кроме этого, мойка посуды в машине более гигиенична, чем ручная. Технология мойки посуды по физическим явлениям аналогична стирке белья, однако процесс мойки проще. Во-первых, ассортимент моющихся изделий меньше, чем изделий для стирки. Для мойки в быту количество изделий едва пре-

вышает десяти, включая фарфор, керамику, деревянные, пластмассовые, металлические и эмалированные изделия. Во-вторых, хотя загрязнения имеют разнообразный характер, но они, как правило, имеют небольшую адгезию и легко удаляются с моющихся изделий. В-третьих, моющиеся изделия находятся в статическом состоянии, что значительно упрощает создание оптимальных гидродинамических полей в камере посудомоечной машины.

При мытье посуды под воздействием струи воды (гидродинамическое воздействие) уменьшается адгезия загрязнителя к посуде и удаляются загрязнения с посуды. Для уменьшения адгезии в струю воды добавляют моющее средство (поверхностно-активное вещество — ПАВ), которое уменьшает силу сцепления загрязнителя с обрабатываемой поверхностью. Как было показано в разделе 3.1, молекулы ПАВ обладают особым строением — они амфифильны, т. е. состоят из двух частей: гидрофильной группы (легко взаимодействующей с водой) и гидрофобного углеродистого радикала (не взаимодействующего с водой). Поэтому одна часть молекул ПАВ взаимодействует с водой, а другая — с обрабатываемой поверхностью. Снижая поверхностное натяжение на границе раздела фаз, ПАВ проникают в виде молекулярной пленки между поверхностью и загрязнением, разделяя их. Кроме этого, при взаимодействии ПАВ с жирами происходит гидролиз жиров. Активность гидролиза зависит от температуры моющего раствора, которая должна быть в пределах 75—80 °С.

В бытовых посудомоечных машинах применяют механический, погружной и водоструйный способы мойки.

**Механический способ** мойки, основанный на применении щеток различного типа, был применен в посудомоечных машинах ранних образцов. Из-за сложности конфигурации бытовой посуды и приборов механический способ нашел применение только для мытья однотипной посуды массового производства, например, бутылок, используемых в пищевой промышленности.

**Погружной способ** мойки аналогичен активаторному способу, применяемому в стиральных машинах: посуда погружается в бак с моющим раствором, а активатор усиливает действие раствора. Пневматические активаторы применяют в машинах с баком, разделенным на две камеры.

Камеры соединены между собой через трехходовой клапан с вакуум-насосом. При переключении клапана в камерах поочередно создается разрежение, что приводит к перетеканию раствора из одной камеры в другую и наоборот. При этом смываются загрязнения с находящейся в камере посуды. Ультразвуковые вибраторы или комбинацию активатора и ультразвукового вибратора применяют в посудомоечных машинах для получения возвратно-поступательного перемещения частиц моющего раствора под действием кавитации, возникшей при направленном прохождении через раствор ультразвуковых колебаний. Однако машины с ультразвуковым вибратором имеют увеличенные размеры и сложны в изготовлении. Также недостатком погружного способа являются значительные расходы электроэнергии и воды.

**Водоструйный способ мойки** основан на физико-химическом и гидравлическом воздействии струи моющего раствора на поверхность посуды. В машинах с водоструйным способом моечный бак заполняется водой частично; посуду размещают выше уровня воды в корзинах. Моющий раствор через вращающиеся разбрызгиватели или импеллеры подается на посуду циркуляционным насосом под давлением. Водоструйный способ, обеспечивающий лучшие показатели качества мытья по сравнению с другими способами мойки посуды, конструктивно прост, легко поддается автоматизации и дает наименьшие затраты воды, электроэнергии и моющих средств. В настоящее время этот способ является традиционным для бытовых автоматических посудомоечных машин. Эффективность водоструйного способа зависит от давления на выходе из разбрызгивателей, их конструкции и размеров, вида смываемого загрязнения, температуры моющего раствора, расстояния от разбрызгивателей до посуды, угла между струей и смываемой поверхностью, а также от времени мойки. Из графиков на рис. 3.42 видно, что при повышении температуры раствора до 60 °С смываемость резко увеличивается, однако при дальнейшем подогреве раствора интенсивность смываемости замедляется [22]. Основная масса (60—90 %) загрязнений смывается в течение 3 мин, полный смыв загрязнений происходит за 5 мин. Удельная энергия размыва  $E_p$  представляет собой отношение энергии, израсходованной на размыв определенного количества загрязнений, к соответствующей размытой площади:

$$E_p = Qp/F,$$

где  $Q$  — расход моющего раствора;  $p$  — давление у выхода в насадок;  $F$  — площадь, размываемая струей.

Удельная энергия размыва зависит от температуры раствора и времени воздействия струи (рис. 3.43). Анализ графика показывает, что минимальной энергией размыва в исследуемом диапазоне давлений

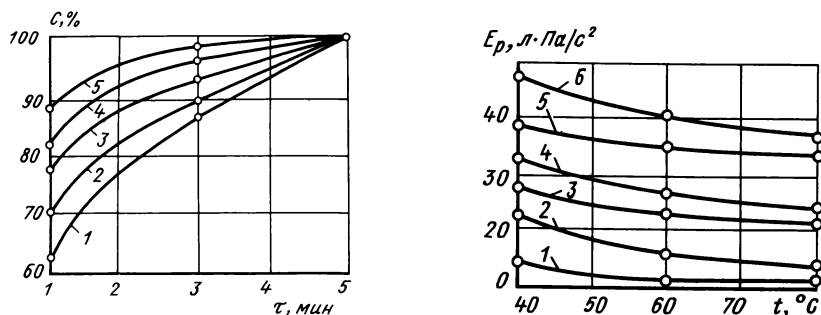


Рис. 3.42. Зависимость смываемости от времени воздействия струи при давлении ( $p = 0,5 \text{ МПа}$ ) и температуры моющего раствора:

1 — 40 °С; 2 — 50 °С; 3 — 60 °С; 4 — 70 °С; 5 — 80 °С

Рис. 3.43. Зависимость удельной энергии размыва от времени размыва, давления струи и температуры моющего раствора:

1 —  $p=0,1 \text{ МПа}$ ;  $t=3 \text{ мин}$ ; 2 —  $p=0,1 \text{ МПа}$ ,  $t=1 \text{ мин}$ ; 3 —  $p=0,3 \text{ МПа}$ ,  $t=3 \text{ мин}$ ; 4 —  $p=0,3 \text{ МПа}$ ,  $t=1 \text{ мин}$ ; 5 —  $p=0,5 \text{ МПа}$ ,  $t=3 \text{ мин}$ ; 6 —  $p=0,5 \text{ МПа}$ ,  $t=1 \text{ мин}$

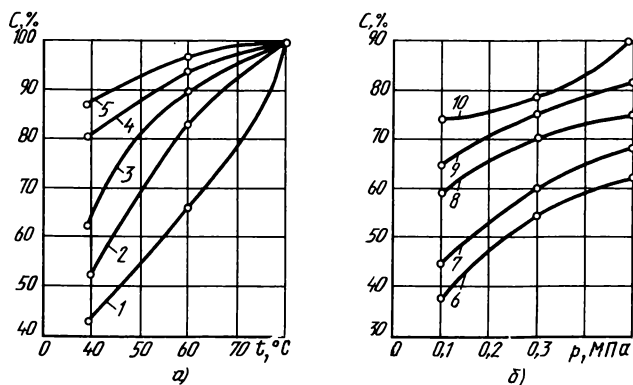


Рис. 3.44. Зависимость смываемости яичного желтка:

*a* — от температуры моющего раствора при времени размыва 3 мин при различном давлении струи воды (моющего раствора): 1 —  $p=0,1$  МПа; 2 —  $p=0,2$  МПа; 3 —  $p=0,3$  МПа; 4 —  $p=0,4$  МПа; 5 —  $p=0,5$  МПа; 6 — от давления у входа в насадку за 1 мин обработки посуды; 6 —  $t=40$  °С; 7 —  $t=50$  °С; 8 —  $t=60$  °С; 9 —  $t=70$  °С; 10 —  $t=80$  °С

(0,1—0,5 МПа) обладает струя воды (моющего раствора) давлением 0,1 МПа. Во время эксперимента отверстие в насадке имело диаметр 2,5 мм. На рис. 3.44 показаны зависимости смываемости яичного желтка (наиболее трудно смываемое загрязнение) от температуры моющей струи при различных давлениях. Из графиков следует, что для достижения 100 % смываемости температура должна быть 80 °С, а давление в насадке 0,4—0,5 МПа.

### 3.5.2. Параметрический ряд посудомоечных машин

В международной классификации бытовых посудомоечных машин в качестве основного показателя выбрана вместимость камеры, выражаемая числом одновременно загружаемых международных комплектов посуды. Международный комплект посуды состоит из 11 предметов для приема пищи и 6—11 предметов для сервировки стола (рис. 3.45). Камеры посудомоечных машин вмещают 4—16 комплектов, но оптимальными считаются камеры, вмещающие 6—12 международных комплектов посуды, так как посудомоечные машины также служат для хранения посуды.

Степень автоматизации машины определяется занятостью оператора в технологическом процессе. Если в процессе мойки оператору необходимо выполнять какие-либо дополнительные манипуляции кроме загрузки и выгрузки посуды, то машина считается полуавтоматической. К автоматическим посудомоечным бытовым машинам относятся такие машины, которые после подготовки и пуска не требуют участия оператора. Практически, современные посудомоечные машины выпускают как автоматы. В последнее время автоматические посудомоечные машины оснащают электронными системами управления и контроля,

**Рис. 3.45. Международный комплект посуды:**

1 — глубокая тарелка диаметром 240 мм; 2 — десертная тарелка диаметром 185 мм; 3 — мелкая тарелка диаметром 240 мм; 4 — стакан; 5 — салатник; 6 — блюдо; 7 — чайная чашка массой 200 г; 8 — овальное блюдо длиной 295 мм; 9 — сервировочная ваза диаметром 175 мм; 10 — сервировочная ваза диаметром 190 мм; 11 — сервировочная (раздаточная) вилка; 12 — вилка; 13, 14 — сервировочные (раздаточные) ложки; 15 — столовая ложка; 16 — десертная ложка; 17 — чайная ложка; 18 — соусная (разлившая) ложка; 19 — столовый нож; 20 — овальное блюдо длиной 375 мм; 21 — кастрюля 150×70 мм



что существенно снижает энергозатраты, расход воды и моющих средств.

К дополнительным показателям при классификации машин относятся направление загрузки, установка в бытовых помещениях, стыковка с комплексом кухонного оборудования, комфортность.

По направлению загрузки различают машины с верхней и фронтальной загрузкой. Верхнюю загрузку применяют в моделях с погружным способом мойки. При верхней загрузке проще обеспечить герметичность моющей камеры. Машины с фронтальной загрузкой удобны для встраивания или установки в комплексе кухонного оборудования. Их конструкция позволяет использовать верхнюю плоскость как дополнительную рабочую поверхность.

По установке в бытовых помещениях машины делятся на напольные и настольные, которые, в свою очередь, могут быть встраиваемыми или блочно-встраиваемыми. Встраиваемые модели машин можно эксплуатировать как отдельно, так и в комплексе кухонного оборудования. Блочно-встраиваемые машины предназначены только для специально выделенных мест в кухонном комплексе. Популярностью пользуются модели, образующие вместе с раковиной-мойкой моющие центры, а также машины, у которых для сокращения установочной площади в кухнях-нишах в верхнюю панель встроена раковина-мойка.

Некоторые модели посудомоечных машин снабжены устройством (мусородробилкой) для измельчения твердых бытовых частиц, которые

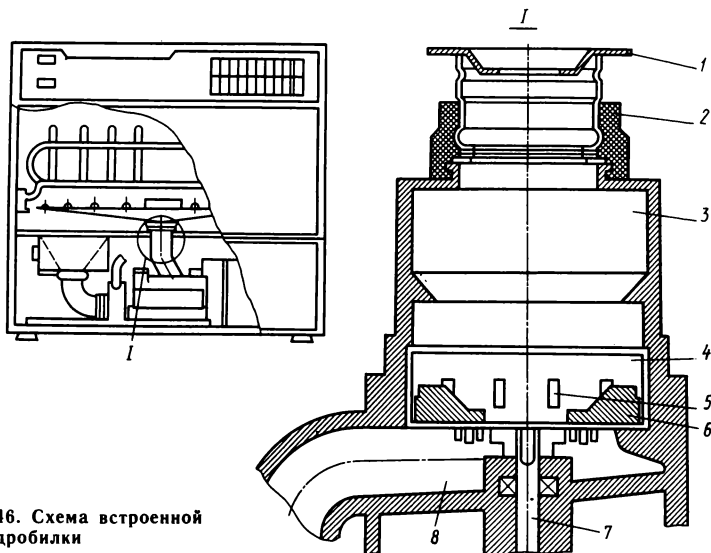


Рис. 3.46. Схема встроенной мусородробилки

после дробления выносятся при сливе в канализационную сеть. Мусородробилка (рис. 3.46) состоит из дробильной камеры 4, куда через приемную камеру 3 поступают бытовые отходы. В дробильной камере приводом 7 приводятся в движение молоточки 6, которые разбивают отходы и вытесняют их через отверстия 5 в сливную камеру 8. Мусородробилка соединяется с раковиной-мойкой или поддоном посудомоечной машины 1 с помощью переходной муфты 2, которая гасит часть вибраций дробилки. Производительность дробилки более 30 кг/ч отходов. Она дробит практически все отходы, даже кости птицы и рыбы. Размеры дробленых частиц не более 4 мм. Рабочий орган дробилки приводится во вращение двигателем мощностью 250—300 Вт.

Параметрический ряд отечественных бытовых посудомоечных машин построен с использованием зарубежного опыта и особенностей жизненного уклада жителей нашей страны. Исследования, проведенные во Всесоюзном научно-исследовательском экспериментально-конструкторском институте электробытовых машин и приборов, показали, что ряд 4, 6, 8 и 12 комплектов посуды является оптимальным. Параметрический ряд состоит из машин пяти типоразмеров: МПА-4, МПА-6, МПА-6Р, МПА-8 и МПА-12 (табл. 3.17), которые характеризуются следующими конструктивными особенностями (ОСТ 27-56-531—81). МПА-4 — машина вместимостью четыре комплекта посуды, устанавливается на напольный элемент кухонного комплекса (оборудования); МПА-6 — машина вместимостью шесть комплектов посуды, устанавливается на напольный элемент кухонного комплекса (оборудования); МПА-6Р — машина вместимостью шесть комплектов посуды, оборудована раковиной-мойкой; МПА-8 — напольная машина вместимостью восемь комплектов посуды; МПА-12 — напольная машина вместимостью двенадцать комплектов посуды.



### 3.17. Параметрический ряд посудомоечных машин

Номинальная загрузка стандартизированной посудой, комплектов			
4	6	8	12
<b>Настольное исполнение</b>			
МПА-4 	МПА-6 	Разработка нецелесообразна	Разработка нецелесообразна
<b>Напольное исполнение</b>			
Разработка нецелесообразна	МПА-6Р 	МПА-8 	МПА-12 

Основные размеры и размеры машин параметрического ряда приведены в табл. 3.18.

В задней стенке машин предусмотрена ниша глубиной не менее 50 мм для подсоединения к системам водоснабжения, электроснабжения и канализации (рис. 3.47). Конструктивно все посудомоечные

### 3.18. Техническая характеристика посудомоечных машин параметрического ряда

Показатель	МПА-4	МПА-6	МПА-6Р	МПА-8	МПА-12
Время, затрачиваемое на полный цикл обработки посуды по самой продолжительной программе, мин	60	70	70	75	85
Расход воды на полный цикл по самой продолжительной программе, дм <sup>3</sup>	24	30	32	33	33
Потребляемая мощность, кВт	1,3	2,2	2,2	2,2	2,2
Размеры, мм:					
высота	500	500	850	850	850
длина	500	600	600	500	600
глубина	600	600	600	600	600
Масса машины, кг	18	40	55	55	60

Примечание. В модели МПА-6Р приведена высота машины без учета высоты смесителя раковины-мойки.

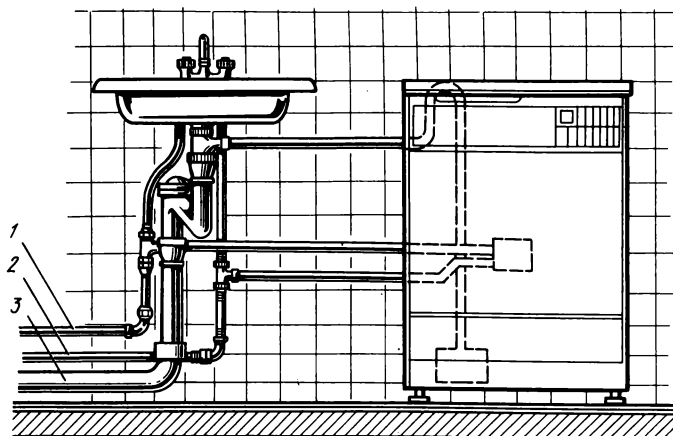


Рис. 3.47. Установка и подключение посудомоечной машины к системе водоснабжения и канализации:

1 — горячая вода; 2 — холодная вода; 3 — водоотводная труба

машины отечественного типоразмерного параметрического ряда построены по единому принципу. Примером может служить устройство модели МПА-4.

**Посудомоечная бытовая машина МПА-4** (рис. 3.48). Машина состоит из корпуса 2, в котором размещена моечная камера 20 с дверью 11 и машинное отделение 1. В машинном отделении расположены: циркуляционный насос 15, сливной насос 14, а также блоки 16 коммутации и 17 питания, взаимодействующие с пультом 10 управления машиной, расположенным на двери 11 моечной камеры.

Моечная камера сварной конструкции прямоугольной формы на дне имеет стойку 18, на которой установлен вращающийся разбрызгиватель 12 с форсунками-насадками 25. В нижней части камеры находится поддон 26 (сборник рабочей жидкости), в котором размещены: нагреватель 24, фильтр 23 и датчик 3 температуры. На боковых стенках камеры установлены датчик 4 уровня и две направляющие для размещения корзины с посудой и столовыми приборами. Корзина 5 представляет собой ажурную конструкцию. Дверь плотно закрывает моечную камеру и открывается на себя с помощью ручки 8. В открытом положении дверь горизонтально фиксируется и служит площадкой для выдвижения корзины. В двери находится замок 9 для ее фиксации в закрытом положении. Герметизация моечной камеры и двери обеспечивается специальным резиновым уплотнением 19. На внутренней панели двери размещены: дозаторы 22 моющих и 21 ополаскивающих веществ. Дозатор открывается при срабатывании электромагнитов, команда на срабатывание поступает от блока управления. На лицевой панели размещены пульт 10, сетевой клавишный выключатель 6 и светосигнальный индикатор 7, подтверждающий включение машины в сеть.

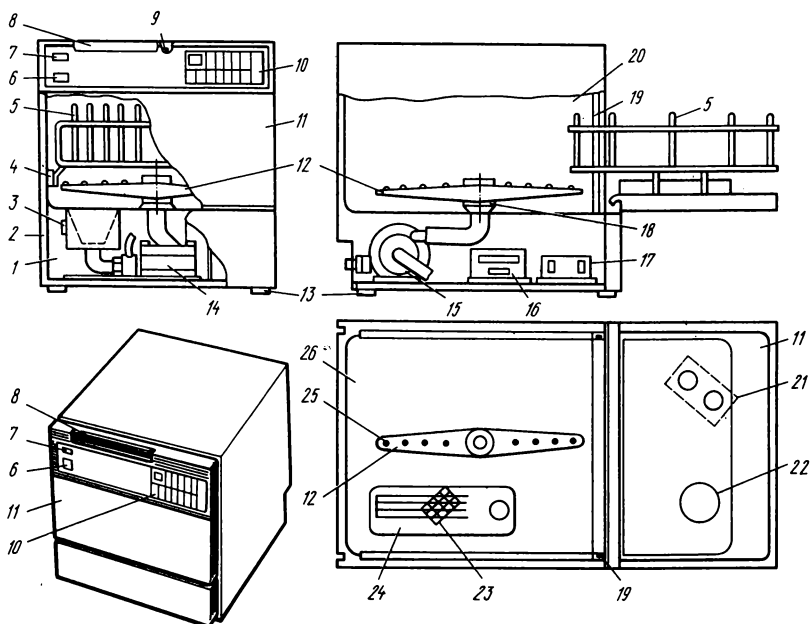


Рис. 3.48. Машина МПА-4

Корпус машины имеет четыре неподвижных опоры 13 для регулирования машины по высоте и придания ей горизонтального положения.

Пульт 10 управления имеет сенсорную или квазисенсорную клавиатуру выбора программ и двухразрядный цифровой индикатор. При выборе и установке программы на индикаторе отображается набранный номер программы, а после пуска программы нажатием клавиши «пуск» показывается время, оставшееся до конца цикла. При этом после каждого процесса время, оставшееся до конца работы, корректируется в зависимости от температуры моющего раствора. На пульте управления имеется возможность выбора режимов работы (нормального, бережного, интенсивного или экономичного), вида ополаскивания (холодного или горячего), а также температуры моющего раствора (40, 50 или 65 °С). В случае возникновения необходимости срочно прервать работу машины нажимают на клавишу «стоп» и прерывают дальнейшее прохождение программы. Для продолжения работы программу набирают вновь.

При открывании крышки (двери) моечной камеры автоматически отключается машина. После закрывания двери камеры продолжается дальнейшее прохождение программы. При окончании цикла обработки посуды на индикаторе высвечивается индекс «00» и выдается звуковой сигнал окончания цикла мойки.

Машины имеют не менее четырех автоматических программ.

1. Интенсивная программа — обработка столовой и кухонной посуды с давностью загрязнения до нескольких суток и включающая предва-

рительное ополаскивание, основную мойку, два ополаскивания при температуре 65—70 °С и сушку.

2. Нормальная программа — обработка сильнозагрязненной посуды с предварительным ополаскиванием, основной мойкой при температуре моющего раствора 65—70 °С, горячим ополаскиванием с вводом ополаскивающих средств и сушкой.

3. Бережная (или легкая) программа — обработка слабозагрязненной посуды со свежими остатками пищи, с горячим ополаскиванием и вводом ополаскивающих средств и сушкой.

4. Экономичная программа, предусматривающая снижение расхода воды и энергозатрат при половинной загрузке или снижение нагрева с увеличением продолжительности цикла и времени.

Машины МПА-8 и МПА-12 имеют до десяти программ для различных видов посуды и числа комплектов загрузки.

### 3.5.3. Рекомендации по проектированию посудомоечных машин

При проектировании посудомоечных машин основное внимание следует уделить вопросам повышения функциональных показателей, экономичности моделей и удобству их эксплуатации. Качество мойки посуды во многом определяется правильным выбором параметров потокообразования моющего раствора, давления струи раствора, количеством и эффективностью моющих средств, автоматически выдаваемых дозатором, а также температурой моющего раствора.

Как правило, проектирование начинается с анализа уже известных конструкций, выбора типа разбрызгивателя, определения вместимости моечной камеры при различных формах выходных отверстий разбрызгивателя и исследования ряда зависимостей, которые позволяют оптимизировать элементы конструкции. Определяют минимальное количество воды, способное обеспечить нормальную циркуляцию и стабильную работу циркуляционного насоса. Исследования проводят при холодном и горячем водоснабжении с фильтром и без него, с чистой и загрязненной посудой. Зависимость давления от количества раствора в моечной камере приведена на рис. 3.49. Исходя из полученных результатов выбирают частоту вращения циркуляционного насоса и давление. После этого при выбранном давлении определяют зависимость качества мытья от количества воды в моещей камере (рис. 3.50, а), давления

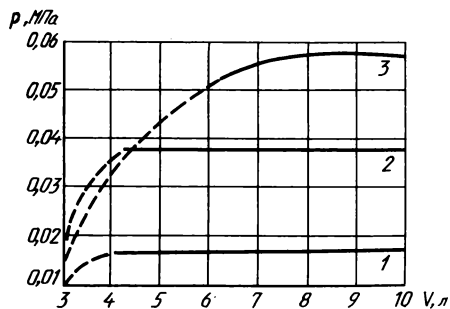
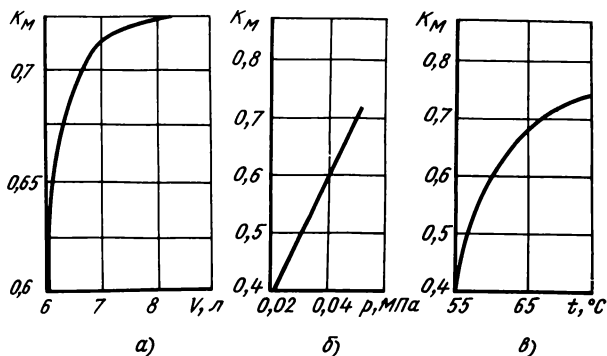


Рис. 3.49. Зависимость давления от количества моющего раствора при различной частоте вращения насоса:

1 —  $n = 1420$  об/мин; 2 —  $n = 2160$  об/мин; 3 —  $n = 2700$  об/мин — — — — нестабильная работа насоса; — — — — стабильная работа насоса



**Рис. 3.50. Зависимость качества мойки  $K_M$ :**

*a* — от количества раствора в моечной камере; *б* — от давления в магистрали; *в* — от температуры моющего раствора

воды в магистрали (рис. 3.50, б) и температуры моющего раствора (рис. 3.50, в). Затем анализируют результаты и выбирают конструкцию с соответствующими метрами. Данные анализа показали, что для принятой конструкции достаточным является 7 л моющего раствора; аналогичная зарубежная машина, например модель А1208 фирмы «Кенвуд» (Kenwood, США) использует 10 л раствора.

