

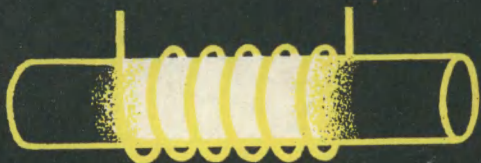


ИБЛИОТЕКА ЭЛЕКТРОТЕРМИСТА



А.В.Шаровский,  
А.С.Варшавский

**БЫТОВЫЕ  
ЭЛЕКТРО-  
ОТОПИТЕЛЬНЫЕ  
ПРИБОРЫ**



ИЗДАТЕЛЬСТВО «ЭНЕРГИЯ»

*Выпуск 60*

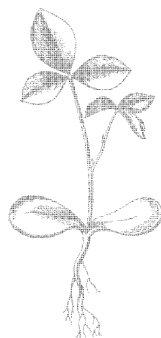
А. В. ШАРОВСКИЙ, А. С. ВАРШАВСКИЙ

# БЫТОВЫЕ ЭЛЕКТРО- ОТОПИТЕЛЬНЫЕ ПРИБОРЫ



«ЭНЕРГИЯ»

МОСКВА 1975



Scan AAW

6П2.1.082

Ш 26

УДК 697.27+643.336

Редакционная коллегия:

Л. Е. Никольский, С. П. Розанов, Ю. Л. Рыжнев, А. Д. Свенчанский, М. А. Шевцов, К. З. Шепеляковский, Ф. И. Шуманский

*Александр Владимирович Шаровский*

*Абрам Самуилович Варшавский*

**Бытовые электроотопительные приборы**

Редактор К. А. Матковский

Редактор издательства М. И. Николаева

Технический редактор Л. Н. Никитина

Корректор Т. В. Воробьева

Сдано в набор 22/IV 1975 г. Подписано к печати 10/VII 1975 г.

T-09260 Формат 84×108<sup>1</sup>/<sub>32</sub>

Бумага типографская № 2

Усл. печ. л. 6,3

Уч.-изд. л. 7,3

Тираж 15 000 экз.

Зак. 148

Цена 87 коп.

Издательство «Энергия», Москва, М-114, Шлюзовая наб., 10

Московская типография № 10 Союзполиграфпрома

при Государственном комитете Совета Министров СССР  
по делам издательств, полиграфии и книжной торговли.

Москва, М-114, Шлюзовая наб., 10.

**Шаровский А. В. и Варшавский А. С.**

**Ш 26 Бытовые электроотопительные приборы. М.,  
«Энергия», 1975.**

120 с. с ил. (Б-ка электротермиста. Вып. 60).

В книге рассмотрены назначение, принцип действия, особенности конструкции и расчета, а также современный технический уровень бытовых электроотопительных приборов — электроконвекторов, электротепловентиляторов, электрокаминов и прочих инфракрасных электрообогревателей, электрорадиаторов, греющих электропанелей, теплоаккумулирующих электроспечей и комбинированных приборов на базе перечисленных.

Книга предназначена для инженерно-технических работников, занятых разработкой, производством и аттестацией бытовых электроотопительных приборов, а также проектированием жилых зданий и районов с повышенной электрификацией быта. Она будет полезна специалистам торговли и планирования, учащимся факультетов товароведения.

Ш  $\frac{30308-475}{051(01)-75}$  204-75

6П2.1.082

© Издательство «Энергия», 1975 г.

## ПРЕДИСЛОВИЕ

Развитие энергетики СССР позволяет систематически увеличивать количество электроэнергии, расходуемой на электрификацию быта, в том числе и на электроотопление. Бытовые электроотопительные приборы применяются как в качестве основного отопительного оборудования, так и для дополнения других видов отопления (водяного, печного и др.). Несмотря на более высокие эксплуатационные расходы при электроотоплении, оно интенсивно развивается в ряде стран с благоприятным топливно-энергетическим балансом, а производство и продажа населению соответствующих приборов становятся важной частью экономики.