Созданная на основе проведенных исследований конструкция посудомоечной машины позволила снизить потребление воды на 30 % и, соответственно, расход электроэнергии на ее подогрев, а также расход моющих и ополаскивающих средств и времени на мытье посуды.

Увеличение воды в моечной камере с 7 до 10 л (см. рис. 3.50, а) практически не повышает качества мытья, а расход электроэнергии, необходимый на подогрев моющего раствора, увеличивается на 18 %, т. е. увеличение количества воды не повышает качества мытья. На качество мытья значительно влияет давление в напорной магистрали (см. рис. 3.50, б). Однако давление воды ограничивается массой и конструкцией корзин: нельзя допустить колебание (дрожание) посуды в процессе мытья, особенно тонкого хрустала и других хрупких изделий во избежание их повреждения. Для принятой конструкции машин оптимальной температурой подогрева моющего раствора и воды следует считать 65 °С, так как дальнейшее повышение температуры незначительно повышает качество мытья. Концентрацию моющих средств также не следует увеличивать более 0,004 весовых частей.

### 3.5.4. Испытание посудомоечных машин

Испытания посудомоечных машин проводят в соответствии со СТ СЭВ 2498—80 и ГОСТ 14087—80 (СТ СЭВ 1110—78) по методикам, изложенным в гл. 7. Для измерения моющей способности (качества мытья) применяют испытательную загрязненную посуду, соответствующую табл. 3.19.

### 3.19. Загрязняющие вещества для испытания посудомоечных машин

Ассортимент изделий	Загрязняющие вещества
Овальное блюдо	Высококачественный маргарин с содержанием жира 80—85 %
Тарелки, ложки	Овсяная каша хлопьями размером 3—4 мм
Тарелки, вилки	Яичный желток из свежих куриных яиц, срок хранения которых в холодильнике не превышает недели, массой $58 \pm 4$ г
Тарелки раздаточные, ложки	Консервированный шпинат в виде целых листочков или шавель
Стекланные стаканы	Консервированный томатный сок
Фарфоровые чашки	Японский чай или сорт чая, соответствующий ему

Загрязненную посуду загружают в машину. Посуда, столовые приборы, отобранные для испытаний, должны быть первого сорта, причем столовая посуда должна быть без украшений, средней толщины и из белого глазурированного фарфора. Стекланные изделия должны иметь прямые края, быть прозрачными и не иметь украшений. Принадлежности для сервировки и приема пищи должны быть из нержавеющей стали, гладкими, без гравировки, не иметь режущих острых краев.

Затем засыпают моющие и ополаскивающие вещества и проводят один цикл мойки.

Оценку производят по трехбалльной системе. Предметы осматривают в течение 10 с при освещении рассеянным светом 1000—1500 лк. После проведения цикла высокую оценку (два балла) получает совершенно не загрязненное изделие; один балл получает изделие, имеющее загрязненную площадь не более 4 мм, а ноль баллов получает неприемлемое изделие с загрязнением более 4 мм. Показатель  $K_m$  рассчитывают для каждой номенклатуры столовой посуды по формуле

$$K_m = C/2A,$$

где  $C$  — общая сумма баллов при оценке мытья всего комплекта;  $2A$  — максимально возможное число баллов по общему числу изделий.

Показатели качества сушки  $K_c$  измеряют одновременно с показателями качества мытья или независимо от них. Метод измерения показателей  $K_c$  аналогичен методу определения показателей  $K_m$ . В том случае, если измерения показателей  $K_c$  проводятся вместе с определением показателей  $K_m$ , то вначале измеряют показатели  $K_c$ , а затем  $K_m$ . Показатели  $K_c$  определяют спустя 30 мин после окончания цикла, по трехбалльной системе. «Сухим» считается изделие, на котором нет признаков влаги, причем не учитывается влага, находящаяся на участках сложной формы. Такое изделие оценивается в два балла. «Посредственное» изделие, имеющее каплю влаги или влажный след, оценивается в один балл. «Влажным» считается изделие, на поверхности которого имеется более двух капель воды или влажный след и одна капля, или два влажных следа. Время оценки каждого изделия не

должно превышать 3 с. Показатель  $K_c$  определяют по формуле

$$K_c = B/2A,$$

где  $B$  — общее число баллов при оценке всего комплекта;  $2A$  — максимально возможное число баллов по общему числу изделий.

### 3.5.5. Особенности эксплуатации и ремонта посудомоечных машин

Инструкции по эксплуатации посудомоечных машин довольно подробны и написаны доступным языком. Однако ни в одной инструкции нельзя предусмотреть все возможные случаи. Рекламации, поступающие от потребителей, как правило, возникают вследствие неправильного пользования машиной.

Если звук при работе машины неестественный (стук, дребезжание), то это скорее всего объясняется неправильным расположением посуды. Поэтому отдельные предметы посуды необходимо размещать так, чтобы они не касались друг друга. Иначе посуда может быть разбита, повреждена или задета. Необходимо особенно свободно размещать в верхней корзине фужеры и рюмки, используя для этого специальную решетку. Для обеспечения качественного мытья посуду располагают так, чтобы струя воды беспрепятственно попадала на все предметы. Трудно промываемую посуду, например посуду с узким горлышком или высокие стаканы, целесообразно размещать в нижней корзине, непосредственно над струей. Столовые приборы с длинными ручками могут перекрыть струю моющего раствора, поэтому их лучше размещать на подставке для чашек.

### 3.20. Неисправности в посудомоечных машинах и способы их устранения

Неисправность	Возможная причина	Способ устранения
Машина не работает при включении в сеть и введении программы	1. Не закрыта дверь моечной камеры 2. Повреждена вилка, розетка или соединительный шнур 3. Понижилось напряжение в сети	Плотно прикрыть дверь камеры Проверить исправность вилки, розетки и шнура Проверить напряжение в сети
Снизилось качество мытья и сушки	1. Засорен фильтр 2. Нет герметичности соединений 3. Нет моющего или ополаскивающего средства	Очистить фильтр Проверить герметичность соединений Проверить наличие средства
Неполный слив воды Машина пропускает воду	Засорен фильтр Нарушена герметичность соединений патрубков	Очистить фильтр Проверить крепление патрубков, подтянуть хомуты креплений
Машина не включается или не проходит технологический цикл	Неисправна электронная система	Смотри рекомендации, приведенные в гл. 6

Извлекать вымытую посуду необходимо в первую очередь из нижней корзины, в противном случае капли воды могут попасть на посуду, расположенную внизу.

Качество мытья во многом определяется моющими и ополаскивающими средствами. Нельзя использовать устаревшие по сроку годности моющие средства. Тип моющего средства рекомендуется в руководстве по эксплуатации. Посудомоечная машина может работать длительное время, не нуждаясь в ремонте. Однако уход за ней нужен постоянный. Перед загрузкой крупные остатки пищи нужно удалить. Фильтр грубой очистки регулярно чистить. Не избегать и загрязнения уплотнения двери. Попадание остатков пищи между резиной и корпусом неизбежно, поэтому необходимо периодически протирать эти участки влажной ветошью. Это поможет обеспечить герметичность и избежать неприятного запаха вследствие скопления остатков пищи в уплотнении двери.

Перечень неисправностей в посудомоечных машинах и способы их устранения приведены в табл. 3.20.



#### 4.1. Механическая и пневматическая чистка изделий

Бытовые изделия, верхняя одежда, обувь при эксплуатации пылятся. Пыль проникает в щели полов, складки и поры одежды, ворс ковров и т. д. В состав пыли входят в основном кварцевые частицы различных размеров и органические частицы хлопка, шерсти, бумаги и т. д.

Содержание кварцевых частиц различных размеров в пыли различно: до 0,045 мм — 15 %, от 0,045 до 0,063 мм — 9 %, от 0,063 до 0,090 мм — 26 %, от 0,090 до 0,125 мм — 30 %, от 0,125 до 0,180 мм — 14 %, от 0,180 до 0,250 мм — 3 %, от 0,250 до 0,400 мм — 3 %.

Содержание органических частиц пыли тоже различно: хлопка 35 %, шерсти 50 %, бумаги 10 %, волос 5 %.

В бытовых условиях применяют механическую чистку, влажную уборку и обеспыливание (пневматическую чистку).

**Механическую чистку** выполняют щетками, ковровочистками, ковровывбивалками и др. Наиболее распространены для ручной чистки плоские щетки. В автоматических или полуавтоматических устройствах, как правило, применяют круглые щетки. В процессе очистки поверхности с волокнистой структурой ворсинки щетки, прочесывая эту поверхность, удаляют частицы из межволоконного пространства. Для каждой поверхности следует подобрать определенный вид ворса щетки. Длина ворса щетки зависит от его жесткости и ее можно определить по формуле

$$l = C_{ж} E J,$$

где  $C_{ж}$  — коэффициент жесткости;  $E$  — модуль упругости ворса;  $J$  — момент инерции сечения ворса.

В ковровывбивалках в качестве рабочего органа применяют вал с билами из ремней или кожаных заменителей. Билы, передвигаясь вдоль изделия, наносят удары с большой частотой, в результате чего деформация происходит только в зоне контакта бил с материалом, а частицы пыли переносятся на поверхность материала.

**Влажную уборку** осуществляют поломоечными машинами, стеклоочистителями, пенными ковровочистками и др.

**Пневматическую чистку** выполняют с помощью пылесосов для очистки тканей, ковров, полов от механических загрязнений, легкоудаляемых с очищаемой поверхности. Пылесос создает поток воздуха, который, проходя через поры материала или двигаясь вдоль материала, увлекает за собой механические частицы, находящиеся на материале

или в его порах. Процесс обеспыливания с применением пылесосов характеризуется рядом показателей: пылеочистительной способностью, пылезадержанием, нитесборочной способностью и др. Пылеочистительная способность пылесоса — это отношение количества всасываемой пыли к количеству пыли, рассеянной на испытываемой поверхности, выраженное в процентах. Возможности пылесоса по уборке нитей оцениваются нитесборочной способностью. При фильтрации часть мелкодисперсной пыли не задерживается фильтром. Способность фильтра задерживать пыль характеризует эффективность пылезадержания.

Для бытовых пылесосов разрабатываются воздуховсасывающие агрегаты небольшой мощности (100—1000 Вт), а также специальные фильтрующие материалы.

Для создания потока воздуха в насадке пылесоса воздуховсасывающий агрегат должен преодолеть сопротивление шланга, тракта и фильтра. При этом возникает разность давлений (потери давления)  $\Delta p$  на входе в пылесос и выходе из него. Эта разность равна сумме потерь давлений в шланге, тракте и фильтре пылесоса. Потери давления в шланге определяют аналогично определению потерь давления в гладких трубах [формулы (3.2) и (3.3)]. Скорость воздуха в воздуховодах принимают на 25—30 % больше, чем скорость витания, при которой частица поддерживается потоком во взвешенном состоянии. Эта скорость для тяжелой абразивной пыли равна 14—16 м/с, минеральной пыли 10—12 м/с, хлопка 8—10 м/с, синтетического волокна 10—14 м/с. Скорость воздушного потока

$$v = 4Q / (\pi d^2).$$

В гофрированных шлангах потери давления определяют по формуле (3.3), но при этом  $K_T = 0,11$ . Потери давления при расширении тракта (от сечения  $F_1$  до сечения  $F_2$ ) определяют по формуле (3.2). Потери в тканевом фильтре определяются по формуле [6]:

$$\Delta p = \frac{4v\eta vh}{\sigma (-0,5 \ln v - 0,5)},$$

где  $v$  — коэффициент, характеризующий объем волокон в единице объема фильтра;  $\eta$  — динамическая вязкость воздуха;  $v$  — линейная скорость фильтрации;  $h$  — толщина фильтра;  $\sigma$  — радиус волокон.

При  $v = 0,2$  м/с для молексина  $\Delta p = 833$  Па, для вельвета  $\Delta p = 686$  Па, для фильтровального сукна (арт. 20)  $\Delta p = 44$  Па. Исходя из потерь давления определяют требования к воздуховсасывающим агрегатам. Методика расчета центробежных нагнетателей изложена в работе [6].

## 4.2. Современные бытовые пылесосы

Основной уборочной машиной является напольный пылесос прямооточный или вихревого типа. В прямооточных пылесосах воздушный тракт линейный — вход и выход воздушного потока расположены на одной

#### 4.1. Распределение площадей покрытия полов в жилищно-гражданском строительстве СССР на период до 2000 г.

Покрытия	Площадь покрытий, млн. м <sup>2</sup> по годам			
	1985	1990	1995	2000
Полимерные покрытия	113	122	137	168
В том числе:				
поливинилхлоридные (ПВХ)	85,4	90	95	100
алкидные	21,1	16	12	8
ворсовые (ковровые)	4,5	10	20	40
бесшовные	2	3	5	10
комплексные	—	3	5	10
Покрытия на основе древесины	130,4	126	120	120
Холодные покрытия, в том числе камень, бетон, керамика	18,1	18,1	20,5	27
Прочие	4,5	10,1	12,5	28
Всего	266	276,2	290	343

линии. В вихревых пылесосах воздушный поток движется по окружности. Широкое применение в последнее время находят штанговые пылесосы мощностью до 800 Вт. Выпускают универсальные пылесосы для сухой и влажной уборки.

Особенно повышается спрос на приборы для очистки ковровых изделий. Зарубежные фирмы для очистки ковров выпускают специальные уборочные машины. Это связано с резким увеличением напольных ковровых покрытий. В СССР в перспективе увеличится количество домов массового строительства с ковровыми покрытиями, а также с полимерными покрытиями, которые, как правило, дополнительно застилают коврами (табл. 4.1). Анализируя эти данные, видим, что по сравнению с 1985 г. площадь ворсовых покрытий в 2000 г. увеличится в 8,9 раза, их доля в общем объеме всех покрытий к этому времени составит 11,7 % по сравнению с 1,7 % в 1985 г. Это, в свою очередь, приведет к увеличению производства пылесосов и ковроточистов.

Из простых устройств за рубежом популярны механические щетки-ковроточисты, так как стоимость их невелика и они не потребляют электроэнергию. Также распространены электрические ковроточисты. Пользуются спросом многофункциональные пылесосы повышенной комфортности. Их комплектуют большим числом насадок и снабжают электронным регулятором мощности. Многофункциональный пылесос позволяет убирать сухой и влажный мусор, собирать воду, специальный мусор, опилки и др. По мнению специалистов США, многофункциональные пылесосы являются перспективными изделиями.

В настоящее время отечественная промышленность выпускает пылесосы двух типов: ручные (ПР) и напольные (ПН). По организации воздушного потока в корпусе пылесосы бывают прямоточные (П) и вихревые (В). Ручные пылесосы по конструкции разделяют на штанговые, щеточные и автомобильные. Техническая характеристика выпускаемых промышленностью пылесосов приведена в табл. 4.2.

## 4.2. Техническая характеристика бытовых пылесосов

Модель	Пылеочи- стельная спо- собность, %		Нитесборочная способность, %	Объем пыле- сборника, г	Время очистки, с	Размеры, мм			Масса, кг	Уровень шума, дБ·А
	по полу	по коврам				Высота	Ширина	Глубина		
<b>Прямоточные пылесосы</b>										
«Шмель-Авто», ПРА-90	70	61	—	50	—	170	130	370	2	73
«Шмель», ПРА-140	80	70	70	110	110/120	170	130	370	2	72
«Спутник», ПРА-280	75	60	70	125	80/100	300	180*	—	3	70,6
«Уралец-5», ПНП-400	93	85	82	275	80/105	180	150	540	3,33	73
«Чайка-3», ПНП-400	92,5	74	82,5	262	83/110	243	176	435	4,5	75,8
«Ракета-7М2», ПНП-400	86,1	74,2	87,3	265	65/85	232	220	500	4,2	71,4
«Ракета-9», ПНП-400	90	83	85	300	80/106	300	200	550	5,8	71
«Ракета-12», ПНП-400	90	83	92	500	80/105	300	200	480	5,5	76
«Ракета-77», ПНП-600	95	86	92	300	78/96	230	190	550	5,89	75
«Чайка-10», ПНП-600	96,2	86,5	92	440	39/49	250	182	540	6,4	76,1
«Рассвет», ПНП-600	97,1	91,1	97,5	850	59/90	200	250	475	4,75	70
<b>Вихревые пылесосы (ПНВ-600)</b>										
«Вихрь-6М»	89,3	74,6	87	400	62/81	310	305*	—	5,1	73,4
«Вихрь-8А»	89,2	74,4	87	400	80/100	300	310	350	6,16	74,5
«Буран-5МУ»	95	85	87	1000	80/100	300	290	330	7	75
«Буран-5МУ»	95	85	87	650	80/100	323	290	315	6,5	72
«Уралец»	86	79,3	82	800	69/95	375	284*	—	7,95	75,4
«Аудра»	93,5	83	92	600	80/100	390	350	320	7,8	70
«Урал»	93,7	82,6	95	300	59/79	360	360*	—	8,1	70,5
«Витязь-М»	92	82	90	600	76/90	320	316*	—	6,5	72
«Электросила»	91,4	79,8	91,3	420	67/89	390	395*	—	8,29	74,9
«Тайфун»	95	86	92	600	50/67	302	320*	—	6,8	73
«Циклон»	97	88,5	92	630	57/85	330	300	316	5,6	70
«Циклон-М»	97	89	92	630	57/85	333	300	316	5,8	70

\* Диаметр пылесоса.

Примечания: 1. В числителе приведено время очистки площади пола 1,5 м<sup>2</sup>, в знаменателе — площади ковра 2,2 м<sup>2</sup>.

2. Для всех моделей эффективность пылеулавливания составляет 97 %, для модели «Спутник» — 75 %.

3. Модели «Урал» и «Электросила» используют также в виде пуфа.

### 4.3. Параметрический ряд пылесосов

Повышение технического уровня пылесосов, степени комфортности, эстетических и эргономических параметров предусмотрено в пылесосах нового параметрического ряда (ОСТ 27-56-394—79). Предусмотрено изготовление модификаций базовых моделей, которые должны быть унифицированы с базовыми моделями не менее, чем на 80%. Параметрический ряд пылесосов приведен в табл. 4.3. Проведенная унификация позволила сократить общее число узлов с 82 до 32. Так, вместо девяти воздухоподсасывающих агрегатов применено три, вместо девяти существующих сигнализаторов запыленности применено два, вместо десяти устройств намотки шнура — одно и т. д. Техническая характеристика пылесосов параметрического ряда приведена в табл. 4.4.

Элементарная база для пылесосов разработана с учетом последних достижений советского и зарубежного приборостроения. Так, агрегаты серии А (три типоразмера на 400, 600 и 800 Вт) можно применять как в прямоточных, так и в вихревых пылесосах, а агрегаты А400ПР — и в ручном пылесосе. По сравнению с лучшими серийными агрегатами (например, с агрегатами серии АП) агрегаты серии А имеют меньшую потребляемую мощность, большее статическое давление, больший КПД. Материалоемкость агрегата серии А на 0,4—1,2 кг меньше материалоемкости аналогичных агрегатов серии АП. Характеристики агрегатов улучшаются путем увеличения частоты вращения с 17 000 об/мин до 25 000 об/мин, применения прогрессивных материалов (проводах ПЭФ-155, ПЭТ-155, компаунда КП-103) и комплектующих изделий (электрощеток Г-21, подшипников 10018 и др.). В пылесосах параметрического ряда предусмотрены: бумажные фильтры предварительной очистки или устройства прессования пыли; сигнализатор запыленности; отключение двигателя при заполнении пылесборника; устройство регулирования расхода воздуха; устройство организованного хранения принадлежностей; автоматическая намотка шнура.

На перспективу предусмотрены следующие элементы комфортности: устройство регулирования мощности, дополнительный фильтр, очистка фильтра от пыли (механическое удаление пыли с фильтра), устройство для рассеивания или изменения воздушного потока, дистанционное управление пылесосом.

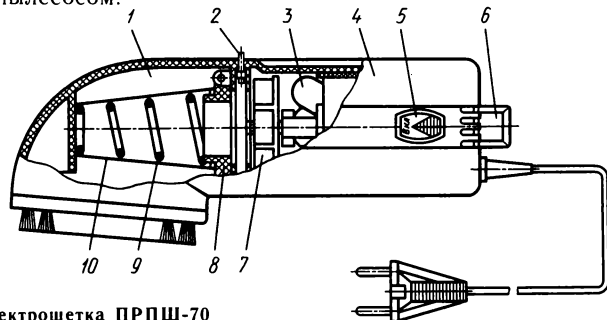



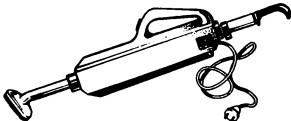
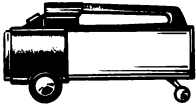
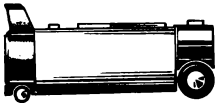

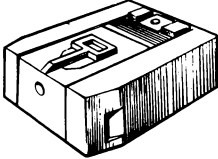
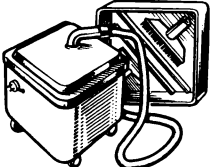


Рис. 4.1. Пылесос-электрощетка ПРПШ-70

### 4.3. Параметрический ряд базовых моделей пылесосов

Ручные	Напольные с сухим фильтром	
	прямоточные	вихревые
<b>Потребляемая мощность 70 Вт</b>		
ПР-70 	Разработка нецелесообразна	Разработка нецелесообразна
<b>Потребляемая мощность 100 Вт</b>		
ПР-100 	То же	То же
<b>Потребляемая мощность 280 Вт</b>		
ПР-280 	То же	То же
<b>Потребляемая мощность 400 Вт</b>		
ПР-400 	ПН-400 	То же
<b>Потребляемая мощность 600 Вт</b>		
Разработка нецелесообразна	ПН-600 	ПН-600 
<b>Потребляемая мощность 800 Вт</b>		
То же	ПН-800 	ПН-800 

#### 4.4. Техническая характеристика пылесосов параметрического ряда

Типоразмер пылесоса	Объем пылесборника, г	Пылеочистительная способность, %		Нитесборочная способность, %	Время очистки, с не более		Масса, кг
		на полу	на ковре		1,5 м <sup>2</sup> пола	2,2 м <sup>2</sup> ковра	
ПР-70	—	—	—	—	—	—	1
ПР-100	70	70/75	55/65	55	110/100	120/110	1,6
ПР-280	125	75/84	65/70	72	95/85	120/110	2,7
ПР-400	275	90/95	80/83	85	85/80	110/105	3,5
ПР-400	275	90/95	80/83	85	85/80	110/105	4,9
ПН-600	400	90/95	80/85	85	78/75	100/95	7,2
ПН-800	500	90/95	85/87	90	75/70	100/95	10

Примечание. В знаменателе приведены параметры моделей высшей категории качества.

Ниже приведены описания базовых моделей пылесосов параметрического ряда.

**Пылесос-электрощетка ПРПЩ-70** (рис. 4.1) состоит из двух полукорпусов — 4 пылесоса и 1 насадки, которые соединены с помощью защелки 2. В полукорпусе пылесоса на резиновых амортизаторах расположен электродвигатель 3, на выходном валу которого находится крыльчатка 7, создающая направленный воздушный поток. В корпусе 1 насадки расположен тканевый фильтр 10. Фильтр натянут на пружинный каркас 9 и закреплен на уплотняющем резиновом фланце 8. Фильтр с каркасом может быть установлен в любую из насадок, применяемую в пылесосе. В конструкции пылесоса предусмотрена скоба 6, позволяющая хранить пылесос в подвешенном состоянии. При работе электродвигателя крыльчатка создает разрежение в пылесборнике. При прохождении загрязненного воздуха через одну из насадок пыль оседает на фильтре, а очищенный воздух, охлаждая электродвигатель, выходит наружу через выходные щели. Расположение клавиш 5 выключателя, защелки, а также форма пылесоса обусловлены требованиями компоновки узлов и деталей, эргономическими и эстетическими требованиями.

**Пылесос ПРПА-100** (рис. 4.2) ручной, прямоточный мощностью 100 Вт с сухим фильтром, предназначен для уборки пыли и мелкого

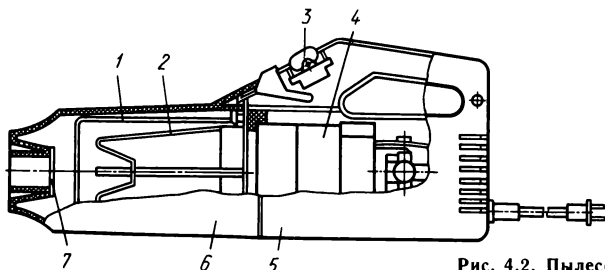


Рис. 4.2. Пылесос ПРПА-100

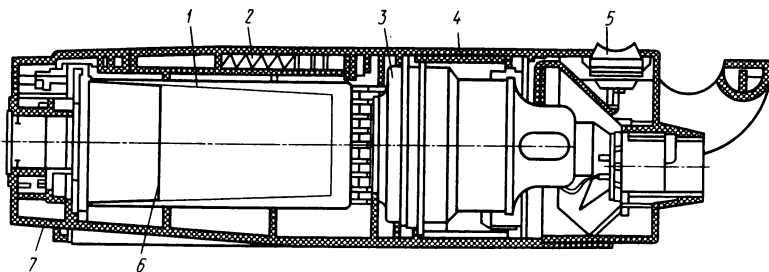


Рис. 4.3. Пылесос ПРПШ-280

мусора из салона автомобиля и с одежды пассажиров, а также для других работ с использованием разрежения и давления воздуха. Он состоит из двух пластмассовых корпусов — переднего *б* и заднего *5*. В переднем корпусе расположен фильтр-мешок *1* (с резиновым фланцем, обеспечивающим герметичность при сочленении корпусов с помощью замка). Мешок одет на жесткий каркас *2*. Входной патрубок корпуса представляет собой коническую поверхность, на которую непосредственно или с помощью удлинительной трубки крепят одну из насадок. Со стороны фильтра на входном патрубке имеется обратный клапан *7*, предотвращающий высыпание пыли из корпуса. В заднем корпусе расположен воздуховсасывающий агрегат *4*. В ручке пылесоса находится выключатель *3* и замок. В задней части пылесоса имеются прорези для выхода воздуха. В нижней части корпуса расположен вывод шнура питания пылесоса.

**Пылесос ПРПШ-280** (рис. 4.3) ручной, предназначен для уборки помещений, чистки одежды, ковровых изделий и мягкой мебели, а также для выполнения работ, связанных с подачей разреженного воздуха и воздуха под давлением. Пылесос ПРПШ-280 состоит из корпуса *4* и передней крышки *7*, выполненной из ударопрочного полистирола. На корпусе размещен переключатель *5*. В корпусе расположен воздуховсасывающий агрегат *3*, фильтры *6* грубой очистки и *1* тонкой очистки. Передняя крышка *7* предназначена для закрепления удлинителей. Пылесос имеет указатель *2* заполнения пылесборника пылью, устройство для регулирования расхода воздуха, сменные бумажные фильтры. Пылесос к источнику питания присоединяется съемным соединительным шнуром, армированным штепсельной вилкой и колодкой. В нерабочем положении шнур наматывается на штангу. Пылесос комплектуется телескопическим удлинителем.

**Пылесос ПРПШ-400** (рис. 4.4) ручной штанговый, состоит из двух пластмассовых полукорпусов *5* и *6*, скрепленных между собой замком. В одном полукорпусе размещен воздуховсасывающий агрегат *3*, а в другом — камера для сбора пыли и фильтры: тканевый *1* и бумажный для закрепления пыли. К торцовой части полукорпуса с помощью цанговых гаек прикреплен патрубок шланга. Конструкция цанговых гаек позволяет подсоединять к пылесосу унифицированный шланг при пользовании пылесосом как ранцевым. Входное отверстие в полукорпусе



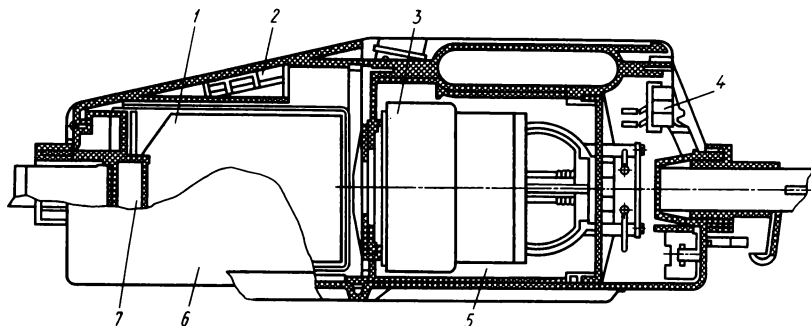


Рис. 4.4. Пылесос ПРПШ-400

со стороны фильтра имеет обратный клапан 7 для предотвращения высыпания пыли наружу во время уборки. На полукорпусе 5, в котором размещен воздуховсасывающий агрегат, установлены розетка для подключения электроковровывбивалки, шнур питания и ручка для пользования пылесосом. Указатель 2 заполнения пылесборника размещен в верхней части полукорпуса, в которой размещены пылесборник и выключатель 4. Пылесос укомплектован унифицированными насадками: коврово-половой, потолочно-стенной, мебельной, одежной, щелевой. В комплект пылесоса входят также две удлинительные трубки, патрубков с ручкой и унифицированный шланг. Насадки и шланг размещены в специальной полке-укладке.

**Пылесос ПНП-400** (рис. 4.5) напольный, прямоточный мощностью 400 Вт с сухим фильтром, состоит из металлического корпуса 9 и двух пластмассовых крышек — передней 1 и задней 6. В корпусе расположен пылесборник-мешок 4, закрепленный в жестком каркасе с резиновым фланцем, обеспечивающим герметичность при сочленении передней крышки и корпуса. Со стороны фильтра на входном патрубке имеется обратный клапан 3, предотвращающий высыпание пыли из пылесборника. В корпусе расположен воздуховсасывающий агрегат 5. На корпусе расположена ручка, внутри которой вмонтирован указатель 2 запыленности. В верхней части задней крышки расположен вывод шнура питания с вилкой. После нажатия клавиши шнур убирается внутрь пылесоса с помощью устройства 7 автоматической намотки шнура. Пылесос включается нажатием клавиши 8, расположенной в задней крышке пылесоса. Для перемещения пылесоса служат два задних и одно переднее поворотное колеса.

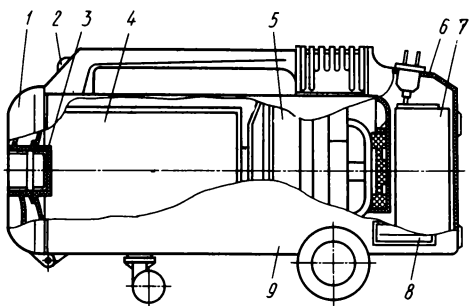


Рис. 4.5. Пылесос ПНП-400

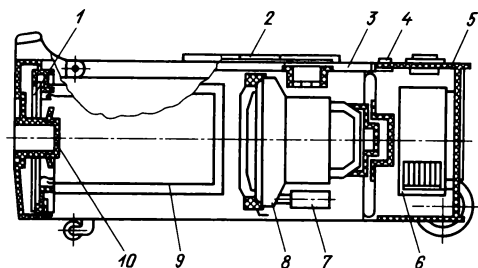


Рис. 4.6. Пылесос ПНП-600

**Пылесос ПНП-600** (рис. 4.6) напольный, прямо-точный, мощностью 600 Вт с сухим фильтром. По сравнению с ранее выпускаемыми моделями этот пылесос более современной конструкции, оснащен автоматическим устройством намотки шнура, индикатором, следящим за заполнением пылесборника пылью, ножной клави-

шей для включения и выключения, комплектом насадок и сменными бумажными фильтрами. Неоновая индикаторная лампочка сигнализирует о включении пылесоса в электрическую сеть. Пылесос состоит из металлического корпуса 2 и двух пластмассовых крышек 1 и 5. Корпус обтянут искусственной кожей.

В корпусе пылесоса расположен пылесборник — тканевый мешок 9, закрепленный на жестком каркасе с резиновым фланцем, обеспечивающим герметичность при сочленении передней крышки и корпуса. Внутри тканевого фильтра расположен бумажный мешок разового заполнения. Со стороны фильтра на входном патрубке имеется обратный клапан 10, предотвращающий высыпание пыли из пылесборника. Воздуховсасывающий агрегат 8 уплотнительным резиновым кольцом и пружиной прикреплен к корпусу пылесоса. На выходе воздуха из пылесоса установлен фильтр для задержания пыли, образовавшейся в процессе срабатывания угольных щеток электродвигателя. Для удобства пользования пылесосом в полости задней крышки предусмотрено устройство 6 автоматической намотки шнура, клавиша управления которым выведена на верхнюю панель. На верхней панели расположены выключатель 4 и лампочка, сигнализирующая о наличии напряжения при включении вилки электрошнура пылесоса в сеть. В конструкции пылесоса предусмотрен указатель 3 запыленности. Мембрана с токоподводящим контактом датчика 7, находящаяся между пылесборником и полостью, в которой размещен воздуховсасывающий агрегат, вследствие изменения давления перемещается. В результате загорается лампочка, свидетельствующая о заполнении фильтров и необходимости их очистки. Для перемещения пылесоса служат два задних и одно переднее поворотное колеса.

**Пылесос ПНВ-600** (рис. 4.7) напольный, вихревой, мощностью 600 Вт с сухим фильтром, оснащен автоматическим устройством для намотки шнура, индикатором 9, следящим за заполнением пылесборника пылью, ножной клавишей для включения и выключения пылесоса. Пылесос, выполненный в виде пуфа, состоит из нижнего корпуса (собственно пылесоса) 1 и верхней крышки 3, в которой размещены насадки и удлинительные трубки. Крышка сверху покрыта поролоном и обтянута искусственной кожей. В корпусе расположен пылесборник, состоящий из фильтра 4 грубой очистки и фильтра 5 тонкой очистки.

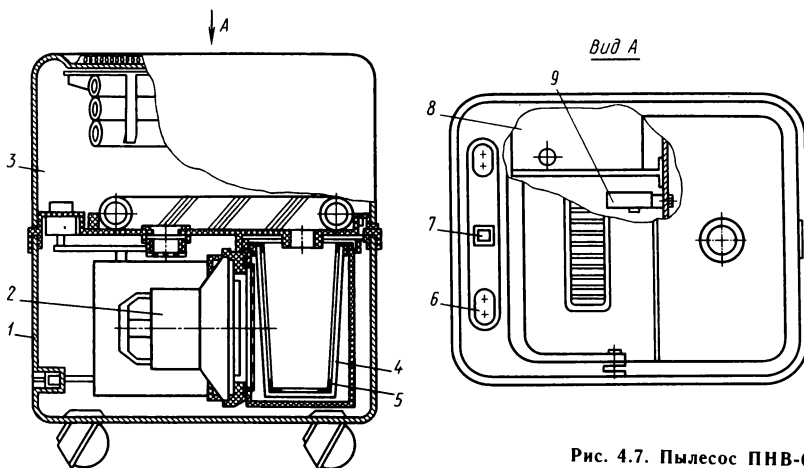


Рис. 4.7. Пылесос ПНВ-600

Герметичность соединения воздуховсасывающего агрегата 2 и корпуса пылесборника обеспечивается уплотнительным резиновым кольцом. Фильтр из полиуретана, установленный на выходе воздуха из пылесоса, задерживает пыль, образующуюся в процессе срабатывания угольных щеток. При работе воздуховсасывающий агрегат создает разрежение в пылесборнике пылесоса. Воздух с пылью проходит через фильтры: пыль оседает на фильтрах, а очищенный воздух, охлаждая электродвигатель, выходит в окружающую среду. Для удобства пользования пылесосом в конструкции предусмотрено устройство 8 для автоматической намотки шнура, клавиша управления которым выведена на панель. Загорание лампочки 7 свидетельствует о заполнении фильтров и необходимости их очистки. Рядом расположен выключатель 6. Указатель запыленности работает аналогично указателю запыленности пылесоса ПНП-600.

**Пылесос ПНП-800** (рис. 4.8) напольный, прямооточный, мощностью 800 Вт с сухим фильтром, является многофункциональным пылесосом и предназначен для уборки помещений, чистки одежды, гардин, штор, ковров и мягкой мебели, а также для других работ, выполняемых при разрежении воздуха или под давлением его. В отечественной практике прямооточный пылесос мощностью 800 Вт разрабатывается впервые. При многофункциональном назначении пылесоса большой мощности, возникает необходимость в регулировании расхода воздуха и давления. Регулятор представляет собой отверстие на кончике шланга, перекрываемое с помощью вращающегося кольца, эффективность их применения очень мала.

Чистка предметов домашнего обихода (таких как занавески, шторы, портьеры, одежда, покрывала и др.) практически невозможна. Эти предметы просто присасываются к насадке и затрудняют ее перемещение по обрабатываемой поверхности. Мощные пылесосы при чистке таких предметов очень неэкономичны. Учитывая это, в конструкции прямооточного пылесоса предусмотрен электронный регулятор мощно-

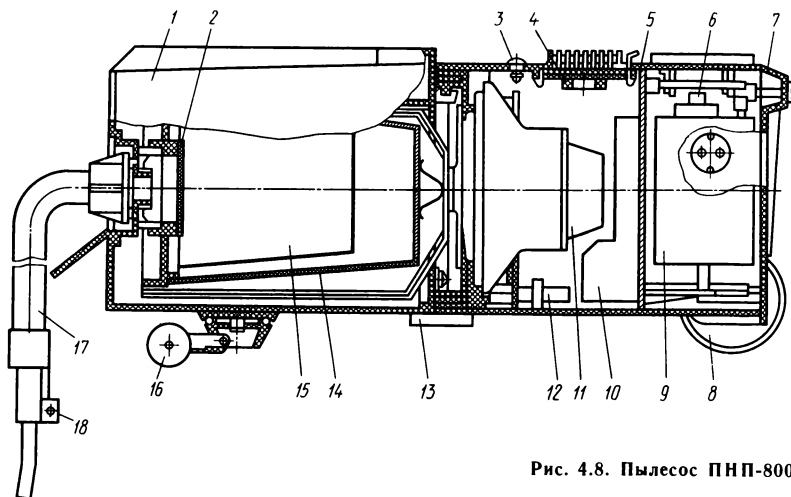


Рис. 4.8. Пылесос ПНП-800

сти, ручка 18 управления которым для удобства регулирования вынесена на наконечник шланга. Шланг армирован токонесущей двухспиральной проволокой, по которой к резистору подводится пониженное безопасное напряжение. Токосъемные контакты расположены так, что при закручивании шланга они замыкаются, т. е. регулятором, находящимся на шланге, можно регулировать частоту вращения вала электродвигателя. Кроме электронного регулятора мощности из элементов комфорта в пылесосе предусмотрена автоматическая намотка шнура и световой сигнализатор запыленности. Тройная система фильтрации обеспечивает высокую степень очистки.

Пылесос состоит из двух пластмассовых корпусов — переднего 1 (с крышкой) и заднего 5 (с крышкой 7) и имеет две кассеты — для хранения шлангов и для хранения насадок. В переднем корпусе расположен фильтр 14 из молескина, внутри которого находится контейнер 15 для сбора крупного мусора. Фильтр и контейнер одеваются на крышку, на патрубке которой расположен обратный клапан 2. Передний корпус со стороны входа воздуха закрыт крышкой с резьбовым отверстием (для присоединения шланга) и двумя подпружиненными контактами. В нижней части переднего корпуса находится поворотное колесо 16, на верхней его части расположены поворотная ручка для перевозки пылесоса к месту работы, ручка для переноски пылесоса или переднего корпуса к месту очистки пылесборника, клавиша включения пылесоса и клавиша тормоза. В заднем корпусе расположены воздуховсасывающий агрегат 11, находящийся между двумя резиновыми амортизаторами, датчик 12 запыленности, перегородка, к которой прикреплен блок 10 электронного регулирования, устройство 9 автоматической намотки шнура, выключатель 6. На выходном патрубке пылесоса, также как и на входном, имеются контакты. В верхней части заднего корпуса расположены сигнализатор 3 запыленности, решетка, под которой находится фильтр 4 для задержания мелкодисперсной пыли. Два поворот-

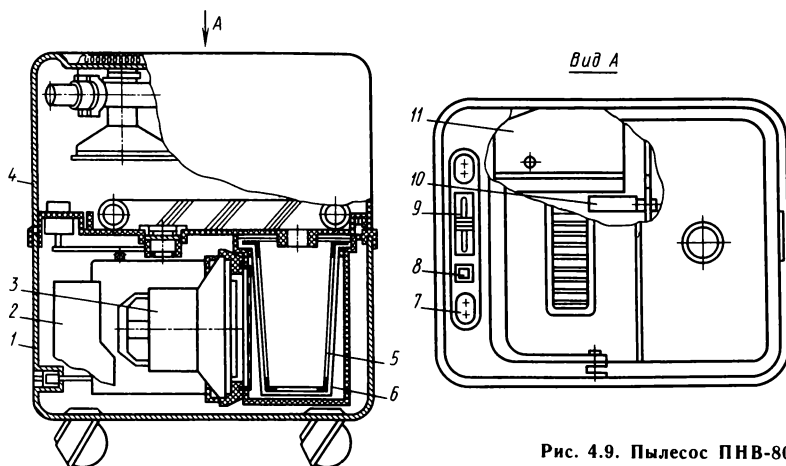


Рис. 4.9. Пылесос ПНВ-800

ных колеса 8 приклеплены к корпусу с помощью цанг. На нижней части корпуса закреплен замок 13 для соединения переднего и заднего корпусов через промежуточное уплотнение. Шланг пылесоса представляет собой каркас из двух изолированных токоведущих пружин 17, заключенных в эластичный пластмассовый чехол. На торце патрубка, соединяющего шланг с пылесосом, имеются две контактные пластины. На патрубке, соединяющем насадки со шлангом, имеется ручка 18, которой с помощью резистора регулируют мощность воздуховсасывающего агрегата.

**Пылесос ПНВ-800** (рис. 4.9) также впервые освоен промышленностью. В конструкции пылесоса предусмотрены: электронный регулятор 2 мощности (частоты оборотов электродвигателя) с управляемым резистором 9. В нерабочем состоянии пылесос может быть использован в качестве пуфика. Конструкции пылесосов ПНВ-800 и ПНВ-600 аналогичны. Пылесос ПНВ-800 имеет корпус 1, воздуховсасывающий агрегат 3, верхнюю крышку 4, автоматическую намотку 11 шнура, датчик 10 давления, указатель 8 запыленности, выключатель 7, фильтр 5 грубой очистки и тканевый фильтр 6.

#### 4.4. Воздуховсасывающие агрегаты бытовых пылесосов

Воздуховсасывающий агрегат пылесосов состоит из вентилятора и привода. В качестве привода, как правило, используют коллекторный двигатель. Большинство агрегатов (кроме агрегатов серии АВП и агрегата АП-600) применяют в отечественных пылесосах с незначительными изменениями уже длительное время.

В коллекторном двигателе щеточно-коллекторный узел включает щеткодержатель, электрощетку и коллектор. В агрегатах АВП-4, АП-600 и КУВ-071В применен пластмассовый щеткодержатель. Он прост в изготовлении. Недостатком этого щеткодержателя являются плохие условия охлаждения электрощеток, что не позволяет использовать его при по-

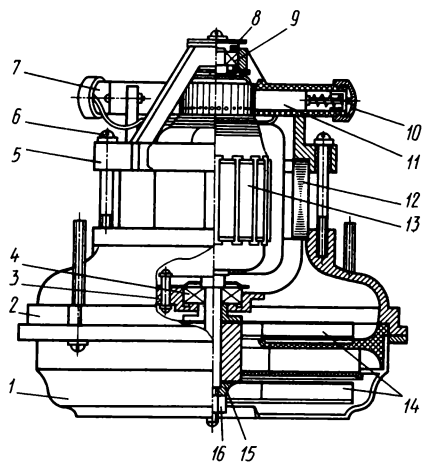


Рис. 4.10. Воздуховсасывающий агрегат АП-600

вышенной частоте вращения. В агрегатах серии А применен щеткодержатель с запрессованной металлической обоймой. Этот щеткодержатель обеспечивает хорошее охлаждение электрощетки, стабильность условий работы. Улучшаются контактные характеристики установкой наклонных щеткодержателей.

Отечественные агрегаты АП-600 и серии АВП имеют достаточно высокий КПД. Однако низкая частота вращения не позволяет достигнуть хороших массовых показателей. Агрегат АП-600 (рис. 4.10) состоит из верхнего 2 и нижнего 1 корпусов, щита 5 электродвигателя с вентилятором 15.

Якорь 13 электродвигателя установлен на двух подшипниках 4 и 9. Верхний подшипник закрыт крышкой 8, нижний — крышкой 3. Статор 12 электродвигателя закреплен на щите 5 и корпусе 2 винтами 6. На щите 5 также закреплены щеткодержатели 7 и угольные щетки 11, закрытые колпачками 10. Центробежные колеса 14 вентилятора 15 закреплены гайкой 16.

На надежность работы щеточно-коллекторного узла влияет коммутационная способность щеток. В результате исследований было определено, что при большой частоте вращения наиболее пригодны электрощетки марки Г21. Эти щетки имеют наибольшее удельное сопротивление, способствующее улучшению коммутационных свойств, и наи-

#### 4.5. Техническая характеристика воздуховсасывающих агрегатов

Агрегат	Номинальная мощность агрегата, Вт	Число ступеней вентилятора	Частота вращения, об/мин	Производительность, м <sup>3</sup> /с	КПД, %	Масса, г	Удельная масса, г/Вт
МД-010	82	2	13 300	$254 \cdot 10^{-4}$	23	1930	23,5
МД-1ДА	100	2	13 800	$152 \cdot 10^{-4}$	27	2110	22,1
УД-2 («Буран»)	125	2	14 000	$182 \cdot 10^{-4}$	26,3	2940	23,5
АВП-4	200	2	15 200	$250 \cdot 10^{-4}$	36	2620	13,1
АП-600	186	2	16 000	$266 \cdot 10^{-4}$	33,5	2150	11,6
Агрегат серии А	190	1	25 000	$232 \cdot 10^{-4}$	38,4	2000	10,5
«Fhomson 62014» (Франция)	174	2	18 200	$183 \cdot 10^{-4}$	30	1890	10,9
«Lambelectric» (Канада)	172	1	20 000	$280 \cdot 10^{-4}$	27,7	1550	9

меньший износ. Однако вследствие низкой допустимой частоты вращения пришлось уменьшить диаметр коллектора до 20 мм.

Конструкция коллектора должна быть жесткая. В агрегатах серии А применен коллектор, собранный на изолированной металлической втулке.

Надежность подшипникового узла — одна из главных проблем электродвигателей с высокой частотой вращения. Анализ отказов подшипников показал, что основной причиной разрушения сепаратора является плохая герметизация. Как известно, при работе коллекторного двигателя выделяется большое количество угольной пыли, которая приводит к ускоренному изнашиванию сепаратора. Поэтому в агрегатах серии А применен радиальный подшипник № 60018 с одной защитной шайбой или подшипник № 280017 с двумя защитными шайбами. Кроме того, принят ряд конструктивных мер по снижению уровня шума и повышению надежности. Агрегаты серии А обладают техническими характеристиками, превосходящими лучшие зарубежные аналоги (табл. 4.5).

#### 4.5. Полотеры и ковровочисты

Применение синтетических покрытий полов, появление лаков для паркетных полов привело к снижению спроса на полотеры. Поэтому объем выпуска и номенклатура полотеров ограничены. В настоящее время выпускают полотеры ЭП-3М, ЭПО-3 и ЭПО-3М.

##### Техническая характеристика бытовых электрополотеров ЭП-3М, ЭПО-3 и ЭПО-3М

Потребляемая мощность, Вт . . . . .	450
Тип электродвигателя . . . . .	ЭДЭ-4
Размеры полотера, мм:	
длина * . . . . .	210
ширина . . . . .	355
высота . . . . .	370
Масса, кг . . . . .	9

Примечания: 1. Длина полотера ЭП-3М 175 мм.

2. Высота полотеров со штангой 1160—1200 мм.

**Полотер ЭПО-3** (рис. 4.11) состоит из следующих частей: корпуса 2; электродвигателя, расположенного под кожухом 4, со штепсельным разъемом 8; трех щеткодержателей с натирочными щетками; штанги 5 управления с вилкой соединительного шнура 7; пылесборника; амортизатора 1, предохраняющего мебель от повреждения. На верхнем конце штанги управления расположена ручка с выключателем 6. По мере загрязнения пылесборник необходимо освобождать от пыли. Для этого освобождают замки 3, снимают кожух 4 с пылесборником, вынимают и чистят мешок. При загрязнении щеток их моют горячей водой с мылом. Для снятия щеток под пружину крепления подводят лезвие отвертки и вынимают пружину. Для закрепления щетки кладут на щеткодержатель так, чтобы их прорези под пружину совпали, затем ставят пружину в прорези и нажатием руки устанавливают ее на место.