В СССР ежегодно выпускается свыше 2 млн. переносных бытовых электроотопительных приборов около 30 типоразмеров. В ближайшие годы их количество и в особенности ассортимент должны существенно увеличиться, что является задачей многих проектно-конструкторских, научно-исследовательских, технологических и производственных организаций и предприятий различных министерств и ведомств.

Специальная литература по бытовым электроотопительным приборам на русском языке не содержит достаточных сведений по расчету, проектированию и применению этих приборов. Последняя книга, включающая эти вопросы, вышла в 1963 г. [Л. 1]. Настоящая книга должна в той или иной мере восполнить этот пробел. В ней освещаются назначение, принцип действия, особенности конструкции и расчета, а также современный технический

уровень бытовых электроотопительных приборов, предназначенных в первую очередь для продажи населению, а в экономически оправданных случаях — для комплектации жилищного строительства.

В работе использован опыт отдела бытового электронагрева ВНИИЭТО. Авторы выражают благодарность всем сотрудникам, содействовавшим выходу книги, профессору, докт. техн. наук В. С. Равдонику за многие ценные советы при рецензировании и канд. техн. наук К. А. Матковскому за большой труд при редактировании. Авторы будут признательны читателям за замечания и пожелания, направляемые по адресу: 113114, Москва, М-114, Шлюзовая наб., 10, издательство «Энергия».

*Авторы*

## ВВЕДЕНИЕ

Бытовые электроотопительные приборы (БЭОП), как и любые другие отопительные устройства, должны создавать в жилом помещении благоприятный для человека микроклимат, характеризующийся сравнительно узким (так называемым комфортным) сочетанием температур воздуха и ограждений, умеренной влажностью воздуха и небольшой скоростью его движения.

Номенклатура БЭОП весьма разнообразна. Их принято классифицировать по принципу преобразования электрической энергии в тепловую (Джоуля—Ленца, Кельвина, Пельтье), преобладающему виду теплоотдачи (конвективные, радиационные, комбинированные), наличию или отсутствию аккумуляции тепла, назначению (стационарные и переносные), исполнению (напольные, настольные, настенные, потолочные, универсальные), способу регулирования мощности (нерегулируемые; со ступенчатым, бесступенчатым и автоматическим регулированием), характеру эксплуатации (основное и дополнительное отопление) и строительным признакам (индивидуальные и поквартирные, приборы для комплектации зданий и устройства, составляющие неотъемлемую часть строительных конструкций).

В настоящей работе подробно рассматриваются приборы с нагревом сопротивлением (принцип Джоуля—Ленца). Преимущественное внимание уделено индивидуальным приборам для дополнительного отопления по свободному графику, которые отвечают современному уровню электрификации быта в СССР и поступают в розничную продажу. Ввиду перспектив развития электроотопления дается представление о конструкциях стационарных приборов, в том числе с аккумуляцией тепла.

Материал в книге изложен в соответствии с видом теплоотдачи от прибора к окружающей среде, от чего зависят его назначение и конструктивные особенности. В качестве приборов конвективного действия рассмотрены электроконвекторы (со свободной конвекцией воздуха) (гл. 1) и электротепловентиляторы (с вынужденной конвекцией) (гл. 2). Приборы радиационного действия представлены электрокамины (с высокотемпературным излучателем) и прочими инфракрасными электрообогревателями (гл. 3). Описаны низкотемпературные БЭОП (электрорадиаторы и греющие электропа-

нели (гл. 4) и теплоаккумулирующие электропечи, накапливающие тепло во внепиковые часы суточного графика нагрузки энергосистемы и отдающие его в течение суток (гл. 5).

Приведены также сведения по комбинированным приборам, пока не выпускаемым отечественной промышленностью, но несомненно представляющим интерес для потребителя. Комбинироваться могут различные виды БЭОП как между собой (например, электрокамины-конвекторы), так и с другими электробытовыми приборами.