Рис. 4.11. Полотер ЭПО-3

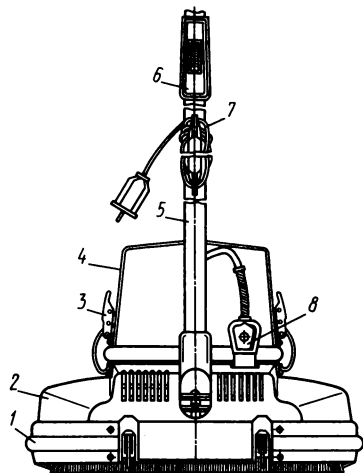
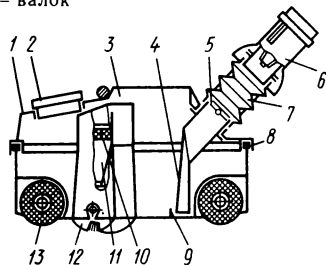


Рис. 4.12. Пенный ковровщик:

1 — корпус; 2 — заглушка; 3 — крышка; 4 — камера давления; 5 — обратный клапан; 6 — дросселирующее устройство; 7 — гибкий гофрированный элемент; 8 — уплотнение; 9 — рассекатель; 10 — пористый материал; 11 — воронка; 12 — щетка; 13 — валок



Для очистки ковровых изделий промышленность выпускает механический ковровщик КМ-1, представляющий собой емкость с механически вращающимися щетками, пылевывалку «Жук» и пенный ковровщик (табл. 4.6).

#### 4.6. Техническая характеристика бытовых ковровщиков

Показатель	Механический ковровщик КМ-1	Пенный ковровщик	Пылевывалка «Жук»
Производительность, м <sup>2</sup> /ч	—	15	—
Пылеочистительная способность, %	45	70	88,8
Размеры, мм:			
длина	370	240	248
ширина	260	280	101
высота	120	150	98

Примечания: 1. Высота механического ковровщика КМ-1 со штангой 1050 мм.

2. Пенный ковровщик выпускают без отсоса пыли с применением шампуня, пенного очистителя.

**Пенный ковровщик** (рис. 4.12) является приставкой к бытовому пылесосу для влажной очистки ковровых изделий. В камеру ковровщика заливают моющий раствор и приставку соединяют с выходом пылесоса. При включении пылесоса воздух проходит через камеру, образуя обильную пену. Внутри корпуса ковровщика имеются два окна, в которые вставлен пористый материал. Напротив окон находятся щетки и валки. Щетки расположены под углом к направлению перемещения ковровщика, что обеспечивает хорошее распушивание ворса ковра. Валки смачивают ворс пеной. Через некоторое время (зависит от вида шампуня) производят уборку пылесосом.



## 4.6. Ремонт пылесосов и полотеров

В электропылесосах и полотерах наиболее уязвимым элементом является коллекторный электродвигатель. При ремонте пылесосов необходимо обращать внимание на состояние коллекторного узла и степень искрения. Допускается слабое искрение под электрощеткой. При этом возможно появление следов почернения коллектора, легко

### 4.7. Возможные неисправности электропылесосов и полотеров и способы их устранения

Неисправность	Возможная причина	Способ устранения
Пылесос не работает	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Нет контакта в электрической цепи (розетка, вилка, электромотаж)</li> <li>2. Неплотное прилегание угольных электрощеток</li> </ol>	Устранить обрыв
Не работает механизм уборки шнура	<ol style="list-style-type: none"> <li>3. Обрыв в обмотках электродвигателя</li> </ol> <p>Соскочила или сломалась пружина барабана намотки</p>	<p>Вынуть щетки из щеткодержателей, расправить пружинку, зачистить щетки мелкой наждачной бумагой, протереть коллектор ветошью с бензином</p> <p>Заменить двигатель</p>
Не работает указатель запыленности	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Заедает поршень в трубке указателя запыленности</li> <li>2. Соскочила или сломалась пружина</li> </ol>	<p>Прочистить трубку указателя запыленности</p> <p>Закрепить пружину или заменить ее</p>
Уменьшилось разрежение пылесоса	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Вышел из строя двигатель</li> <li>2. Вышел из строя подшипник</li> <li>3. Засорился гибкий шланг</li> </ol>	<p>Заменить двигатель</p> <p>Заменить подшипник</p> <p>Прочистить шланг</p>
Большое искрение электрощеток	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Неплотное прилегание электрощеток</li> <li>2. Выработка пластин коллектора</li> </ol>	<p>То же</p> <p>Разобрать электродвигатель, проточить коллектор якоря на токарном станке</p> <p>Разобрать пылесос, отремонтировать или заменить крыльчатку</p>
Механический скрежет при работе пылесоса	Крыльчатка вентилятора задевает за корпус	Надеть ремень или заменить его
В полотере не вращаются натирочные щетки	Нет сцепления вала электродвигателя с держателями щеток, соскочил или растянулся ремень	
В полотере соскакивает щетка	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Заедает подшипник</li> <li>2. Сломан щеткодержатель натирочной щетки</li> </ol>	<p>Промыть и смазать подшипник или заменить его</p> <p>Заменить щеткодержатель</p>

устраняемых протиранием коллектора бензином. Возможные неисправности пылесосов и полотеров и способы их устранения приведены в табл. 4.7.

#### **4.7. Испытание пылесосов**

Перед испытанием пылесос, фильтры, ковры, нити должны выдерживаться в течение суток в условиях окружающей среды: при температуре воздуха  $20 \pm 5$  °С, относительной влажности 60—70 % и атмосферном давлении 0,08—0,1 МПа.

Перед началом функциональных испытаний пылесос, укомплектованный шлангом, удлинителем воздухопровода и насадкой, должен работать в течение 2 ч с полностью открытым отверстием для всасывания воздуха. Перед каждой серией измерений пылесос должен работать в течение 30 мин. Фильтры разового заполнения при каждом новом испытании пылесоса должны заменяться новыми. Тканевый фильтр пылесоса перед каждым новым испытанием должен быть очищен выбиванием. Стирка фильтра не допускается.

До начала измерений, при которых взвешивается собранная пыль, на все поверхности пылесоса, через которые воздух проходит прежде, чем попасть в фильтр, должен быть нанесен слой пыли. Для этого проводят две уборки по методике проверки пылеочистительной способности, результаты которых не учитывают.

Методы испытаний пылесосов изложены в ГОСТ 10280—83 Е.

### 5.1. Особенности сверхвысокочастотной энергии

Сверхвысокочастотная (СВЧ) энергия, используемая для нагрева различных веществ, может быть применена для приготовления пищи, сушки белья, размораживания продуктов и в других бытовых устройствах, где необходима тепловая энергия. Однако широкое распространение СВЧ-энергия получила только в технологии приготовления пищи, что связано с особенностями физического процесса нагрева СВЧ-полей. Под действием переменного поля в веществе возникает поляризация, т. е. направленное перемещение связанных электрических зарядов. Для веществ, в состав которых входит вода, главным видом поляризации является дипольная, вызванная несимметрией расположения атомов водорода относительно атома кислорода. Поляризация молекул со сверхвысокой частотой вызывает трение между ними с выделением теплоты, которая тем больше, чем выше частота  $f$  и напряженность  $E$  поля. Удельная тепловая энергия, выделяемая веществом, (Вт/см<sup>3</sup>),

$$P = 0,566\epsilon' \operatorname{tg} \delta f E^2 10^{-12},$$

где  $\epsilon'$  — диэлектрическая проницаемость.

При пересечении СВЧ-полем проводника возникает поверхностный эффект, заключающийся в том, что движение носителей тока вытесняется к поверхности. Чем больше частота, тем больше проявляется действие поверхностного эффекта. Глубина проникновения тока в проводник (см)

$$h = \frac{9,55 \cdot 10^3}{f \sqrt{\epsilon'} \operatorname{tg} \delta}.$$

За глубину проникновения электромагнитного поля в вещество принимают глубину, на которой напряженность поля уменьшается в  $\epsilon$  раз ( $\epsilon$  — основание натуральных логарифмов) (табл. 5.1).

Глубина проникновения электромагнитного поля в вещество уменьшается с увеличением  $\epsilon'$ ,  $\operatorname{tg} \delta$ ,  $f$ , а выделяемая тепловая энергия повышается. Исходя из этого рабочая частота для СВЧ-приборов должна быть выбрана из компромиссных соображений. В настоящее время решением Международной комиссии по радиочастотам для бытовых СВЧ-приборов выделена частота 2450 МГц.

СВЧ-нагрев по сравнению с традиционными способами нагрева обладает следующими преимуществами.

### 5.1. Глубина проникновения поля частотой 2450 МГц в различные продукты при температуре 18—25 °С

Продукт	$\epsilon'$	$\text{tg } \delta$	Глубина проникновения поля, см
Мясо (говядина)	48—50	0,35—0,38	1,1—1,3
Свиной шпик, жир	3,2	0,86	5—6
Рыба (треска, судак)	44—52	0,37—0,39	1,5—1,7
Картофель	51—59	0,23—0,28	1,8—2,4
Свекла	48—52	0,25—0,26	2—2,2
Яблоки	54—60	0,23—0,27	1,6—1,8

1. При СВЧ-нагреве генерация теплоты происходит внутри самого нагревательного продукта. Если при тепловой обработке продуктов традиционными способами расходуется теплота на нагрев посуды и окружающей среды, то в СВЧ-приборах почти вся теплота идет на нагрев продуктов, а посуда нагревается незначительно в результате получения теплоты от горячего продукта. Таким образом, производительные потери теплоты значительно снижаются.

2. Продолжительность тепловой обработки продуктов СВЧ-энергией значительно сокращается (табл. 5.2).

3. За счет сокращения времени тепловой обработки СВЧ-энергией снижаются потери массы продуктов на 10—30 % при сохранении витаминов, органических и минеральных веществ, естественного цвета и вкусовых качеств.

### 5.2. Технологические процессы обработки продуктов и время тепловой обработки

Процесс	Продукт, блюдо	Масса, кг	Время приготовления, мин
Размораживание	Мясо	1,5	45
	Цыпленок	1,5	30
	Отбивные	0,3	8
	Рагу	0,3	5
	Малина	0,3	3
	Пирог	0,2	1,5
	Бисквитное кольцо	0,5	1
Приготовление блюд	Индейка	3	80
	Курица	1	30
	Плов	0,2	13
	Телятина	0,2	12
	Пирог	1	10
	Гречневая каша	0,15	8
	Компот из сухофруктов	0,2	5
	Отварная рыба	0,15	5
	Печеный картофель	0,4	4
	Сосиски	0,02	0,45
	Разогрев блюда	Второе блюдо	0,2
Суп		0,6	2
Бульон		0,5	1,5
Бутерброд		0,1	0,3
Булочка		0,1	0,3

4. При применении СВЧ-приборов в быту снижаются затраты электроэнергии (на 50—70 %) по сравнению с применением электроплит.

5. Простота уборки рабочей камеры после приготовления блюд обусловлена тем, что во время тепловой обработки продукты не подгорают.

6. После приготовления блюд меньше загрязненной посуды, так как продукты могут подвергаться тепловой обработке непосредственно в сервировочной посуде.

Однако при перечисленных преимуществах СВЧ-приборы не могут полностью заменить традиционные приборы для приготовления пищи. Как правило, СВЧ-приборы являются хорошим дополнением к оборудованию кухни. Это объясняется тем, что получаемые при приготовлении на СВЧ-приборах блюда не имеют традиционного вида, а сохраняют вид полуфабрикатов, который имеет продукт до тепловой обработки. Например, некоторые блюда привычны после обжаривания с аппетитной румяной корочкой, а получение ее в СВЧ-приборах затруднительно: необходимо применение специальных дополнительных устройств, которые, увеличивая на 50 % время и энергозатраты, повышают стоимость приготовления.

Сравнительно высокая стоимость СВЧ-приборов по сравнению с традиционными электрическими и газовыми плитами существенно влияет на их приобретение и внедрение в быт.

## **5.2. Сверхвысокочастотные бытовые приборы**

### **5.2.1. СВЧ-печи**

СВЧ-нагрев является одним из наиболее прогрессивных способов тепловой обработки продуктов в процессах размораживания, разогрева и приготовления готовых блюд. В связи с этим СВЧ-приборы завоевывают все большую популярность на мировых рынках.

Первые СВЧ-печи бытового назначения появились в конце сороковых годов, а их массовое производство в наиболее развитых странах началось в шестидесятых годах. В настоящее время бытовые СВЧ-печи производят СССР, США, Япония, Великобритания. Наиболее широкое распространение СВЧ-печи получили в Японии и США. Большинство СВЧ-печей, выпускаемых за рубежом, составляют многорежимные модели, в которых один или два режима предусмотрены для размораживания продуктов.

В СССР выпускаются СВЧ-печи «Электроника ЗС» и ее модификации (модели «Страуме» и «Саратов»).

**СВЧ-печи «Электроника ЗС»** (рис. 5.1) выпускается только в настольном исполнении. Конструкция включает в себя следующие основные блоки и узлы: рабочую камеру, вентилятор, панель управления, генератор электромагнитных колебаний с волноводной системой; блок электроэлементов; высоковольтный трансформатор.

В рабочей камере печи расположена вращающаяся тарелочка, на которую устанавливают посуду с приготовляемым продуктом. Камера

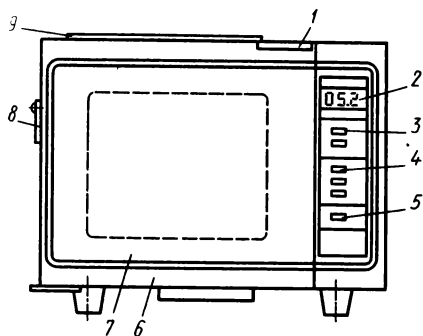


Рис. 5.1. СВЧ-печь «Электроника-3С»

плотно закрывается дверцей 7 со смотровым окном и замком 1, причем при открывании дверцы во время работы печи в любом из рабочих режимов печь автоматически отключается. Вентилятор охлаждает генератор и обдувает рабочую камеру. Панель управления состоит из электронного реле времени и выключателя «сеть».

Все функционально законченные узлы и блоки, соединенные один с другим с помощью разъемов, смонтированы в корпусе 6, выполненном из металла, и покрыты

лаком. Панель управления включает в себя: световое табло 2, кнопки 3 набора времени, кнопки 4 режимов, кнопку 5 «сеть». Задание временного интервала осуществляется двумя кнопками — «быстро» и «замедл.» (на цифровом табло). Дискретность отсчета заданного интервала 10 с. Включение режима работы обеспечивается нажатием одной из кнопок («жарить», «парить», «разморозить»), при этом отсчет заданного временного интервала осуществляется в обратном счете до нулевого значения. На верхней панели корпуса расположена крышка 9 вентиляционного канала. На левой панели корпуса размещена крышка 8 окна люка для замены лампы освещения камеры. На задней панели корпуса расположены предохранители и сетевой шнур.

#### Техническая характеристика СВЧ-печи «Электроника-3С»

Напряжение питающей сети, В . . . . .	220 ± 10
Потребляемая мощность, Вт . . . . .	1320 ± 10 %
Мощность в рабочей камере, Вт, в различных режимах:	
«жарить» . . . . .	550
«парить» . . . . .	410
«разморозить» . . . . .	270 ± 35 %
Полезный объем рабочей камеры, л . . . . .	27
Плотность потока утечки электромагнитной энергии за пределы корпуса печи на расстояние 0,5 м и от поверхности печи, мкВт/см <sup>2</sup> , не более . . . . .	10
Размеры, мм:	
длина . . . . .	600
высота . . . . .	450
глубина . . . . .	420
Масса, кг . . . . .	45

Основные направления совершенствования СВЧ-печей включают в себя: совершенствование магнитрона, волновода и камеры; обеспечение безопасности излучения СВЧ-энергии; обеспечение равномерности тепловой обработки продуктов при приготовлении блюд, включая создание эффекта подрумянивания; совершенствование системы управления, индикации, сигнализации и контроля с применением микропроцессоров.

### 5.2.2. СВЧ-размораживатели

Производство и спрос на СВЧ-размораживатели обусловлены значительным увеличением производства и продажи замороженных продуктов в странах Западной Европы, Японии и США. Например, в США производство замороженных продуктов на душу населения еще в период 1975—1980 гг. выросло на 19,7 %, а в Швеции на 44,8 %. Применявшиеся традиционные способы размораживания воздухом и проточной водой стали неэффективны, занимали много времени и не обеспечивали сохранность питательных веществ в продуктах. Это стимулировало расширение производства и продажи СВЧ-размораживателей.

Размораживание продуктов в СВЧ-поле происходит значительно быстрее благодаря их объемному нагреву, при этом питательная ценность продуктов сохраняется лучше (см. табл. 5.2). Особенностью размораживания, происходящего в СВЧ-поле, является резкое изменение диэлектрических свойств пищевых продуктов при переходе из замороженного в размороженное состояние. Однако это приводит к некоторым техническим затруднениям при практическом применении метода. В замороженных продуктах диэлектрическая проницаемость и фактор потерь приближается к параметрам льда, а после размораживания они резко увеличиваются. Вследствие этого оттаявшие участки продуктов быстро перегреваются и процесс становится неуправляемым.

В результате такой обработки может оказаться, что отдельные части продуктов будут готовы к употреблению, а другие останутся еще не размороженными. Такое положение является следствием неравномерной тепловой обработки продуктов в рабочих камерах СВЧ-приборов, так как процесс размораживания происходит в поле стоячей волны. Поэтому равномерный нагрев продуктов, особенно при их размораживании, является основной проблемой, стоящей перед проектировщиками СВЧ-приборов.

Для равномерного нагрева продукт механически перемещают внутри камеры, помещая его на подставку, которая совершает вращательное, поступательное или вращательно-поступательное движение. Другим способом для равномерного нагрева продукта является возмущение картины электромагнитного поля внутри камеры с помощью использования специальных металлических отражателей — стирреров, создающих фазовые сдвиги векторов электрических полей и тем самым способствующих более равномерному нагреву. Эти способы, повышающие равномерность нагрева при тепловой обработке, не решают указанной проблемы при размораживании продуктов. Проблема равномерного нагрева, особенно при размораживании, разрешена комплексным применением указанных способов, путем так называемого «автоматического цикла размораживания» совместно со стиррером и вращающейся подставкой.

«Автоматический цикл размораживания» предусматривает периодический режим работы СВЧ-генератора на более низком уровне выходной мощности. Периодичность работы СВЧ-генератора составляет 20—40 с. Паузы между кратковременной работой генератора служат для выравнивания температуры внутри нагреваемого продукта путем передачи тепла нагретых участков в менее нагретые.

Исследования, проведенные отечественными и зарубежными специалистами, позволяют сделать следующие выводы по СВЧ-размораживанию:

1) по биологической ценности мяса, прошедшее СВЧ-обработку, практически не отличается от продукта, размораживание которого получено традиционным путем;

2) по органолептическим свойствам рыба, размороженная СВЧ-способом, лучше рыбы, размороженной традиционным способом.

Влияние СВЧ-обработки на пищевые продукты, в том числе и на витамины, является предметом достаточно сложных исследований. Так, проблема использования электромагнитных СВЧ-печей для размораживания овощей и фруктов, подвергнутых низкотемпературному замораживанию, недостаточно изучена и ограничено освещена в литературе. Установлено, что размораживание в поле СВЧ-энергии приводит к меньшим потерям неорганических веществ. При традиционном способе размораживания часть минеральных веществ теряется вместе с вытекающей влагой. При СВЧ-размораживании потери влаги меньше и, как следствие, меньше потери неорганических веществ.

### 5.2.3. СВЧ-сублиматоры

СВЧ-сублиматоры считаются одним из перспективных видов бытовых приборов. Сублимированные продукты сохраняют не только питательные вещества гораздо лучше, чем сушеные или термообработанные, но и присущую им форму, цвет, запах. Упакованные в полиэтиленовую тару, сублимированные продукты могут храниться несколько лет в обычных условиях. Для восстановления сублимированного продукта достаточно его увлажнить, опустив в воду.

Процесс сублимационной сушки продуктов заключается в том, что испарение влаги из продукта происходит после предварительного замораживания. К быстрозамороженному продукту при температуре  $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$  или ниже подводят тепло или СВЧ-энергию. Происходит испарение (сублимация) влаги, находящейся в твердом состоянии (лед), без перехода в жидкое состояние.

Конструктивно СВЧ-сублиматоры представляют собой соединение морозильника и СВЧ-печи. В камеру СВЧ-печи вводят испаритель морозильника, позволяющий снизить температуру в камере до  $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$ . В эту же камеру вводят СВЧ-энергию от магнетронного генератора. Управляя температурой в камере, мощностью и временем работы магнетрона, можно обеспечить оптимальный технологический режим не только сублимации, но и приготовления пищи к заданному моменту времени без участия потребителя. Загрузив подготовленный к приготовлению продукт, охлаждают камеру, что позволяет хранить продукт в течение нужного времени. К заданному сроку, который устанавливают на пульте микропроцессорного управления сублиматором, включается СВЧ-генератор и продукт доводится до готовности. В этом отношении очень удобны замороженные продукты, изготовленные пищевой промышленностью.



Объем производства замороженных продуктов (вторых блюд, мясных и овощных наборов, фруктов, ягод) будет постоянно увеличиваться, а использование их в быту значительно улучшит ассортимент, обеспечив этим рациональное питание (с позиций витаминности и калорийности) и сократив время для приготовления пищи.

### 5.3. Испытание сверхвысокочастотных бытовых приборов

Испытания сверхвысокочастотных бытовых приборов имеют некоторые особенности, связанные с измерением СВЧ-мощности. Остальные параметры (потребляемая мощность, соответствие требованиям электробезопасности и др.) проверяют в соответствии с ГОСТ 14087—80.

**Измерение СВЧ-мощности.** Стандартным прибором сделать это не всегда удается. Поэтому заводы — изготовители СВЧ-печей рекомендуют принять калориметрический метод следующим образом.

1. Подготовить печь к включению согласно руководству по ее эксплуатации и поместить в рабочую камеру печи кастрюлю из жаропрочного стекла объемом 1,5 л (РСТ УССР 473—72) с 0,001 м<sup>3</sup> (1 л) питьевой воды (ГОСТ 2874—82).

2. Подготовить печь к включению, предварительно замерив температуру воды, помещаемой в камеру печи.

3. Нажать кнопку «сеть» на передней панели печи.

4. Набрать на световом табло 3 мин 10 с, нажав сначала кнопку «быстро», а затем «замедл.».

5. Нажать кнопку «жарить» («парить» или «размораживать»).

6. После окончания работы таймера одну минуту перемешивать воду в кастрюле термометром, не касаясь стенок и дна кастрюли. Измерить температуру, выключить печь.

7. Подсчитать мощность в камере по формуле:

$$N = (T_2 - T_1) (\rho_1 V_1 c_1 + m c_2) / t,$$

где  $T_1$  — начальная температура воды, К;  $T_2$  — конечная температура воды, К;  $\rho$  — плотность воды, кг/м<sup>3</sup>,  $\rho = 1000$  кг/м<sup>3</sup>;  $V_1$  — объем воды, м<sup>3</sup>;  $c_1$  — удельная теплоемкость воды, Дж/(кг·К),  $c_1 = 4190$  Дж/(кг·К);  $m$  — масса кастрюли, кг;  $c_2$  — удельная теплоемкость кастрюли, Дж/(кг·К);  $c_2 = 838$  Дж/(кг·К),  $t$  — время нагрева, с.

**Функционирование печи при отклонениях напряжения.** Функционирование проверяют следующим образом.

1. Устанавливают напряжение питания печи 198 В.

2. Определяют мощность в рабочей камере печи. Мощность в рабочей камере в режиме «жарить» (100 % мощности в камере) должна быть не менее 450 Вт.

3. Устанавливают напряжение питания печи 242 В.

4. Определяют мощность в рабочей камере печи, которая в режиме «жарить» должна быть не более 800 Вт.

**Проверка плотности потока утечки электромагнитной энергии.** Проверку производят измерителем плотности потока мощности типа ПЭ-9Р на расстоянии 0,5 м от поверхности печи. Для этого необходимо сделать следующее:

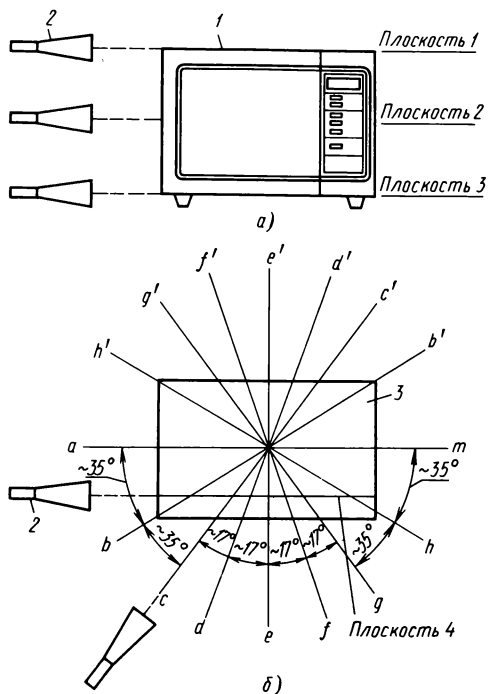


Рис. 5.2. Измерение плотности потока утечки СВЧ-печей:

*a* — измерение в плоскостях 1, 2, 3; *б* — измерение в плоскости 4 (*a* — *m* — точки измерения); 1 — СВЧ-печь (вид спереди); 2 — антенна измерительного прибора; 3 — СВЧ-печь (вид сбоку)

ние прибора (измерителя); при измерении пространство вокруг печи на расстоянии не менее 2 м должно быть свободно от металлических конструкций;

7) выключить печь.

При проведении приемосдаточных испытаний максимальную плотность потока утечки электромагнитной энергии замеряют путем перемещения антенны измерителя вдоль линии сопряжения дверцы с камерой печи и в плоскости смотрового окна дверцы и перпендикулярно нижней плоскости редуктора.

При проведении периодических испытаний замер плотности утечки производится согласно рекомендациям Киевского научно-исследовательского института общей и коммунальной гигиены.

Измерение производится в четырех плоскостях (рис. 5.2): первая плоскость — на уровне верхней плоскости печи; вторая — на уровне полувысоты корпуса печи; третья — на уровне нижней плоскости корпуса печи; четвертая — плоскость сопряжения дверцы с камерой, а также в центральной точке смотрового окна дверцы.

1) подготовить измеритель плотности к включению и выключить согласно инструкции по эксплуатации;

2) подготовить печь к включению; при проведении испытаний по данной методике в печь поместить кастрюлю из жаропрочного стекла с 0,0002 м<sup>3</sup> (0,2 л) воды;

3) нажать кнопку «сеть» на передней панели печи;

4) набрать на световом табло 24 мин 30 с, нажав сначала кнопку «быстро», а потом «замедл.»;

5) нажать кнопку «жарить»; через 1 мин начать измерение утечки плотности потока электромагнитной энергии; каждые 2—3 мин необходимо менять воду; при замене воды печь должна быть выключена;

6) в процессе измерения в каждой точке антенна должна поворачиваться вокруг своей оси на угол не менее 90°; за отсчет принимают максимальное показание прибора (измерителя);

при измерении

### **6.1. Особенности бытовых электроприборов с электронным управлением**

Научно-технический прогресс в конструировании бытовой электротехники протекает по двум основным направлениям: первое — совершенствование потребительских качеств электроприборов, второе — расширение их ассортимента.

Совершенствование потребительских качеств электроприборов связано с повышением степени автоматизации и механизации их работы на базе применения электронных схем управления. Социально-экономический эффект автоматизации быта подтверждается социологическими обследованиями затрат времени на ведение домашнего хозяйства. При автоматизированном ведении хозяйства это время составляет 1 ч 30 мин в сутки, а при обычном 5 ч 20 мин. Однако до настоящего времени уровень автоматизации ограничивался механизацией отдельных операций, как правило, при непосредственном участии потребителя в технологическом процессе данного изделия. Это объясняется тем, что в качестве управляющего элемента использован электромеханический командоаппарат, в котором число команд (программ) ограничено.

Автоматизация ведения домашнего хозяйства с помощью электромеханических (и даже с использованием транзисторов) командоаппаратов означало бы создание командоаппарата, который по массе и размерам значительно превышал бы сам прибор. На протяжении длительного времени (вплоть до семидесятых годов) это являлось сдерживающим фактором повышения степени автоматизации быта.

Последние достижения полупроводниковой технологии и появление микропроцессоров (больших интегральных схем с интеграцией 10—30 тыс. транзисторов в одном кристалле) обеспечили новый подход к конструированию электробытовых машин и приборов.

Объединение микропроцессора с полупроводниковой памятью и устройствами ввода — вывода позволило создать микроЭВМ, стоимость которой сопоставима со стоимостью электромеханических командоаппаратов, а функциональные возможности на несколько порядков выше. Функциональные возможности микроЭВМ определяются заданной программой и могут быть легко изменены путем замены программы, что позволяет организовать массовый выпуск унифицированных модулей, пригодных для компоновки самых разнообразных устройств.

На основе анализа серийно выпускаемых в странах Западной Европы, Японии и США последних образцов сложной электробытовой

техники можно отметить следующие преимущества приборов с электронными системами управления: значительное расширение функциональных возможностей машин путем увеличения числа программ на порядок (с десятков до сотен); долговременная конкурентоспособность (до 15—20 лет) на мировом рынке; уменьшение массы в 1,5—2 раза; повышение надежности на 1—2 порядка; экономия электроэнергии и воды на 10—70 %; повышение точности соблюдения выполнения заданных функций; возможность работы в режиме диалога человек — машина; повышение уровня унификации, технологичности и ремонтпригодности; уменьшение трудоемкости изготовления; низкий уровень радиопомех в сети; повышение электробезопасности.

Особо следует отметить, что несмотря на повышение розничной цены сложных электроприборов и машин с электронным управлением стоимость электронных устройств в сумме сопоставима со стоимостью электромеханических командоаппаратов. Так, по данным фирмы «ИТТ Семикондукторс» (ITT Semiconductors, США), стоимость электронной системы управления даже несколько ниже. Это обстоятельство активно воздействовало и на второй аспект конструирования электробытовых приборов и машин — расширение ассортимента. Стремительное увеличение потока новых электробытовых изделий можно проиллюстрировать на примере американской фирмы «Дженерал Электрик»: около 90 % ассортимента бытовых электроприборов, выпускаемых ею в настоящее время, десять лет назад вообще не было известно. С учетом номенклатуры и сложившегося состояния производства в СССР электронные системы управления могут значительно повысить технический и потребительский уровень сложных электробытовых приборов: автоматических и полуавтоматических стиральных машин; СВЧ-печей и СВЧ-размораживателей; посудомоечных машин; холодильников и морозильников; гладильных и сушильных машин; приборов микроклимата; уборочных машин; вязальных и швейных машин.

В СССР ведется разработка бытовых ЭВМ. В ближайшее время предполагается установка во вновь строящихся домах повышенной комфортности полного комплекта оборудования для кухни и ванной, в том числе: холодильника, морозильника, СВЧ-печи, электроплиты, посудомоечной, стиральной, сушильной машин и других приборов, управляемых микроЭВМ.

## **6.2. Универсальная система управления бытовыми электроприборами**

Эффективность применения машин и приборов с электронными системами управления может быть повышена путем создания базовой системы управления, сложность которой может наращиваться включением дополнительных элементов, изменением программ, увеличением объема памяти. Анализ зарубежных приборов с электронным управлением подтверждает правильность выбранного направления — создание «электронных модулей», позволяющих путем выбора стандартных эле-

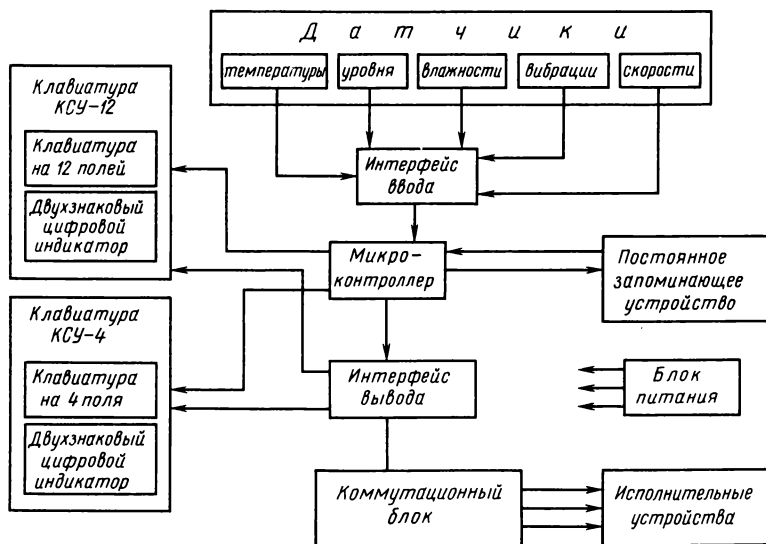


Рис. 6.1. Схема универсальной электронной системы управления

ментов создавать оптимальные варианты систем управления. Примером может служить специализированный микропроцессор фирмы «ИТТ Семикондукторс» (Великобритания), предназначенный для стиральных, сушильных и посудомоечных машин. Удачное оформление процессора обеспечивает ему продажу даже в США. Аналогичный подход использован при создании отечественной унифицированной электронной системы, применяемой в стиральных, посудомоечных, сушильных машинах и других бытовых электроприборах.

Блок-схема универсальной системы управления приведена на рис. 6.1. Основными элементами системы являются микроконтроллер типа К145ИК1807, запоминающее устройство типа К145РЕ1, интерфейс ввода — вывода, индикаторы и коммутаторы.

**Микроконтроллер** — большая интегральная схема (БИС), выполняет все функции управления машиной в реальном масштабе времени и осуществляет контроль исполнение команд и прохождение технологического процесса в целом. В качестве микроконтроллера выбрана большая интегральная схема типа К145ИК1807, предназначенная для управления манипуляторами, технологическим и контрольно-измерительным оборудованием, а также электробытовыми машинами и приборами [19].

**Устройство памяти** — постоянное запоминающее устройство, предназначенное для хранения программ работы автоматической машины. Запись программ осуществляется в процессе изготовления БИС. В универсальной электронной системе управления применена ПЗУ К145РЕ1.

**Интерфейс ввода** состоит из сенсорных (чувствительных) полей, заменяющих клавиши, и электронной схемы для сопряжения с микро-

контроллером. Легкое прикосновение к сенсорному полю равноценно нажатию на подвижный элемент клавиши. Отсутствие в сенсорной клавиатуре подвижных деталей увеличивает надежность и срок службы и позволяет сделать ее герметичной, приспособленной для работы в агрессивной среде. В некоторых моделях применена «квазисенсорная» клавиатура, в которой использованы микровыключатели, печатные поля или аналогичные конструкции, которые по техническим и потребительским свойствам близки к сенсорной клавиатуре.

**Интерфейс вывода** служит для вывода на пульт управления информации, необходимой для организации диалогового режима работы. В частности, для стиральной машины — номер выбранной программы, указания о загрузке необходимого количества моющих средств и температуры, при которой будет происходить стирка, и ожидаемое время до окончания цикла, процессы обработки тканей (предварительная стирка, основная стирка, полоскание, отжим и др.).

В качестве **индикатора** могут быть применены газоразрядные люминесцентные или полупроводниковые светоизлучающие элементы.

**Устройство ввода и индикации** состоит из двух конструктивных узлов: сенсорной универсальной клавиатуры КСУ-12 на 12 полей и двухзнакового цифрового катодно-люминесцентного индикатора; сенсорной универсальной клавиатуры КСУ-4 на четыре поля и двухшкального линейного индикатора.

Клавиатура КСУ-12 имеет 10 полей (1—10) для ввода цифровой информации и 2 поля («пуск» и «стоп») для пуска и остановки программы. На двухзнаковом индикаторе отображается номер набираемой программы, а после нажатия поля «пуск» индицируется время, оставшееся до конца работы программы. После нажатия сенсорного поля «стоп» останавливается программа и на двухзнаковом индикаторе высвечивается вновь номер программы. Для полного сброса программы необходимо нажать (повторно) на поле «стоп». На индикаторе при этом высветится «00».

Клавиатура КСУ-4 имеет четыре поля для задания температуры (раствора в стиральных или посудомоечных машинах, воздуха в сушильных машинах и др.). На линейном двухшкальном индикаторе отражается заданная температура и уровень жидкости (например, в баке стиральной машины). При задании температуры и уровня жидкости на индикаторе мигают выбранные значения, а после достижения их индикатор светится постоянно.

Клавиатуры КСУ-12 и КСУ-4 могут устанавливаться отдельно или вместе в зависимости от типа машины или прибора, уровня его комфортности, класса, стоимости и т. д.

**Коммутационный блок.** Исполнительные механизмы (например электродвигатель, сливной насос, магнитный клапан, нагреватель) включаются с помощью бесконтактных оптоэлектронных полупроводниковых приборов — оптронов и тиристоров. По сравнению с электромеханическим переключением бесконтактное имеет ряд преимуществ, в том числе: отсутствие искрения, снижение уровня радиопомех, большие надежность и срок службы. Число каналов коммутации и их пара-

метры (коммутирующий ток и напряжение) определяются составом и типом исполнительных механизмов в машине.

**Чувствительные полупроводниковые элементы (датчики)** контролируют температуру, уровень воды, вибрацию, влажность и ряд других параметров. Эти элементы характеризуются высокой точностью измерения. Так, электронный датчик температуры в стиральных машинах позволяет поддерживать температуру воды в баке с точностью  $\pm 5^\circ$ . Высокая точность измерения параметров позволяет качественно улучшить технологические процессы, выполняемые автоматами.

**Ввод данных в микроконтроллер и вывод на исполнительные механизмы.** Данные в микроконтроллер вводятся по четырем шинам, а на исполнительные механизмы выводятся по восьми шинам. В ряде машин этих вводов и выводов недостаточно. Поэтому применяют специальный расширитель — интерфейс ввода и вывода, позволяющий расширить число каналов управления и датчиков до требуемого значения.

**Блок питания** вырабатывает следующие напряжения: постоянное стабилизированное напряжение — 27 В для питания микроконтроллера, формирователя сигналов датчиков и сенсорной клавиатуры; постоянное напряжение — 15 В для питания электронных схем коммутационного блока; переменное напряжение 1,2 В для питания цепей накала индикаторов; переменное напряжение 6,3 В для формирования импульсов синхронизации микроконтроллера.

В качестве общего провода используется плюс источника питания.

Все устройства монтируют на печатных платах. В сложных бытовых автоматах, например в автоматических стиральных машинах, система управления размещается на трех — четырех печатных платах, в простых машинах (например гладильных) — на одной печатной плате.

### 6.3. Запоминающие устройства

Для решения логических или математических задач необходимо использовать запоминающие устройства (ЗУ), в которых фиксируются ранее полученная информация, константы, порядок выполнения операций, последовательность поступления дискретных сигналов и др. Кроме того, устройства должны обеспечивать возможность «прочитать» в нужный момент записанное в памяти содержание или распределение дискретной последовательности без разрушения этой информации. Запоминающее устройство по сути является каналом связи, передающим информацию с входа на выход, сохраняя смысловое содержание информации и обеспечивая задержку на определенное время — время хранения.

Запоминающее устройство состоит из следующих основных элементов: ячейки памяти, регистров, дешифраторов, узлов записи и считывания.

В зависимости от элемента памяти запоминающие устройства могут быть статическими или динамическими. В первом случае в ка-

честве элемента памяти выбран статический триггер на  $p$ -канальных МОП-транзисторах, во втором — емкость затвора МОП-транзистора [25]. В статических ЗУ информация в режиме хранения неподвижна относительно массива ячеек (носителя информации). В динамических ЗУ время хранения информации ограничено, вследствие чего необходима периодическая ее регенерация — перезапись информации. При регенерации производится перезапись каждого хранимого в ЗУ бита в ту же или соседнюю ячейку. В последнем случае коды информации сдвигаются на один разряд с каждым циклом регенерации.

По функциональному назначению внутренние ЗУ, входящие в систему, делятся на постоянные, оперативные и логические.

**Постоянные ЗУ (ПЗУ)** служат для хранения программ и констант. ПЗУ имеет неразрушающее считывание, энергонезависимое хранение информации, большой срок службы. Постоянное ЗУ может быть перепрограммируемым (ППЗУ), т. е. таким, которое обеспечивает возможность перепрограммирования готового прибора. Такие устройства можно изготавливать, например, на МНОП-структурах. Накопительные свойства МНОП-структур ухудшаются при многократном повторении цикла считывание — запись, что обуславливает стремление использовать их для создания постоянных ЗУ, а не ЗУ с произвольной выборкой. Примером таких ПЗУ могут служить микросхемы К519, представляющие собой матрицу-накопитель на 128—256 бит с электрической перезаписью информации. ППЗУ типа К524РП1 на переключателях из стеклообразного полупроводника допускают 100 циклов перезаписи и сохраняют информацию при отключенном питании в течение 10 000 ч.

**Оперативные ЗУ (ОЗУ)** предназначены для хранения переменной информации. В общем случае хранимая в ОЗУ информация может разрушиться в процессе считывания и после отключения питания, хотя это является недостатком конкретных ЗУ.

**Логические ЗУ (ЛЗУ)** кроме хранения информации могут выполнять некоторые логические или арифметические операции, что позволяет частично разгрузить процессор или исключить его из состава ЭВМ.

В бытовых приборах применяют практически все виды ЗУ (кроме ЛЗУ). Так, для длительного хранения программ (10—15 лет) применяют ПЗУ, в котором записывают команды на выполнение отдельных технологических процессов (например стирки, слива моющего раствора, отжима и др.). Оператор устройством ввода — вывода задает последовательность выполнения этих программ. Однако при выключении питания необходимо вновь задать последовательность выборки. В этом случае применение оперативного запоминающего устройства (ОЗУ) с сохранением информации при отключении питания и ПЗУ обеспечивает продолжение технологического процесса без повторного задания последовательности прохождения программ, записанных в ПЗУ. В серийно выпускаемых бытовых приборах применяют ПЗУ серии К145РЕ1 емкостью 2К. Обработка программ производится на перепрограммируемом ЗУ. При обработке унифицированной системы управления бытовыми приборами применяли ППЗУ типа К1601РР1.



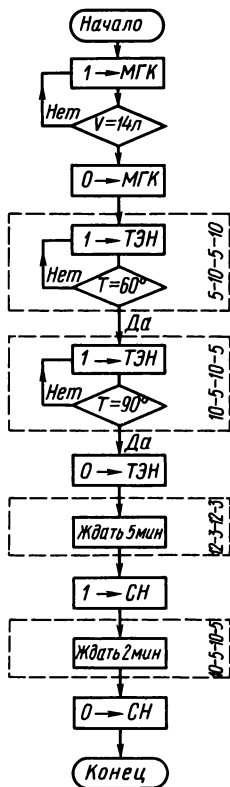
Рис. 6.2. Схема алгоритма технологического процесса основной стирки на автоматической стиральной машине

Разработчик прибора выдает программисту описание прибора и технологию его работы или схему алгоритма. Схема алгоритма — это графическое представление процесса решения задачи или технологического цикла.

Схема алгоритма изображается специальными символами. Алгоритм технологического процесса основной стирки автоматической стиральной машины приведены на рис. 6.2. Приведем описание (или специализацию) процесса. После пуска программы включается магнитный клапан горячей воды и заливается горячая вода до уровня 14 л. В это время происходит регулярный опрос датчика уровня воды в баке стиральной машины. При достижении уровня 14 л клапан горячего водоснабжения закрывается и включается трубчатый электронагреватель, который нагревает воду до температуры 60°, при этом двигатель вращает барабан влево — пауза — вправо (с периодом соответственно 5—10—5 с). Затем вода нагревается до 90°С с реверсированием вращения барабана соответственно 10—5—10 с, после чего происходит выключение ТЭНа, стирка в течение 5 мин с реверсированием соответственно 12—3—12 с, слив моющего раствора путем включения насоса слива на 2 мин с реверсированием 10—5—10 с, остановка сливного насоса, конец программы.

На основании алгоритма программист составляет программу. Программа — это последовательность команд, какие надо вводить, как их обрабатывать и какие выводить к исполнительным механизмам, индикаторам и др. Команды содержат данные кода операции (КОП) и адресов данных (под адресом понимают местоположение данных в памяти). Например, программа описанного алгоритма основной стирки состоит из 113 команд.

Записи команд на машинном языке громоздки, поэтому применяют символы (символический язык). Та же программа на символическом языке составляет 13 команд. Языки высокого уровня (проблемно ориентированные) в данной работе не приведены. Следует отметить, что после написания и отработки программы команды символического языка необходимо переводить на язык машинных команд. Этот процесс перевода (трансляции) называют ассемблированием или компиляцией программы. Последний термин чаще относят к языкам высокого уровня (КОБОЛ, ФОРТРАН). Однако эту операцию, как правило, уже выполняют с помощью специальных трансляторов (ассемблеров), что значительно упрощает разработку команд на машинном языке.



## 6.4. Микропроцессоры

Для управления выполнением команд, образующих программу, применяют устройство управления или процессор. В системах с небольшим объемом памяти (до 16 К) используются микропроцессоры (МП). По архитектурным и структурным решениям МП аналогичны процессорам больших ЭВМ. Как правило, микропроцессор исполняют в одном или нескольких кристаллах повышенной степени интеграции (микропроцессорные комплексы). Микропроцессорные комплексы отличаются низкой стоимостью, малыми размерами и потребляемой мощностью, имеют в своем составе широкую гамму процессорных, интерфейсных и запоминающих больших интегральных схем для построения устройств различного назначения и различной производительности [6, 25, 36].

В простых системах управления, где достаточно только логической обработки, применяют так называемые микроконтроллеры — онокристалльные микроЭВМ, программно ориентированные на решение задач управления внешними объектами. Типичным представителем такого класса БИС являются программируемые однокристалльные процессоры серии 145, в которой имеется БИС, специально ориентированная на управление электробытовыми приборами К145ИК1807 [19].

Функции микроконтроллера следующие: ввод номера исполняемой программы; обращение к внешнему ЗУ, имеющему емкость до  $4000 \times 8$  бит; автоматический поиск программы во внешнем ЗУ; выполнение заданной программы; вывод номера исполняемой программы на индикаторное устройство; занесение программы во внешнее ППЗУ, имеющее емкость  $256 \times 8$  бит; опрос до 32 датчиков (в последовательном режиме число датчиков не ограничено); управление внешними объектами — до 256.

БИС К145ИК1807 позволяет организовать программное управление работой внешних устройств с учетом заданных временных интервалов включения — выключения устройств, положения и состояния датчиков и возможности сравнения их с контрольными величинами (уставками), заданными по программе. Команды управления записаны во внутреннюю память микропроцессора. Доступ к ним осуществляется с помощью программ, хранящихся во внешнем ЗУ (дополнительно подключаемом к системе).

В БИС К145ИК1807 применен переменный формат управляющего слова (команды). Минимальная длина слова — 1 байт, максимальная длина — 2 байта. Объем внутреннего ПЗУ — 4160 бит, ОЗУ —  $30 \times 4$  бит, число выводов — 48.

## 6.5. Устройство ввода — вывода

### 6.5.1. Устройство ввода

Устройства ввода предназначены для ввода в вычислительную или управляющую систему информации, на основании которой выполняются определенные операции. Информация может храниться на раз-

личных носителях: перфокартах или лентах, магнитных дисках или пленках, магнитооптических или оптических дисках. Информация может вноситься также непосредственно оператором нажатием (замыканием) контактов клавиатуры по определенным программам.

Устройство ввода в сложных бытовых машинах и приборах должно обеспечивать ввод информации о выбранной оператором программе, отображение действий оператора (контроль правильного выбора команд), индикацию о ходе технологического процесса.

Важным требованием к устройствам является обеспечение брызгозащитности, работоспособности устройства ввода при неправильной эксплуатации, в том числе заливе его водой или моющим раствором. Из большого разнообразия устройств ввода последнему требованию наиболее полно отвечает сенсорная клавиатура. В литературе широко освещен вопрос использования сенсорных переключателей в качестве устройств для ввода информации. Надежность таких устройств зависит от способов их реализации (фотометрический, оптический, омический, емкостный и т. д.). При исследовании известных способов установлено, что наиболее перспективным является устройство потенциального, омического и емкостного типов. Однако анализ литературы по этому вопросу не дает возможности установить, какому типу отдать предпочтение. Сопротивление кожи человека изменяется в широких пределах (от десятков килоом до единиц мегаом). Емкость человека составляет 50—20 пФ, а сопротивление утечки на землю сильно зависит от влажности воздуха и может изменяться от сотен килоом до десятков мегаом. Измерение напряжения, наводимого на тело человека от сети (частотой 50 Гц), показало, что при нагрузке 1 Мом это напряжение может меняться от 20 мВ до нескольких десятков вольт. В клавиатуре потенциального типа обычно использован заряд конденсатора для обеспечения временной задержки импульса. Однако на теле оператора могут присутствовать заряды любого знака и напряжение сетевых наводок, что снижает надежность устройства.

Сенсорная клавиатура омического типа не обеспечивает высокой надежности, так как бытовые приборы работают в повышенной влажности и загрязненности.

Разработанную универсальную сенсорную клавиатуру (КСУ-12) на 12 полей используют в стиральных, сушильных и посудомоечных автоматах. В качестве индикатора применяют двухзнаковый цифровой катодолуминесцентный индикатор.

При касании оператором определенного сенсорного поля порядковый номер этого поля отображается на цифровом индикаторе (от 0 до 9). При нажатии поля «пуск» машина начинает выполнять технологический процесс, соответствующий набранной программе, а на индикаторе отображается время, оставшееся до конца выбранного технологического процесса. В зависимости от температуры заливаемой воды и реального времени нагрева отображаемое время по ходу процесса корректируется. При касании поля «стоп» машина останавливается, а на индикаторе высвечивается номер ранее набранной программы. Для сброса программы необходимо повторно коснуться поля «стоп».