На БЭОП разработан ряд стандартов и технических условий. Наиболее общие положения содержатся в ГОСТ 14087-68 «Приборы электрические бытовые» и включают требования и методы испытаний, относящиеся к защите от поражения электрическим током и проникновения влаги, к механической прочности, надежности, работоспособности; общие конструктивные требования к присоединительным зажимам и контактным соединениям, внутренней проводке, соединительному шнуру, внешней поверхности; требования к маркировке, упаковке, транспортированию и хранению.

Другим общим стандартом является ГОСТ 303-69 «Приборы электронагревательные бытовые», который дополняет ГОСТ 14087-68 требованиями и методами испытаний, характерными для приборов, эксплуатирующихся при повышенных температурах; устанавливает допустимые значения тока утечки и электрической прочности изоляции; формулирует требования к теплостойкости и огнестойкости деталей, условия безопасности при неправильной эксплуатации и перегрузках и т. п.

К общим стандартам относятся также ГОСТ 15047-69 «Электроприборы нагревательные бытовые. Термины и определения» и ГОСТ 7399-71 «Шнуры соединительные для электрических бытовых машин и приборов».

Стандарты на отдельные виды приборов классифицируют их по типовым признакам (номинальные значения мощности и напряжения, исполнение, тип нагревательного элемента, систему регулирования и т. п.) и устанавливают специфические требования и методы испытаний для всех типоразмеров данного вида БЭОП. Подобные стандарты имеются на электроконвекторы, электротепловентиляторы, электрокамины и маслонаполненные электрорадиаторы. Остальные приборы (инфракрасные электрообогреватели, комбинированные БЭОП, «сухие»

электрорадиаторы) выпускаются по техническим условиям, которые также будут постепенно заменяться стандартами. При разработке или очередном пересмотре каждого стандарта учитываются рекомендации международных организаций по стандартизации.

Бытовые электроотопительные приборы должны также удовлетворять действующим «Правилам устройства электроустановок» (ПУЭ), которые, в частности, допускают применение незаземленных электроприборов в жилых помещениях при отсутствии сырости и токопроводящих полов. При очередном изменении ПУЭ предполагается ограничить мощность незаземленных бытовых электроприборов значением 1,3 кВт.

В существующем жилом фонде СССР заземление, как правило, не предусмотрено; в перспективном строительстве и при реконструкции предполагается увеличить мощность квартирных вводов и иметь одну заземленную розетку в кухне. Таким образом, основная масса переносных БЭОП в ближайшие несколько лет будет относиться к классу 0 по ГОСТ 14087-68 (без заземления) и иметь мощность не более 1,3 кВт. Отечественные приборы в экспортном исполнении, а также ряд приборов за рубежом имеют мощность до 2 кВт. В типовые ряды отдельных видов БЭОП целесообразно включать номинальные мощности до 2 кВт. Характерный ряд, предусмотренный действующими стандартами на БЭОП, включает мощности 0,5; 0,8; 1,0; 1,25; 1,6; 2,0 кВт. На напряжение 127 В должны включаться приборы мощностью не более 0,8 кВт, на напряжение 220 В не более 1,25 кВт. Приборы мощностью 1,6 и 2 кВт смогут использоваться в перспективных сетях, рассчитанных на ток 10 А, но после пересмотра ПУЭ они должны относиться к классу 1 по ГОСТ 14087-68 и заземляться.

Инструкции по эксплуатации БЭОП должны содержать указания, обеспечивающие потребителю необходимую безопасность. В частности, незаземленные приборы должны устанавливаться в жилой комнате так, чтобы нельзя было одновременно коснуться прибора и другого предмета, который случайно может оказаться заземленным (например, батарея центрального отопления).

На стационарные БЭОП распространяются также действующие строительные нормы и правила (в СССР СНиП II-Г.7-62).



## Глава первая

# ЭЛЕКТРОКОНВЕКТОРЫ

### 1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ ОБ ЭЛЕКТРОКОНВЕКТОРАХ

По ГОСТ 15047-69 электроконвектором называется *быстродействующий отопительный электроприбор с теплопередачей преимущественно естественной конвекцией изнутри*. Подобные приборы предназначены для нагрева воздуха, поэтому их целесообразно использовать в помещениях с достаточной теплоизоляцией (здания капитальной постройки, утепленные деревянные дома и т. п.).