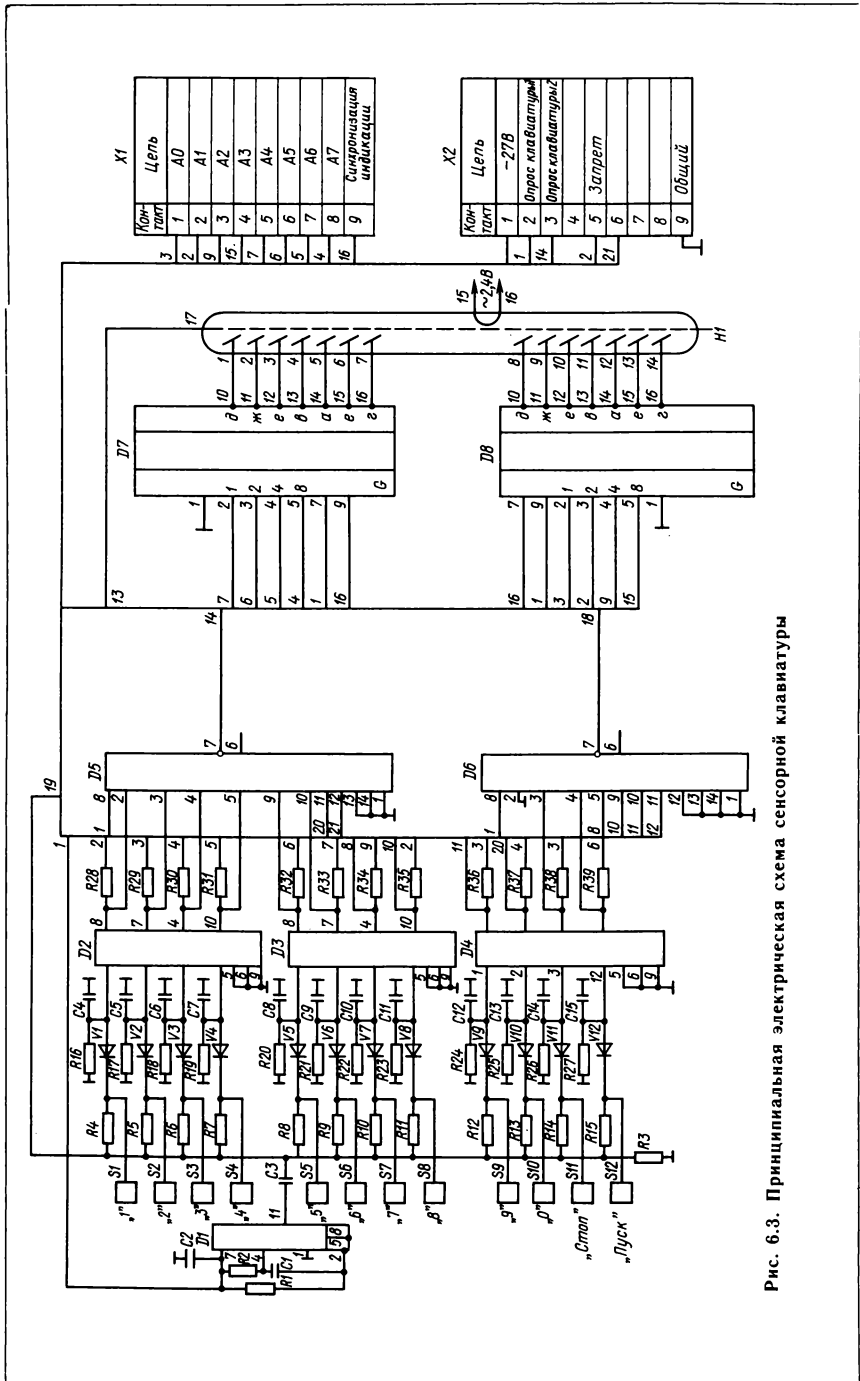


Рис. 6.3. Принципиальная электрическая схема сенсорной клавиатуры

В клавиатуре КСУ-4 имеется четыре сенсорных поля, двухзнаковый цифровой индикатор и два линейных индикатора разного цвета (желтого и зеленого). Одна линия предназначена для индикации температуры моющего раствора, другая — для его уровня. Каждая линия разделена на четыре участка, под которыми расположены соответствующие сенсорные поля задаваемой температуры раствора: 30, 40, 60 и 90 °С. При касании одного из полей, например 60 °С, третий участок линейного желтого индикатора переходит в мигающий режим, а при достижении этой температуры — загорается постоянным свечением (рис. 6.3).

### 6.5.2. Датчики температуры и уровня жидкости

Данные о температуре моющего раствора и его уровня поступают от соответствующих датчиков.

**Датчик температуры** (рис. 6.4) выполнен из двух частей: чувствительного элемента, располагаемого в растворе, и формирователя, обеспечивающего выдачу логических сигналов для микроконтроллера и сенсорной клавиатуры. Выбор заданной программы температуры производится микроконтроллером путем опроса соответствующего входа (A0, A1, A2 и A3). Импульсы опроса нормируются на амплитуде в каждом канале (в первом канале R1, V1). Для развязки между каналами введены диоды VD5—VD8, а подстройка каждого канала производится резисторами R5—R8. Нормированные сигналы поступают на операционный усилитель, включенный по схеме компаратора. Про-

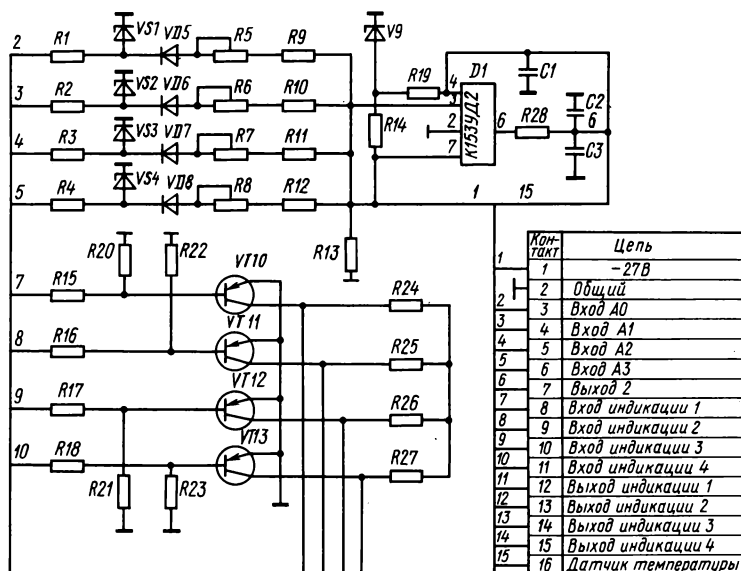


Рис. 6.4. Принципиальная электрическая схема датчика температуры

исходит сравнение опорного опорного сигнала и сигнала с чувствительного элемента. Сигнал с компаратора подается на индикатор сенсорной клавиатуры КСУ-4. Ключи, выполненные на транзисторах  $VT10—VT13$ , служат для коммутации цепей индикации температуры. В качестве чувствительного элемента использованы терморезисторы ММТ-6, СТ1-19 или СТ3-19. Полость внутри крышки заполнена теплопроводной пастой. Точность измерения температуры  $\pm 0,3^\circ$ .

**Датчик уровня жидкости** (рис. 6.5) состоит из двух частей: чувствительного элемента, расположенного на стиральном баке машины, и формователя, обеспечивающего выдачу логических сигналов по командам системы управления. Датчик уровня жидкости имеет преобразователь сопротивления в напряжение, выполненный на транзисторе  $VT1$ , и чувствительный элемент — приемный электрод, расположенный на нижней отметке уровня в контролируемом объеме. Для согласования преобразователя сопротивления в напряжение с управляемыми генераторами тока введен эмиттерный повторитель — транзистор  $VT2$ . Датчик уровня представляет собой электрод, выведенный в корпус машины на заданном уровне через изоляционный переход. При достижении уровня жидкости электрода резко уменьшается сопротивление между электродом и корпусом машины. Это изменение обрабатывается схемой сравнения по логике 2И—4ИЛИ (микросхема  $D1$ ) и при подаче адресного импульса опроса  $A0—A3$  от микроконтроллера на выходе формируется в сигнал в виде логической единицы.

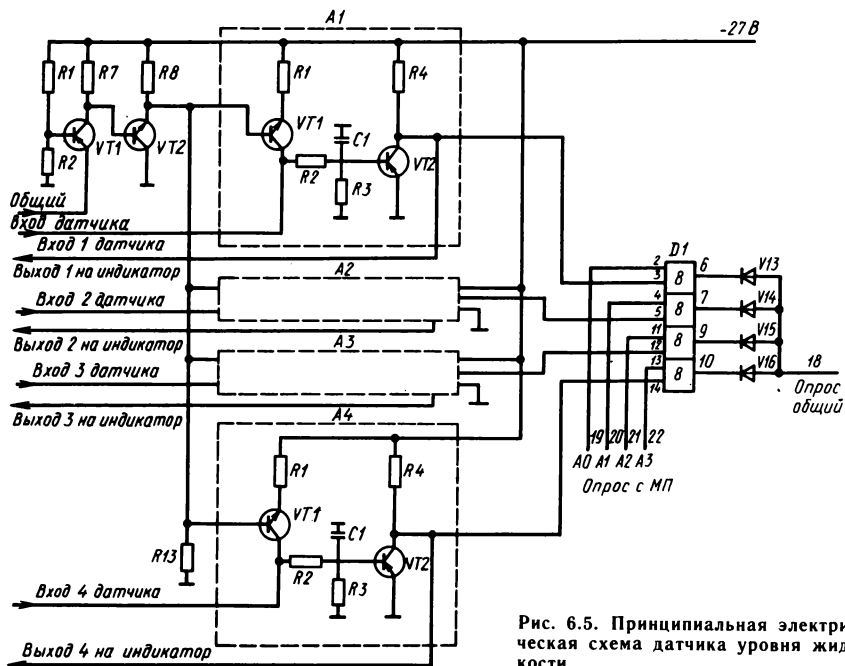


Рис. 6.5. Принципиальная электрическая схема датчика уровня жидкости

### 6.5.3. Индикаторы бытовых электроприборов

В бытовых электроприборах необходимо индицировать состояние прибора и прохождение технологического цикла, в том числе:

- 1) включение и выключение питающего напряжения (сети);
- 2) значение времени (до четырех цифр) и номера набираемой программы (до двух цифр);
- 3) значение уровня жидкости и ее температуры (дискретное значение до четырех цифр);
- 4) нажатие оператором клавиши или сенсора клавиатуры.

В настоящее время существует большое число типов приборов отображения информации. К ним относятся газоразрядные, электролюминесцентные, вакуумные люминесцентные, жидкокристаллические (ЖК), а также светоизлучающие диоды СИД.

**Газоразрядными (ионными)** называют приборы, работа которых основана на явлении электрического разряда в газах. В этих приборах носителями заряда являются не только электроны, но и ионы газа. На основе этого явления создана большая номенклатура приборов от простейших сигнальных индикаторов до больших плазменных панелей. Газоразрядные приборы характеризуются большим размером знаков, широким диапазоном температур, надежностью, большой яркостью свечения. Наиболее распространенным газоразрядным прибором является сигнальный индикатор на базе неоновой лампы, а также люминесцентной лампы тлеющего разряда. Неоновая лампа представляет собой герметичный стеклянный баллон, в котором размещены два электрода, выполненные в виде дисков или стержней. Состав газовой смеси (обычно неон, аргон и гелий с преобладанием неона) под давлением 0,5—2,5 кПа обеспечивает красно-оранжевое свечение. Для обеспечения свечения другого цвета используют другие составы газов или покрывают люминофором внутреннюю часть баллона. Недостатком газоразрядных приборов является высокое напряжение питания переменного тока (напряжение зажигания составляет 170—220 В), наличие времени запаздывания возникновения разряда (от 1 с до 1 мин), ограниченный угол обзора.

**Электролюминесцентные индикаторы** также требуют повышенного напряжения питания (85—120 В частотой 10 кГц). Коммутация такого напряжения представляет известную трудность в бытовой технике. Эти индикаторы широкого применения не нашли.

**Вакуумные люминесцентные индикаторы** не имеют этих недостатков: напряжение возбуждения составляет 12—18 В, время запаздывания до 0,5 с, большой угол обзора, малая потребляемая мощность. Эти индикаторы совместимы с интегральными схемами и поэтому их широко используют в калькуляторах, стиральных машинах, автомобилях и других машинах и приборах. Недостатком вакуумных люминесцентных индикаторов является необходимость дополнительного источника для накала катода — 1—1,5 В.

В литературе встречается термин катодолуминесцентные индикаторы. Интерес к ним объясняется тем, что кроме повышенной надеж-

ности они обладают возможностью считывания информации при высоком уровне освещенности, а также многоцветностью (до пяти цветов). В последнее время фирме «Индустриал Электроник Энергияс» (Industrial Electronic Engineers, США) удалось создать индикатор, работающий от одного источника питания 5 В, управляемого непосредственно от интегральной схемы. Потребляемая им мощность 5 Вт. Индикатор воспроизводит одну сторону из 40 знаков высотой 0,5 см, каждый знак образован матрицей  $5 \times 7$  точек, яркость индикатора размером  $(270 \times 76 \times 25)$  мм составляет  $340 \text{ кд/м}^2$ .

**В жидкостнокристаллических (ЖК) индикаторах** использован твист-эффект, сущность которого заключается в изменении положения диполей в жидкостях при подаче на них электрического поля различной направленности. Конструктивно ЖК-индикаторы представляют собой две стеклянные пластины, расположенные на расстоянии 3—5 мкм. Пространство между пластинами наполнено жидкостью. На пластины нанесены электроды, к которым подается напряжение. При прохождении света через ЖК-индикатор или при отражении падающего света в зависимости от состояния жидкости меняется плоскость поляризации проходящего (отраженного) светового потока. Возникает контраст между элементами индикатора. ЖК-индикаторы получили широкое применение в основном в наручных часах, так как могут управляться непосредственно от КМОП-интегральных схем и имеют очень малое энергопотребление. Однако низкая контрастность изображения, сильная температурная зависимость порогового напряжения включения не позволяют их широко использовать в бытовых приборах.

**Светоизлучающие диоды (СИД)** представляют собой полупроводниковый прибор с одним электронно-дырочным переходом, предназначенным для непосредственного преобразования электрической энергии в энергию некогерентного светового излучения.

При подаче на  $p-n$ -переход прямого напряжения наблюдается интенсивная инжекция (от латинского слова *injection* — выбрасываю) неосновных носителей зарядов: электронов в  $p$ -область и дырок в  $n$ -область. При встрече электрона и дырки их заряды компенсируются и данные носители заряда исчезают. Поэтому при рекомбинации выделяется энергия. У многих проводников рекомбинация носит безизлучательный характер — энергия, выделившаяся при рекомбинации, отдается кристаллической решетке, т. е. превращается в тепло. Однако у полупроводников, выполненных на основе карбида кремния ( $\text{SiC}$ ), галлия ( $\text{Ga}$ ), мышьяка ( $\text{As}$ ) и некоторых других материалов, рекомбинация является излучательной — энергия при рекомбинации выделяется в виде квантов излучения — фотонов.

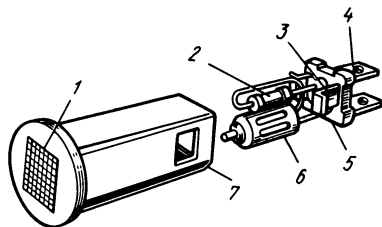
Светодиоды помещают в герметичные металlostеклянные корпуса,  $p-n$ -переход одной стороной обращают к стеклянному окну. Светодиоды имеют желтый, зеленый, красный или оранжевый цвет, широкий диапазон температур (218—375 К), малое время переключения (до 1 мкс) и низкую стоимость.

Детальный анализ существующих типов индикаторов позволил сделать выбор индикаторов для бытовых приборов.



**Рис. 6.6. Газоразрядный индикатор:**

1 — рассеивающая линза (экран); 2 — ограничительный резистор; 3 — фиксатор; 4 — выводы; 5 — основание; 6 — баллон индикаторной лампы; 7 — корпус



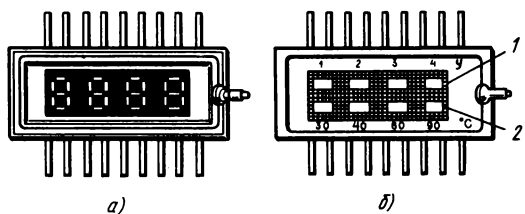
1. Для индикации включения сетевого напряжения на основе газоразрядных приборов с самостоятельным разрядом разработана серия индикаторов типа ИМС (индикатор малогабаритный светосигнальный). Индикаторы (рис. 6.6) имеют круглую, прямоугольную и квадратную форму. Цвет свечения: красный, желтый, оранжевый или зеленый. Потребляемая мощность не более 0,2 Вт, наработка на отказ 10 000 ч, средний ресурс не менее 25 000 ч. Размеры и масса индикаторов типа ИМС приведены в табл. 6.1.

### 6.1. Размеры и масса индикаторов ИМС

Показатель	Типоразмер			
	1 (круглый)	2 (квадратный)	3 (квадратный)	4 (прямоугольный)
Размеры, мм:				
длина	40	40	23	25
ширина	—	15	22	15
высота	—	15	22	33
диаметр	16	—	—	—
Масс, г, не более	10	10	10	10

2. Для индикации включения (касания) клавиши клавиатуры используют светодиодные индикаторы типа АЛ102 красного свечения. Яркость СИД АЛ102 до 50 кд/м<sup>2</sup>, напряжение питания до 5 В, сила тока до 10 мА, диапазон рабочих температур от —60° до 70 °С.

3. В качестве цифрового индикатора (четыре знака), также индикатора уровня и температуры жидкости используют специально разработанный катодолуминесцентный индикатор. Цифровой индикатор (П-451) имеет зеленое свечение. Индикатор уровня и температуры (П-450) — двухцветный: красный и зеленый (рис. 6.7). Техническая характеристика индикаторов П-450 и П-451 приведена в табл. 6.2.



**Рис. 6.7. Цифровой (а) и дискретный (б) индикаторы:**

1 — индикация уровня; 2 — индикация температуры

## 6.2. Техническая характеристика индикаторов П-450 и П-451

Показатель	Индикатор	
	цифровой двухразрядный П-450	шкальный двухцветный П-451
Напряжение, В:		
анода	20	20
накала	3,15	1,2
сетки	15—20	15—20
Сила тока, мА:		
накала	150	100
одного сегмента	2	5
сетки	5	5
Яркость свечения, кд/м <sup>2</sup> :		
зеленого	1000	1500
красного	—	150

## 6.6. Блоки питания бытовых электроприборов

Применение электронных систем управления в бытовых электроприборах и машинах потребовало создания источников питания со следующей номенклатурой напряжений:

Ток . . . . .	Постоянный				Пере- менный
Напряжение, В . . . . .	—18	—24	—27	15	1,2
Сила тока нагрузки, А:					
для автоматов . . . . .	0,05—0,25	0,11	0,05—0,1	0,035—0,07	0,1
для полуавтоматов . . . . .	0,04—0,05	0,12	0,02—0,03	—	—
Нестабильность, % . . . . .	±10	Не ста- билен	±10	±5	Не ста- билен

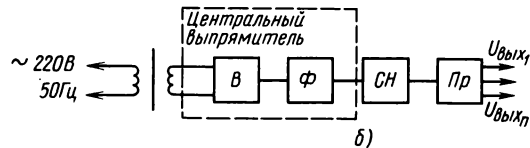
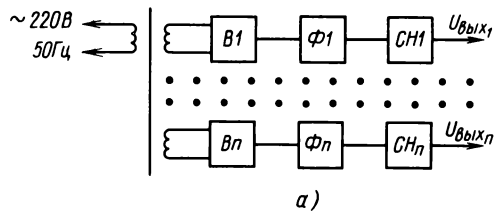
Пр и м е ч а н и е. Для источников напряжением 15 и —18 В пульсации выходных напряжений (эффективное значение) не должны превышать ±1 %.

Одним из основных вопросов является определение способа подключения вторичного источника питания (ВИП) к сети: с трансформатором или без него с использованием преобразователя напряжений. Создание бестрансформаторной схемы предпочтительнее. Однако для построения преобразователя необходимы как минимум: четыре высоковольтных транзистора с напряжением не менее 400 В; не менее четырех конденсаторов емкостью (10—20) мкФ и рабочим напряжением до 250 В; четыре высоковольтных диода и помехоподавляющий фильтр. Доступность таких элементов для массового применения пока проблематична. Поэтому блоки питания сложных бытовых электроприборов строятся по трансформаторной схеме подключения в сеть.

От выбора типа трансформатора зависит структура выпрямителя. Если трансформатор имеет отдельные обмотки на заданное напряжение, то можно ВИП строить по многоканальной схеме (рис. 6.8). В такой схеме число каналов равно числу номиналов требуемых напряжений. Как правило, такого числа обмоток нет. Тогда строят ВИП по одноканальной схеме (рис. 6.8, б), в которой после выпрямителя, фильтра и стабилизатора стоит преобразователь напряжения.

Рис. 6.8. Схема построения ВИП:

а — многоканальная; б — одноканальная; В — выпрямитель; Ф — фильтр; СН — стабилизатор; Пр — преобразователь напряжения



Выпрямитель и фильтр (центральный выпрямитель) рассчитывают по классическим методам.

Существует несколько способов стабилизации напряжения: параметрический, компенсационный с непрерывным регулированием, импульсный.

В параметрическом стабилизаторе используют нелинейное сопротивление, у которого вольтамперная характеристика соответствует условию постоянного напряжения ( $U = \text{const}$ ). Такими элементами являются кремневые или газоразрядные стабилитроны, термосопротивления, дроссели насыщения. Несмотря на простоту параметрические стабилизаторы имеют низкий коэффициент стабилизации, малый КПД, неспособны работать в большом диапазоне изменения силы тока нагрузки.

В регуляторах непрерывного действия (рис. 6.9) последовательно с нагрузкой включается регулирующий элемент. Принцип работы такого стабилизатора заключается в том, что при изменении входного напряжения на измерительном элементе (ИЭ) выделяется сигнал расхождения, который через усилитель (У) изменяет сопротивление регулирующего элемента так, чтобы напряжение на выходе оставалось постоянным. В регуляторах непрерывного действия на регулирующий элемент подается постоянное напряжение.

В импульсных регуляторах на регулирующий элемент через преобразователь подается импульсное напряжение. Сопротивление (РЭ) регулируется изменением скважности импульсного сигнала. Импульсные стабилизаторы имеют более сложную схему управления и требуют вспомогательных фильтрующих элементов. При напряжениях 15—30 В значительного выигрыша в КПД и размерах

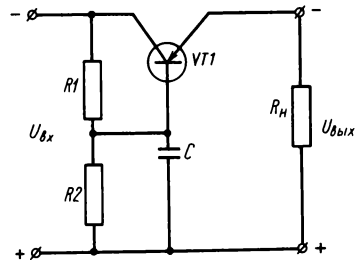


Рис. 6.9. Регулятор непрерывного действия

они не дают. Поэтому для автоматических бытовых машин нецелесообразно применять одноканальный ВИП с регулятором непрерывного действия. Для полуавтоматических машин, где диапазон изменения нагрузок невелик, целесообразно применять параметрический стабилизатор. В качестве фильтра в простейших схемах применяют *LC*-цепочки. Однако при токах силой 0,5—1 А размеры этих элементов становятся большими. Поэтому в таких случаях применяют электронный фильтры.

## 6.7. Ремонт универсальной электронной системы управления

При ремонте электронных систем управления бытовыми приборами необходимо учитывать следующее.

1. К ремонту допускаются лица, прошедшие специальную подготовку по основам микропроцессорной техники.

2. При ремонте необходимо соблюдать меры безопасности, записанные в инструкциях и паспортах ремонтируемых приборов

3. Все контрольно-измерительные приборы должны быть надежно заземлены.

4. Подключение исполнительных устройств следует производить только при отключении устройств от сети.

5. Ремонт устройств под напряжением запрещается.

6. Перед ремонтом необходимо предусмотреть меры защиты устройств от статического электричества.

7. Перед ремонтом необходимо проверить целостность предохранителей и их соответствие указанным номиналам.

8. Для диагностики неисправностей устройства необходимо иметь следующие контрольно-измерительные приборы и оборудование: универсальный прибор типа Ц 4313; имитатор чувствительного элемента датчика температуры; ремонтный комплект, в состав которого входит блок процессора БПр-МСА, блок коммутации БК-МСА, сенсорная универсальная клавиатура КСУ-12, блок питания БП-ПА3; инструкция по эксплуатации и паспорта на унифицированные блоки устройства управления.

9. После окончания ремонта необходимо проверить работоспособность устройства по контрольной программе № 55.

**Порядок проверки блоков.** Наиболее простой способ проверки блоков — замена их другими, заведомо исправными.

Все блоки соединены между собой с помощью соединителей. Подсоединяя к соответствующим контактам соединителей измерительный прибор, можно установить, какие напряжения подводятся к блоку и выводятся из него. Нумерация контактов начинается от точек на корпусе соединителя.

Тиристоры коммутационного блока БК-МСА проверяют на отсутствие пробоев или обрывов путем измерения сопротивления в прямом и обратном направлениях, предварительно отсоединив их от коммутационного блока БК-МСА.

Для лучшего охлаждения в коммутационном блоке БК-МСА тиристоры установлены на радиаторах.

Во избежание выхода из строя тиристоров из-за перегрева при их установке (в случае замены при ремонте) должны соблюдаться следующие правила.

1. Контактные поверхности должны быть чистыми, без шероховатостей и заусенцев, мешающих плотному прилеганию.

2. Гайки, крепящие полупроводниковые приборы, должны затягиваться с усилием, поскольку при недостаточной затяжке повышается тепловое сопротивление контакта.

Исправность каналов датчика температуры ДТ-1 проверяют по контрольной программе № 55 (номера проверок 01, 02, 03, 04). Точность настройки формирователя сигналов ФС-МСА датчика температуры ДТ-1 проверяют при нагреве чувствительных элементов до заданной температуры.

Исправность каналов управления включения двигателя и нагревателей проверяют по контрольной программе № 55 (номера проверок 05—08).

Проверку и замену блоков устройства производят в определенном порядке:

1. Отключают машину от сети.

2. Снимают заднюю крышку и разбирают машину.

3. Проверяют плотность соединения в контактах соединителей блоков.

4. Вместо чувствительных элементов В2, В1, В3 датчика температуры ДТ-1 подсоединяют индикатор датчика температуры ДТ-1 (резистор 10 кОм) и переключатель-кнопку «проверка» по схеме.

5. Работу системы контролируют использованием тестовой (контрольной) программы № 55.

6. Определяют неисправный блок или узел устройства.

7. Заменяют неисправный блок и проверяют работоспособность устройства.

8. Проверяют сборку машины.

При отсутствии индикаторов датчика температуры ДТ-1 работоспособность формирователя сигналов ФС-МСА вместе с блоком процессора БПр-МСА (без установления точности срабатывания по температуре) проверяют замыканием контактов чувствительных элементов датчика температуры ДТ-1. При замыкании контактов чувствительных элементов В2 и В3 на цифровом табло КСУ-12 через 1—2 с должна загореться цифра 88, при замыкании контактов чувствительного элемента В1 на цифровом табло КСУ-12 через 20—90 с (время зависит от номера программы) должна загореться цифра 10.

Возможные неисправности устройства и способы их устранения приведены в табл. 6.3.

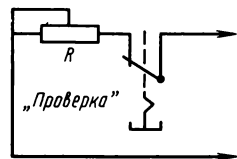


Рис. 6.10. Принципиальная электрическая схема переключателя кнопки «проверка»

### 6.3. Возможные неисправности универсальной электронной системы управления и способы их устранения

Неисправность	Возможная причина	Способ устранения
<p>При включении машины индикатор сети не светится: машина работает</p>	<p>Неисправен индикатор или обрыв в цепи индикатора</p>	<p>Снять заднюю крышку машины, с помощью вольтметра переменного тока при включенной машине проверить наличие напряжения индикатора. При отсутствии напряжения проверить токоведущие цепи индикатора на обрыв, неисправность устранить. При наличии напряжения сети на клеммах заменить индикатор</p>
<p>машина не работает</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Крышка машины не закрыта на защелку</li> <li>2. Нет напряжения в сети</li> <li>3. Неисправна штепсельная вилка</li> <li>4. Обрыв в сети питания</li> </ol>	<p>Закрыть крышку</p> <p>Проверить наличие напряжения сети Исправить штепсельную вилку или заменить ее Проверить сетевой шнур и при необходимости заменить его</p>
<p>При включении машины индикатор сети светится, цифровой индикатор на сенсорной универсальной клавиатуре КСУ-12 не светится</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Неисправна КСУ-12</li> <li>2. Неисправен блок питания БР-ПАЗ</li> </ol>	<p>Проверить на соединителе Х1 клавиатуры КСУ-12 наличие напряжения: 1,2 В, — 27 В. При наличии напряжений на соединителе Х1 заменить клавиатуру КСУ-12, при отсутствии напряжения на соединителе Х1 проверить напряжение на соединителе Х2 и Х3 блока процессора БПр-МСА</p> <p>Проверить наличие всех напряжений на блоке питания. При наличии 220 В и отсутствии какого-либо напряжения на выходе заменить блок питания</p>
<p>Информация с клавиатуры КСУ-12 не вводится</p>	<p>Неисправна клавиатура КСУ-12 или блок процессора БПр-МСА</p>	<p>Заменить клавиатуру КСУ-12. При сохранении неисправности заменить блок БПр-МСА</p>
<p>Не включаются исполнительные механизмы: не включается электродвигатель</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Неисправен электродвигатель или фазосдвигающий конденсатор</li> </ol>	<p>Проверить наличие напряжения на клеммах электродвигателя. При наличии напряжения заменить фазосдвигающий конденсатор.</p>

Неисправность	Возможная причина	Способ устранения
<p>не включается нагреватель</p> <p>На цифровом табло клавиатуры КСУ-12 появляется мигающая цифра «88» и машина останавливается</p> <p>Цифровое табло светится слабо, при нажатии клавиш индикации не происходит</p> <p>При нажатии клавиш от «1» до «0» на табло клавиатуры КСУ-12 не высвечивается соответствующая цифра или наблюдается несоответствие номера на индикаторе номеру нажатой клавиши</p> <p>Программа не запускается или запускается неправильно</p>	<p>2. Неисправно тепловое реле в цепи электродвигателя</p> <p>1. Неисправны нагреватели</p> <p>2. Неисправен блок коммутации БК-МСА или блок процессора БПр-МСА</p> <p>3. Неисправен тиристор</p> <p>Не работает вентилятор (в сушильных машинах)</p> <p>1. Обрыв или нет контакта в соединителе блока клавиатуры и блока процессора</p> <p>2. Неисправность блока процессора</p> <p>3. Неисправность блока клавиатуры КСУ-12</p> <p>1. Нарушены контакты в соединителях</p> <p>2. Неисправность блока КСУ-12</p> <p>3. Неисправность блока процессора БПр-МСА</p> <p>1. Обрыв в цепи клавиши «пуск» блока клавиатуры КСУ-12</p>	<p>При сохранении неисправности проверить тестером целостность обмотки электродвигателя и при необходимости заменить его</p> <p>При включенной в сеть машине проверить наличие напряжения на входе и выходе теплового реле. При отсутствии напряжения на выходе заменить реле</p> <p>Проверить наличие напряжения на каждом нагревателе. При сохранении неисправности проверить тестером целостность спиралей и при необходимости заменить перегоревшую спираль</p> <p>Проконтролировать наличие дискретного сигнала на входе блока БК-МСА. При наличии входного дискретного сигнала на входе заменить блок БК-МСА. При отсутствии дискретного сигнала управления на входе блока БК-МСА заменить блок БПр-МСА</p> <p>Заменить тиристор</p> <p>Проверить целостность ремня вентилятора, отрегулировать натяжение ремня</p> <p>Проверить соединитель блока клавиатуры КСУ-12 и блока процессора БПр-МСА</p> <p>Заменить блок процессора БПр-МСА</p> <p>Заменить блок клавиатуры КСУ-12</p> <p>Проверить плотность соединителей между блоками БПр и клавиатуры</p> <p>Заменить блок КСУ-12</p> <p>Заменить блок БПр-МСА</p> <p>Заменить блок клавиатуры КСУ-12</p>

Неисправность	Возможная причина	Способ устранения
Нагреватель не выключается по достижении рабочей температуры	2. Неисправен блок процессора БПр-МСА 1. Неисправен формователь сигналов ФС-МСА или датчик температуры	Заменить блок процессора БПр-МСА Проверить канал датчика температуры ДТ-1 по контрольной программе, заменить чувствительный элемент В1
После нескольких минут работы машины на цифровом табло отображается неправильный отсчет времени	2. Неисправен блок процессора БПр-МСА 3. Пробит тиристор Неисправен блок процессора БПр-МСА	Заменить блок процессора БПр-МСА Заменить тиристор Заменить блок процессора БПр-МСА
При касании клавиши «стоп» машина не останавливается	1. Неисправен блок процессора БПр-МСА 2. Неисправен блок клавиатуры КСУ-12	Заменить блок процессора БПр-МСА Заменить блок клавиатуры КСУ-12

#### **Проверка работоспособности устройства управления.**

При проверке работоспособности устройства управления проверяется работа: сенсорной универсальной клавиатуры КСУ-12 (в автономном режиме), блока процессора БПр, каналов управления и канала датчика температуры по контрольной программе № 55.

#### **Проверка работоспособности сенсорной универсальной клавиатуры.**

1. Нажать на клавишу «стоп», на цифровом табло клавиатуры КСУ-12 должны высветиться цифры 00, подтверждающие готовность устройства к работе.

2. Нажать клавишу 1, при этом на цифровом табло клавиатуры КСУ-12 должны высветиться цифры 01.

3. Нажать на клавишу 2, при этом на цифровом табло должны высветиться цифры 12, цифра 2 высветится в правом разряде, а цифра 1 перейдет в левый разряд.

4. Нажать клавишу 3, при этом на цифровом табло клавиатуры КСУ-12 должны высветиться цифры 23, цифра 3 высветится в правом разряде, а цифра 2 перейдет в левый разряд.

5. Нажать поочередно клавиши 4, 5, 6, 7, 8, 9, 0, при этом на цифровом табло клавиатуры КСУ-12 должны высветиться цифры 34, 45, 56, 67, 78, 89, 90.

#### **Проверка работы устройства управления по контрольной программе № 55.**

1. Снять заднюю крышку машины.

2. Подсоединить к блоку процессора БПр технологический переключатель-кнопку «проверка» и имитатор чувствительного элемента датчика температуры ДТ-1.



3. Включить напряжение питания 220 В. При этом на передней панели машины загорится лампочка индикатора сети, а на цифровом табло клавиатуры КСУ-12 высветятся цифры 00, подтверждающие готовность устройства к работе.

4. На клавиатуре КСУ-12 набрать номер контрольной программы № 55.

5. Нажать клавишу «пуск», при этом цифры на табло клавиатуры КСУ-12 гаснут на 2 с; если в течение первых 2 с технологическая кнопка не будет нажата, то программа выходит в режим аварийной сигнализации, на табло высвечивается 88.

6. Нажать кнопку «проверка», на цифровом табло высветится номер проверки 01, соответствующий проверке канала датчика температуры входного потока воздуха — 30°C (для сушильных машин).

7. На имитаторе чувствительного элемента переменным резистором установить 30 °С (для сушильных машин), включить имитатор с помощью кнопки В1 (или замкнуть выводы элемента чувствительного датчика температуры ДТ-1). На цифровом табло высветятся цифры 30, выключить имитатор.

8. Нажать кнопку «проверка», при этом на цифровом табло высветится номер проверки 02, соответствующий проверке канала датчика температуры 40 °С.

9. На имитаторе чувствительного элемента переменным резистором установить 40 °С, включить имитатор датчика температуры ДТ-1 с помощью В1. На цифровом табло высветится 40, выключить имитатор.

10. Нажать кнопку «проверка», при этом на цифровом табло высветится номер проверки 03, соответствующий проверке канала датчика температуры 50 °С.

11. На имитаторе чувствительного элемента переменным резистором установить 50 °С, включить имитатор датчика температуры ДТ-1 с помощью кнопки В1. На цифровом табло высветятся цифры 50, выключить имитатор.

12. Нажать кнопку «проверка», при этом на цифровом табло высветится номер проверки 04, соответствующий проверке канала датчика температуры 95 °С.

13. На имитаторе чувствительного элемента переменным резистором установить 95 °С, включить имитатор датчика превышения температуры нагревателя В2 с помощью кнопки В. На цифровом табло высветятся цифры 95; выключить имитатор — на цифровом табло высветится номер проверки 04.

14. Включить имитатор датчика превышения температуры В3 с помощью кнопки В. На цифровом табло высветится цифра 95, выключить имитатор.

15. Нажать кнопку «проверка», при этом на цифровом табло высветится номер проверки 05 и должен включиться двигатель барабана и вентилятора (далее двигатель) — имеется в виду проверка сушильной машины.

16. Нажать кнопку «проверка», на цифровом табло высветится номер проверки 06 и должны включиться ТЭН-1 и двигатель.

17. Нажать кнопку «проверка», при этом на цифровом табло высветится номер проверки 07 и должны включиться ТЭН-2 и двигатель.

18. Нажать кнопку «проверка», при этом на цифровом табло высветится номер проверки 08 и должны включиться ТЭН-3 и двигатель.

19. Нажать кнопку «проверка», при этом на цифровом табло высветится номер проверки 09 контроля временных интервалов работы двигателя, время включения двигателя — 30 с.

20. По истечении 30 с на цифровом табло высвечивается номер контрольной программы 55, двигатель и ТЭНы отключены.

21. Отключить питающее напряжение и отсоединить имитаторы контроля датчиков и технологическую кнопку.

В процессе разработки и изготовления устройства управления программы (в том числе контрольные) могут совершенствоваться и отличаться от изложенного.

Эти улучшения будут отражены в соответствующих конструкторских и эксплуатационных документах.

**ПОРЯДОК РАЗРАБОТКИ, ИЗГОТОВЛЕНИЯ  
И ПРОВЕДЕНИЯ ИСПЫТАНИЙ  
БЫТОВЫХ ЭЛЕКТРОПРИБОРОВ****7.1. Разработка и постановка продукции на производство**

Порядок разработки и постановки продукции на производство — основа взаимоотношений между заказчиком, разработчиком и изготовителем продукции. Правила испытаний продукции приведены в ГОСТ 15.001—73 и ГОСТ 15.009—86.

Проведение единой технической политики по конкретному виду изделий осуществляют соответствующие ведущие министерства по закрепленным за ними видам продукции. Ведущие министерства разрабатывают государственные и отраслевые стандарты, устанавливающие особенности разработки конструкторской документации, проведения испытаний и постановки изделий на производство.

Описанная в книге номенклатура бытовых машин и приборов закреплена за Министерством машиностроения для легкой и пищевой промышленности и бытовых приборов (Минлегпищемаш). Минлегпищемаш осуществляет свои функции через Научно-технический центр «Электробытмаш», Всесоюзный научно-исследовательский экспериментально-конструкторский институт электробытовых машин и приборов (ВНИЭКИЭМП), в состав которого входит Государственный испытательный центр электробытовых машин и приборов (ГИЦ ЭМП).

Заказчиком (получателем) изделий культурной-бытового назначения и хозяйственного обихода являются организации Министерства торговли.

Изделия, подлежащие разработке и постановке на производство, должны соответствовать высшей категории качества, соответствовать или превышать по характеристикам лучшие зарубежные или отечественные аналоги.

Перед началом разработки изделий необходимо согласовать с ведущим Министерством целесообразность разработки изделия, объемы его производства, сроки освоения и др. Для этого утверждается заявка на разработку по форме, изложенной в ГОСТ 15.001—73. Затем организация-разработчик разрабатывает техническое задание, порядок построения, изложения и оформление которого также должны соответствовать ГОСТ 15.001—73.

Техническое задание в общем случае согласовывается: с предприятием-изготовителем, если оно не является разработчиком конструкторской документации; с отраслевой и базовой организацией по стандартам (для номенклатуры изделий, изложенной в данной книге,— с

ВНИЭКИЭМП), со Всесоюзным научно-исследовательским институтом технической эстетики (ВНИИТЭ); с органами Министерства торговли; с Научно-исследовательским институтом бытового обслуживания (НИИбыт); с органами государственного надзора.

Техническое задание утверждается Всесоюзным производственным объединением Министерства по подчиненности организации-разработчика.

Обязательной стадией разработки является разработка технического проекта, выполняемого в соответствии с ГОСТ 2.120—73\*. После утверждения технического проекта разрабатывается конструкторская документация. Виды и комплектность конструкторских документов определяют по ГОСТ 2.102—68.

Технические условия на изделие согласовываются с организациями, утверждавшими техническое задание. Утвержденной проектной (техпроект) и конструкторской документации присваивают литеру Т. Комплект конструкторской документации с литерой Т передается разработчиком предприятию-изготовителю по акту для изготовления опытного образца изделия.

По результатам изготовления и предварительных (заводских) испытаний опытных образцов корректируют конструкторскую документацию с присвоением ей литеры О.

Опытные образцы с литерой О проходят экспертизу во ВНИИТЭ и испытываются в ГИЦ ЭМП.

Состав документов, предъявляемых на экспертизу, определен ГОСТ 2.106—68\* и ГОСТ 2.120—73\*.

Для приемки опытного образца предприятие-изготовитель представляет на межведомственную Комиссию Общесоюзного объединения «Союзпромвнедрение» Минторга СССР следующие материалы: опытный образец; протокол испытаний опытного образца; техническое задание; протокол утверждения технического проекта; карту технического уровня с литерой О; проект технических условий; экспертные заключения; эксплуатационные документы по ГОСТ 2.606—71, макет упаковки и рекламно-сопроводительной документации.

По результатам рассмотрения и приемки опытного образца Комиссией Минторга СССР изделий народного потребления предприятие-изготовитель корректирует рабочую документацию с присвоением ей литеры О1, а также изготавливает технологическую оснастку и установочную серию изделий.

По результатам изготовления технологической оснастки и предварительных (заводских) испытаний установочной серии корректируют конструкторскую документацию с присвоением ей литеры А и изготавливают головную (установочную) серию.

Два образца-эталона, отобранные из установочной серии, с протоколом их испытаний, утвержденным техническим заданием, картой технического уровня, проектом ТУ и эксплуатационными документами вновь представляются на Комиссию Общесоюзного объединения «Союзпромвнедрение», которая разрешает серийное производство изделия.

## 7.2. Порядок проведения испытаний. Государственные испытательные центры

Порядок проведения испытаний регламентируется государственными и отраслевыми стандартами. Требования и методы испытаний в этих документах базируются на соответствующих документах Международной электротехнической комиссии (МЭК), Международной организации по правилам приемки электрооборудования (СЕЕ) и стандартах СЭВ. МЭК в 1974 г. присоединилась к Международной организации по стандартизации (ИСО) в качестве электротехнического филиала.

Работа, проводимая СССР в рамках МЭК, осуществляется в технических подкомитетах МЭК по видам оборудования. Ведение работ этих подкомитетов в пределах Советского национального комитета МЭК осуществляется научно-исследовательскими организациями (по номенклатуре описываемых в книге приборов — ВНИЭКИЭМП).

СЕЕ проводит работы только по вопросам безопасности электрооборудования. В СЕЕ в 1961 г. введена система аттестации приборов (СВ), основой которой является соглашение о взаимном признании результатов испытаний (сертификат СВ). Изготовитель, обладающий сертификатом СВ, имеет право использовать национальные знаки приемки других стран, присоединившихся к системе СВ для данного вида изделий.

В СЭВ проводится работа по взаимному признанию результатов испытаний. Так, ВНИЭКИЭМП заключил договор с Венгерским электротехническим контрольным институтом МЕЕИ (г. Будапешт).

Государственный испытательный центр ВНИЭКИЭМП утвержден Госстандартом СССР и Минлегпищемашем. ГИЦ ЭМП проводит испытания бытовых машин и приборов по номенклатуре Минлегпищемаша. Ежегодно все бытовые приборы подвергаются периодическим испытаниям.

Органы Госстандарта, на территории которых находится завод-изготовитель, отбирают три образца изделий, прошедших приемосдаточные испытания, и с актом отбора направляют их в ГИЦ ЭМП на периодические испытания. Кроме того, ГИЦ ЭМП проводит другие виды испытаний, в том числе:

- приемочные испытания опытных (модернизируемых) образцов;

- испытания на надежность;

- квалификационные испытания образцов установочной серии;

- контрольные и контрольно-выборочные испытания серийных образцов по указанию Управления Госнадзора и территориальных органов Госстандарта и Технического управления Минлегпищемаша, при контроле внедрения Государственных и отраслевых стандартов, контрольных проверках качества по видам продукции, контрольных сравнительных оценках технического уровня и др.;

- контрольные испытания серийных образцов по решению головных организаций-разработчиков по закрепленным видам продукции при рассмотрении и согласовании научно-технической документации;

аттестационные испытания серийных образцов по решению Государственных аттестационных комиссий при аттестации или переаттестации изделий по категориям качества;

типовые испытания серийных образцов при изменении конструкции, технологии изготовления, материалов или комплектующих изделий;

контрольные специальные испытания серийных образцов продукции в порядке арбитража по требованию суда, советских, профсоюзных организаций, заказчика и потребителя продукции;

определительные испытания образцов зарубежной техники с целью выявления фактических показателей их технического уровня и качества в сопоставимых условиях и установления соответствия рекламным данным;

исследовательские испытания макетных и лабораторных образцов вновь разрабатываемых или модернизируемых электробытовых машин и приборов;

контрольные испытания отечественных электробытовых машин и приборов на соответствие требованиям международных и национальных стандартов различных стран с целью выявления технических возможностей поставки на экспорт;

испытания при проведении международной сертификации;

испытания основных комплектующих изделий, определяющих технические и функциональные характеристики электробытовых машин и приборов.

ГИЦ ЭМП непосредственно на предприятиях-изготовителях проводит испытания, проверку качества выпускаемой продукции, соблюдения технологической дисциплины, стандартов и технических условий, а также состояния средств контроля, измерений и испытаний.

Кроме ГИЦ ЭМП испытания проводятся заказчиком (органами Минторга СССР). Заказчик проводит испытания на соответствие внешнего вида конструкторским документам и образцу-эталону и на функционирование. При необходимости объем проверок заказчиком может быть расширен до объема приемосдаточных испытаний. Проверке подвергают 3 % изделий, но не менее трех штук от предъявленной партии. Результаты выборочной проверки качества машин потребителем распространяются на всю партию.

При проведении других видов испытаний и получения неудовлетворительного результата проводят повторные испытания на удвоенном количестве образцов. Результаты повторных испытаний считаются окончательными.

Испытания изделий, предназначенных для эксплуатации в районах с умеренным и холодным климатом, проводят в соответствии с ГОСТ 15150—69 (СТ СЭВ 458—77, СТ СЭВ 460—77) по группам УХЛ4.2 или 04.2. Значение климатических факторов, если они не оговорены особо, следующие: температура окружающей среды  $25 \pm 10$  °С; относительная влажность воздуха 45—85 %; отклонение напряжения питающей сети от номинального  $\pm 2$  %.

Перед началом испытаний изделия должны выдерживаться в нормальных условиях 24 ч. Если не оговорено особо, электрические пара-

метры измеряются с погрешностью  $\pm 1\%$ , время с точностью 0,5 с, а при длительности более 30 мин, — с точностью  $\pm 1$  мин. Температура измеряется ртутным термометром с точностью  $1^\circ$ , масса с точностью до 5 г, геометрические размеры с точностью  $\pm 2\%$ .

Воздействие транспортной тряски проверяют на стендах имитации транспортирования (рис. 7.1).

При испытании приборы в транспортной таре крепят с помощью жгута по центру стола к платформе стенда.

После проведения испытаний осматривают упаковку, распаковывают и осматривают прибор. Определяют целостность упаковки, отсутствие повреждений комплектующих изделий, отсутствие царапин, повреждений корпуса, ослабление механических соединений. Затем машину включают в сеть и проверяют функционирование всех устройств.

Электрическую прочность изоляции в холодном состоянии без увлажнения испытывают на неподключенной к сети питания машине при установке выключателей всех цепей в положение «включено». При этом сначала проверяют усиленную (при ее наличии), а затем основную и дополнительную изоляцию. Испытания проводятся при напряжении, изменяющемся по синусоидальному закону, и токе частотой 50 Гц. Первоначально прикладывают не более половины испытательного напряжения, затем его быстро повышают до полного значения. Электрическую прочность усиленной изоляции проверяют путем приложения напряжения 3750 В в течение 1 мин между соединенными коротко штырями штепсельной вилки и наружным металлическим корпусом машины или металлической фольгой, плотно прижатой к наружной поверхности кожуха. Электрическую прочность основной изоляции проверяют путем приложения напряжения 1250 В на время  $1 \pm 0,1$  мин между коротко соединенными штырями штепсельной вилки и каждой из металлических деталей, отделенных от токоведущих частей только основной изоляцией. Электрическую прочность дополнительной изоляции проверяют путем приложения напряжения 2500 В в течение  $1 \pm 0,1$  мин между наружным кожухом машины или металлической фольгой, плотно прижатой к кожуху машины и каждой из деталей, отделенных от токоведущих частей только основной изоляцией.

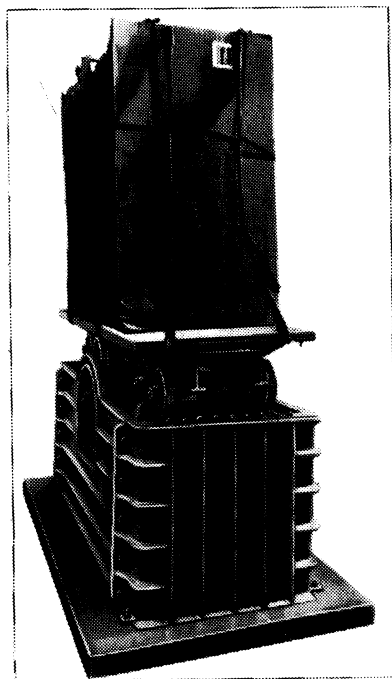


Рис. 7.1. Стенд имитации транспортной тряски

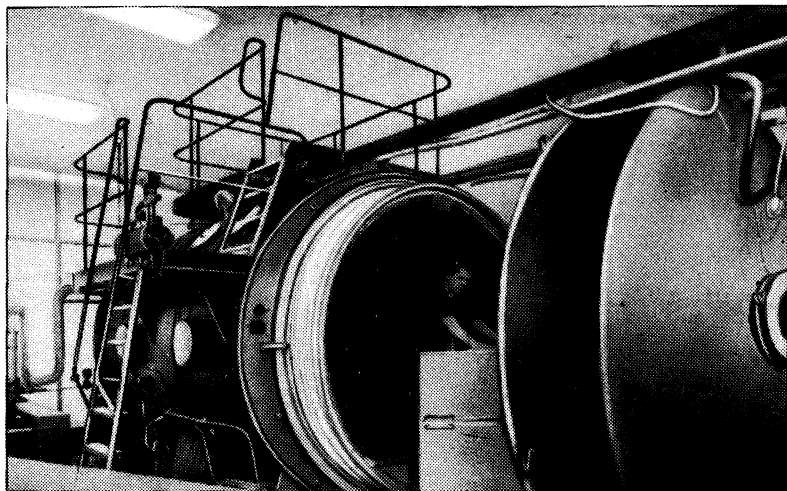


Рис. 7.2. Камера испытания на холодоустойчивость

Испытание на теплоустойчивость при эксплуатации проводят в «камере тепла». Перед испытанием изделие выдерживают в нормальных условиях в течение 4 ч. Затем прибор в рабочем положении, но не подключенный к сети питания, устанавливают в «камеру тепла», обеспечивая при этом свободную циркуляцию воздуха между прибором и стенками камеры. Температуру в камере устанавливают  $40 \pm 3$  °С или  $45 \pm 3$  °С соответственно для приборов исполнения УХД4.2 или 04.2. Время выдержки составляет 3—6 ч и оговаривается в программе и методике испытаний. По истечении времени выдержки непосредственно в «камере тепла» измеряют сопротивление изоляции по ГОСТ 14087—80 (СТ СЭВ 1110—78). Затем изделие извлекают из камеры и в течение 3 мин проверяют электрическую прочность изоляции и не позднее чем через 10 мин проводят испытание на функционирование.

Испытание на холодоустойчивость при транспортировании проводят в камере (рис. 7.2) при температуре  $-60 \pm 3$  °С. Время выдержки 3—4 ч. По истечении времени выдержки изделие извлекают из камеры и выдерживают в нормальных условиях 12 ч. Затем проверяют покрытие, сопротивление и прочность изоляции, функционирование.

Каплезащитные приборы и машины испытывают под искусственным дождем на установках (рис. 7.3), представляющих собой согнутую в виде полукольца трубку с радиусом кривизны, кратным 200 мм. При испытании выбирают минимальный размер трубки с радиусом кривизны, близким к высоте изделия. Отверстия в трубке направлены вниз. Трубка, в которую подается вода под давлением 10 Па, совершает колебательные движения под углом  $\pm 60^\circ$  от вертикали с длительностью цикла 4 с. Образец устанавливают в центре полукольца так, чтобы его нижняя часть находилась на уровне оси колебаний. Во время испытаний образец вращают вокруг его вертикальной оси



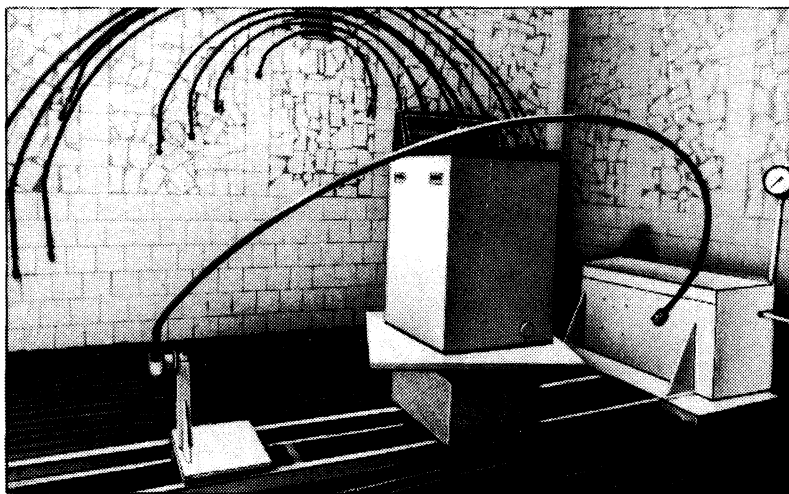


Рис. 7.3. Установка для испытания на брызгозащищенность

и выдерживают 5 мин под искусственным дождем интенсивностью 3 мм/мин, который падает с высоты 200 мм от верхней части изделия. После этого испытания образец обрызгивают водой со всех сторон с помощью разбрызгивателя. Для напольных образцов на полу устанавливают ванночку с водой (для других приборов на 5 см ниже нижней части прибора). В ванночку направляют струю воды так, чтобы брызги попадали на прибор на 15 см выше его нижней части, причем прямая струя на прибор попадать не должна. Затем протирают прибор ветошью и испытывают электрическую прочность изоляции.

Определение скорректированного уровня звуковой мощности проводится по ГОСТ 12.1.026—80 (СТ СЭВ 1412—76) в заглушенной камере (рис. 7.4). Потолок и стены камеры покрываются поглощающим материалом (клинья из стекловолокна) так, чтобы уровень собственных шумов камеры не превышал 15 дБ·А. Измеряемые приборы и машины устанавливают на бетонном основании, масса которого должна быть не менее чем в 10 раз больше массы исследуемого образца изделия. Бетонное основание расположено на грунте и отделено от корпуса здания несколькими слоями виброизолирующих подушек из различных материалов (резина, песок и др.). В камере на определенном расстоянии устанавливают измерительный микрофон, а остальные измерительные приборы выносят в соседнее помещение. Измерения производятся в установившемся режиме работы.

Головная организация по государственным испытаниям электробытовых машин и приборов выдает заказчику результаты испытаний в виде отчета об испытаниях, содержащего конкретные результаты проведенных измерений и проверок, вывод о соответствии (несоответствии) испытанных электробытовых машин и приборов требованиям действующей нормативно-технической документации, а также предложение

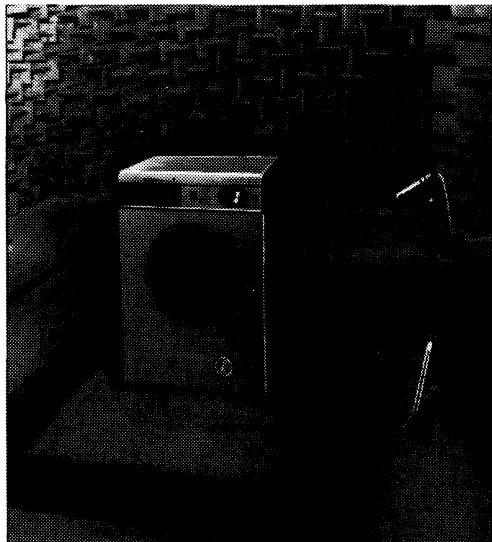


Рис. 7.4. Безэховая камера для испытания приборов на уровень звука

оно является обязательным документом при принятии решения Комиссией.

При положительных результатах контрольных испытаний образцов серийной продукции, а также экспертизы научно-технической документации, оценки технического уровня и качества головная организация выдает предприятию-изготовителю «Свидетельство о продлении права на производство», в котором указывается срок, на который разрешено продолжить серийное производство (не более двух лет).

При отрицательных результатах приемочных и контрольных испытаний головная организация назначает повторные испытания. При отрицательных результатах повторных испытаний серийной продукции (удвоенного числа образцов) головная организация сообщает управлению Госнадзора и территориальных органов Госстандарта и министерству (ведомству)-изготовителю о несоответствии качества выпускаемой продукции требованиям стандартов и технических условий. При этом головная организация вносит предложение о запрете предприятию-изготовителю отгрузки продукции в торговую сеть с одновременным указанием конструктивно-технологических предложений по повышению качества или предложение о снятии продукции с производства.

ния по устранению недостатков, повышению технического уровня качества.

При положительных результатах испытаний опытных образцов или головных образцов установочной серии, а также экспертизы нормативно-технической документации головная организация составляет «Заключение» о целесообразности подготовки производства и выпуска установочной серии или о постановке продукции на серийное производство. «Заключение» направляют в Комиссию Общесоюзного объединения «Союзпромвнедрение» и

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Адаменко А. И., Зинченко Ю. И. Выбор параметров пусковых реле однофазных двигателей//Электротехника. 1982. № 1. С. 40—43.
2. Адлер Ю. П., Маринова Е. С., Грановский Ю. В. Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий. М., Наука. 1976. 279 с.
3. Айзенберг В. Я., Азирян Л. Г., Астабаянц Г. А. Хранение винограда в замороженном виде//Хранение и переработка картофеля, овощей, плодов и винограда. М., Пищевая промышленность. 1979. 306 с.
4. Аңалоговые и цифровые интегральные схемы//Под ред. С. В. Якубовского. М., Советское радио. 1979. 336 с.
5. Анатычук Л. И. Термозлементы и термозлектрические устройства: Справочник. Киев, Наукова думка. 1979. 768 с.
6. Березенко А. М. Микропроцессорные комплексы повышенного быстродействия. М., Радио и связь. 1981. 168 с.
7. Бондарь Е. С. Первоочередные проблемы повышения качества электробытовых машин и приборов//Пути дальнейшего развития производства товаров культурно-бытового назначения. М., Знание, 1981. С. 116—123.
8. Бондарь Е. С. Повышение эффективности электробытовых машин и приборов//Вопросы повышения эффективности электробытовых машин и приборов. Киев, Техніка. 1981. С. 3—14.
9. Бондарь Е. С. Проблемы развития производства важнейших видов бытовых машин и приборов в 11-й пятилетке. М., ЦНИИТЭИлегпишемаш. 1981. 68 с.
10. Бондарь Е. С. Электробытовые комплексы на базе ЭВМ//Исследование элементов электробытовых машин и приборов. Киев, Техніка. 1981. С. 3—7.
11. Бондарь Е. С., Гулидов В. Н., Волосюк Г. Е. Система автоматизации стендовых исследований//Исследование и разработка нового поколения электробытовых машин и приборов. Киев, Техніка. 1983. С. 1—7.
12. Бондаренко Г. Л., Полонская Р. С., Авдеева Т. Б. Определение функциональных параметров воздуховсасывающего агрегата пылесоса//Исследование элементов электробытовых машин и приборов. Киев, Техніка. 1981. С. 27—30.
13. Бондарь Е. С., Слизкой А. А., Панченко А. В. Устройство для ввода информации//Пути автоматизации электробытовых машин и приборов. Киев, Техніка. 1982. С. 33—35.
14. Бондарь Е. С., Туманович Н. В. Централизованные системы управления бытовыми приборами//Пути автоматизации электробытовых машин и приборов. Киев, Техніка. 1982. С. 3—7.
15. Бродянский В. М., Семенов А. М. Термодинамические основы криогенной техники. М., Энергия. 1980. 448 с.
16. Вайнберг Б. С., Вайн Л. Н. Бытовые компрессионные холодильники. М., Пищевая промышленность. 1974. 272 с.

17. **Васильев Э. А.** Аппараты для перемешивания в жидких средах. М., Машиностроение. 1979. 120 с.
18. **Ерохин В. Г., Маханько М. Г., Самойленко М. П.** Основы термодинамики. М., Машиностроение. 1980. 224 с.
19. **Захаров В. П.** Программируемые однокристалльные микроконтроллеры серии K145//Электронная промышленность. 1983. Вып. 3. С. 27—29.
20. **Зорин И. В., Зорина Э. Я.** Термоэлектрические холодильники и генераторы. Л., Энергия. 1973. 136 с.
21. **Иорданишвили Е. К., Бабин В. П.** Нестационарные процессы в термоэлектрических и термомагнитных системах преобразования энергии. М., Наука. 1983. 216 с.
22. **Исследование** мощного действия струи/Н. А. Сивченко, Н. И. Бондаренко, В. П. Зубков, С. В. Орчинский//Исследование и конструирование электробытовых машин и приборов. М., ЦНИИТЭИлегпишемаш. 1984. С. 78—86.
23. **Исследование** процесса стирки в активаторных машинах/Н. А. Сивченко, Л. В. Ценова, Е. С. Бондарь и др.//Исследование и конструирование электробытовых машин и приборов. М., ЦНИИТЭИлегпишемаш. 1984. С. 65—73.
24. **Калорическая** диаграмма состояния хладагента R-601/В. Н. Никольский, Г. К. Лавренченко, И. П. Наученко и О. В. Баклан// Исследование и разработка нового поколения машин и приборов для быта. М., ЦНИИТЭИлегпишемаш. 1983. С. 20—27.
25. **Клингман Э.** Проектирование микропроцессорных систем: Пер. с англ. М., Мир. 1980. 76 с.
26. **Кравцевич В. Я.** Предпроектный анализ методом прикладной эвристики в системе комплексного проектирования//Качество и надежность электробытовых машин и приборов. Киев, Техніка. 1980. С. 52—60.
27. **Кузовлев В. А.** Техническая термодинамика и основы теплопередачи. М., Высшая школа. 1983. 335 с.
28. **Лебедев В. С.** Основные процессы, машины и аппараты бытового обслуживания. М., Легкая индустрия. 1976. 400 с.
29. **Лепав Д. А.** Справочная книга механика по ремонту холодильников. М., Легкая и пищевая промышленность. 1983. 200 с.
30. **Лепав Д. А.** Справочник слесаря по ремонту бытовых электроприборов и машин. М., Легкая индустрия. 1980. 231 с.
31. **Малкин Л. Ш., Колин В. Л.** Осушка и очистка малых холодильных машин. М., Легкая и пищевая промышленность. 1982. 147 с.
32. **Мусаев А. А., Бродянский В. М., Боярский М. Ю.** Экспериментальные исследования низкотемпературной одноступенчатой холодильной установки, работающей на смесях хладагентов//Холодильная техника. 1978. № 12. С. 10—14.
33. **Нагорный П. И., Фендриков И. А., Дзюба В. И.** Исследование процесса стирки в машинах с совмещенным стиральным баком и центрифугой//Исследование элементов электробытовых машин и приборов. Киев, Техніка. 1981. С. 17—20.
34. **Налимов В. В., Голикова Т. И.** Логические основы планирования эксперимента. М., Металлургия. 1980. 152 с.
35. **Подбор** компонентов при формировании сложных хладагентов для низкотемпературных холодильников/Г. К. Лавренченко, В. А. Никольский, И. П. Наученко, В. И. Тихонов//Исследование и разработка нового поколения машин и приборов для быта. М., ЦНИИТЭИлегпишемаш. 1983. С. 17—20.
36. **Прангишвили И. В.** Микропроцессоры и микроЭВМ. М., Энергия. 1979. 223 с.
37. **Примаченко Д. В.** Электродвигатели с конденсаторным пуском для компрессоров бытовых холодильников//Исследование и разработка нового поколения машин и приборов для быта. М., ЦНИИТЭИлегпишемаш. 1983. С. 56—62.

38. **Применение** холода в пищевой промышленности. Справочник, сер. Микробиология холодильного хранения. М., Пищевая промышленность. 1979. 160 с.
39. **Принципы** оптимизации при выборе многокомпонентных хладагентов/ В. М. Ягодин, И. П. Науменко, В. И. Тихонов, О. В. Баклан//Повышение эффективности электробытовых машин и приборов. Киев, Техника. 1981. С. 28—32.
40. **Расчет** прочности роторов центрифуг бытовых стиральных машин/ В. З. Филиппов, С. Ф. Квитченко, П. И. Нагорный, И. П. Радченко//Повышение эффективности электробытовых машин и приборов. Киев, Техника. 1981. С. 38—42.
41. **Соколов Е. Я., Бородянский В. М.** Энергетические основы трансформации тепла и процессов охлаждения. М., Энергоиздат. 1981. 320 с.
42. **Хартман К., Лецкий Э., Шефер В.** Планирование эксперимента в исследовании технологических процессов: Пер. с англ. М., Мир. 1977. 552 с.
43. **Хейвуд Р. В.** Анализ циклов в технической термодинамике. М., Энергия. 1979. 87 с.
44. **Штирлин Г.** Значительное сокращение расхода электроэнергии при эксплуатации бесшумных холодильников. Новое поколение абсорбционных холодильников «Klima — Kälte — Heizung». 1980. № 9. С. 363—368: Пер. с нем. № КВ—6772. Киев, ВЦП. 1980. 15 с.
45. **Энергетические** диаграммы состояния многокомпонентного хладагента R-701/Г. К. Лавренченко, О. В. Баклан, В. Ф. Возный и др.//Пути автоматизации электробытовых машин и приборов. Киев: Техника. 1982. С. 13—16.
46. **Zinnet D<sub>7</sub> T<sub>7</sub>, Smith K<sub>7</sub> S<sub>7</sub>** The process design optimization of a mixed refrigerant cascade plant. ◇ Proc. Int. Conf. on Jigufied Natural Gas. ◇ J. Mech. E.— London. May. 1969. p. 267—287.

# ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие . . . . .	3
<b>Глава 1. Бытовые холодильники и морозильники . . . . .</b>	<b>4</b>
1.1. Особенности хранения пищевых продуктов в охлажденном и замороженном состояниях . . . . .	4
1.2. Современные бытовые холодильники и морозильники . . . . .	6
1.3. Основные положения термодинамики . . . . .	11
1.3.1. Свойства идеальных газов и их смесей . . . . .	11
1.3.2. Методы анализа состояния и свойств реальных газов . . . . .	11
1.4. Термодинамические циклы и их анализ . . . . .	12
1.4.1. Показатели термодинамической активности циклов . . . . .	12
1.4.2. Особенности анализа холодильных циклов . . . . .	13
1.4.3. Реальный цикл паровых компрессионных холодильных машин . . . . .	14
1.4.4. Пути совершенствования холодильных циклов . . . . .	17
1.5. Многокомпонентные хладагенты для бытовых холодильников . . . . .	18
1.5.1. Принципы образования многокомпонентного хладагента . . . . .	18
1.5.2. Холодильный цикл и хладон R-701 в бытовых холодильниках параметрического ряда . . . . .	19
1.5.3. Взаимодействие хладона R-701 с маслами, электроизоляционными и конструктивными материалами . . . . .	25
1.6. Агрегаты компрессионных холодильников . . . . .	27
1.6.1. Конструкции агрегатов бытовых холодильников . . . . .	27
1.6.2. Основные узлы агрегатов бытовых компрессионных холодильников . . . . .	28
Компрессоры бытовых холодильников . . . . .	29
Электродвигатели компрессоров . . . . .	31
Испарители компрессионных холодильников . . . . .	32
Конденсаторы бытовых компрессионных холодильников . . . . .	34
Дросселирующие устройства бытовых холодильников . . . . .	34
Фильтр-осушитель бытовых компрессионных холодильников . . . . .	36
1.6.3. Регулирование температур в бытовых холодильниках . . . . .	38
1.7. Параметрический ряд компрессионных холодильников . . . . .	39
1.8. Ремонт бытовых компрессионных холодильников . . . . .	45
1.9. Абсорбционные холодильники . . . . .	48
1.9.1. Принцип работы абсорбционных холодильных машин . . . . .	48
1.9.2. Ремонт абсорбционных холодильников . . . . .	53
1.9.3. Использование солнечной энергии для получения холода . . . . .	54
1.10. Методы испытаний бытовых холодильников . . . . .	56

<b>Глава 2. Термоэлектрические холодильники . . . . .</b>	<b>58</b>
2.1. Основы теории термоэлектрических устройств . . . . .	58
2.2. Конструкция термоэлектрических устройств . . . . .	62
2.2.1. Технология изготовления термоэлектрического материала . . . . .	62
2.2.2. Способы изготовления термоэлектрических батарей	65
2.3. Конструкции термоэлектрических холодильников . . . . .	66
2.3.1. Автомобильные холодильники . . . . .	66
2.3.2. Транспортные воздухоохладители . . . . .	69
2.3.3. Льдогенераторы и охладители жидкостей . . . . .	70
2.3.4. Особенности конструирования, ремонта и эксплуатации термоэлектрических холодильников . . . . .	71
<b>Глава 3. Бельеобрабатывающие и посудомоечные машины . . . . .</b>	<b>73</b>
3.1. Стиральные машины . . . . .	73
3.1.1. Загрязнение и стирка текстильных материалов . . . . .	73
3.1.2. Современные стиральные машины . . . . .	80
3.1.3. Гидромеханические процессы в активаторных стиральных машинах . . . . .	84
3.1.4. Гидромеханические процессы в барабанных стиральных машинах . . . . .	89
3.1.5. Параметрический ряд стиральных машин . . . . .	98
3.1.6. Ремонт стиральных машин . . . . .	113
3.1.7. Испытание бытовых стиральных машин . . . . .	119
3.2. Бытовые сушильные машины и устройства . . . . .	120
3.2.1. Физические основы процесса сушки . . . . .	120
3.2.2. Виды связи влаги с тканью и процессы ее удаления из ткани . . . . .	121
3.2.3. Тепловой баланс бельесушильных машин . . . . .	123
3.2.4. Расчет процессов сушки в бельесушильных машинах	124
3.2.5. Классификация сушильных машин и устройств . . . . .	125
3.2.6. Параметрический ряд бельесушильных машин . . . . .	127
3.2.7. Испытание сушильных машин . . . . .	130
3.2.8. Ремонт сушильных машин . . . . .	131
3.3. Бытовые гладильные машины . . . . .	132
3.3.1. Физические основы влажностно-тепловой обработки белья . . . . .	132
3.3.2. Параметрический ряд бытовых гладильных машин	135
3.3.3. Рекомендации по проектированию гладильных машин	139
3.3.4. Ремонт бытовых гладильных машин . . . . .	142
3.3.5. Бытовые гладильные прессы . . . . .	143
3.4. Бытовые центрифуги . . . . .	144
3.5. Посудомоечные бытовые машины . . . . .	147
3.5.1. Основные способы мойки посуды . . . . .	147
3.5.2. Параметрический ряд посудомоечных машин . . . . .	150
3.5.3. Рекомендации по проектированию посудомоечных машин . . . . .	156
3.5.4. Испытание посудомоечных машин . . . . .	157
3.5.5. Особенности эксплуатации и ремонта посудомоечных машин . . . . .	159
<b>Глава 4. Уборочные машины . . . . .</b>	<b>161</b>
4.1. Механическая и пневматическая чистка изделий . . . . .	161
4.2. Современные бытовые пылесосы . . . . .	162

4.3. Параметрический ряд пылесосов . . . . .	165
4.4. Воздуховсасывающие агрегаты бытовых пылесосов . . . . .	173
4.5. Полотеры и ковровые . . . . .	175
4.6. Ремонт пылесосов и полотеров . . . . .	177
4.7. Испытание пылесосов . . . . .	178
<b>Глава 5. Применение сверхвысокочастотной энергии в быту . . . . .</b>	<b>179</b>
5.1. Особенности сверхвысокочастотной энергии . . . . .	179
5.2. Сверхвысокочастотные бытовые приборы . . . . .	181
5.2.1. СВЧ-печи . . . . .	181
5.2.2. СВЧ-размораживатели . . . . .	183
5.2.3. СВЧ-сублиматоры . . . . .	184
5.3. Испытание сверхвысокочастотных бытовых приборов . . . . .	185
<b>Глава 6. Системы управления бытовыми электроприборами . . . . .</b>	<b>187</b>
6.1. Особенности бытовых электроприборов с электронным управлением . . . . .	187
6.2. Универсальная система управления бытовыми электроприборами . . . . .	188
6.3. Запоминающие устройства . . . . .	191
6.4. Микропроцессоры . . . . .	194
6.5. Устройство ввода — вывода . . . . .	194
6.5.1. Устройство ввода . . . . .	194
6.5.2. Датчики температуры и уровня жидкости . . . . .	197
6.5.3. Индикаторы бытовых электроприборов . . . . .	199
6.6. Блоки питания бытовых электроприборов . . . . .	202
6.7. Ремонт универсальной электронной системы управления . . . . .	204
<b>Глава 7. Порядок разработки, изготовления и проведения испытаний бытовых электроприборов . . . . .</b>	<b>211</b>
7.1. Разработка и постановка продукции на производство . . . . .	211
7.2. Порядок проведения испытаний. Государственные испытательные центры . . . . .	213
<b>Список литературы . . . . .</b>	<b>219</b>