Электроконвекторы относятся к наиболее комфортным отопительным приборам. Они работают бесшумно и надежно, могут устанавливаться в любом месте и обогревают сразу всех находящихся в комнате людей, причем равномерно со всех сторон, чего невозможно достичь приборами радиационного действия. Масса электроконвектора обычно не превышает нескольких килограмм. Универсальными являются настенно-напольные модели. При стационарном отоплении максимальный комфорт обеспечивается так называемыми плинтусными электроконвекторами в виде длинных секций небольшой мощности, устанавливаемых над плинтусом вдоль внешних стен помещения.

Принцип действия электроконвектора показан на рис. 1. Соприкасаясь с нагревательным элементом 1, воздух внутри прибора нагревается и поднимается вверх, покидая прибор через выходное отверстие 2 в корпусе 3. Холодный воздух поступает через входное отверстие 4. Корпус электроконвектора экранирует излучение нагревательного элемента на окружающие предметы и тем самым увеличивает конвективную составляющую теплоотдачи. Одновременно корпус служит своеобразной дымовой трубой, увеличивая естественную тягу электроконвектора и расход воздуха через него.

Электроконвекторы классифицируются по назначению (стационарные и переносные), исполнению (напольные, настенные, комбинированные), конструкции нагревательного элемента (открытый, закрытый), системе регулирования мощности (ступенчатое, бесступенчатое, с автоматическим терморегулятором).

Типы и основные параметры переносных электроконвекторов для дополнительного отопления жилых помещений по ГОСТ 18476-73 «Электроконвекторы бытовые» приведены в табл. 1.

В обозначении типов электроконвекторов буквы означают: Э — электроконвектор, О — открытый нагревательный элемент (соприкасается с воздухом), З — закрытый нагревательный элемент

(например, трубчатый), Н — нерегулируемая мощность, Б — бесступенчатое регулирование мощности, С — ступенчатое регулирование мощности, Т — терморегулятор (для автоматического поддержания заданной температуры помещения).

Типажное обозначение прибора указывается на его маркировке. Пример обозначения электроконвектора с открытым нагревательным

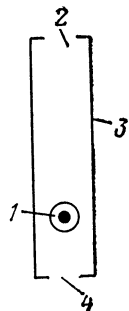


Рис. 1. Принципиальная схема электроконвектора.

элементом и терморегулятором, номинальной мощностью 1 кВт и номинальным напряжением 220 В:

Электроконвектор ЭОТ-1,0/220 ГОСТ 18476-73.

В условиях нормальной эксплуатации температура боковой поверхности корпуса не должна превышать температуру окружающего воздуха более чем на 75°C, а температура выходящего воздуха —

Таблица 1

### Типы и параметры электроконвекторов

Обозначение типа	Наименование типа	Номинальная мощность, кВт	Номинальное напряжение, В
ЭОН, ЭЗН	Электроконвектор с нерегулируемой мощностью	0,50; 0,80	127; 220
ЭОБ, ЭЗБ	Электроконвектор с бесступенчатым регулированием мощности	0,80; 1,0; 1,25	127; 220
		1,60; 2,00	220
ЭОС, ЭЗС	Электроконвектор со ступенчатым регулированием мощности	0,80; 1,00 1,25	127; 220
		1,60; 2,00	220
ЭОТ, ЭЗТ	Электроконвектор с терморегулятором	0,50; 0,80 1,00; 1,25	127; 220
		1,60; 2,00	220

более чем на 85°C. Электроконвекторы должны быть удобны и безопасны в эксплуатации, иметь соединительный шнур длиной 3,7 м, ручки из электроизоляционного материала и устройства для установки на полу или на стене. Приборы массой более 10 кг должны иметь ролики. Требования к регулирующим устройствам изложены ниже вместе с их описанием.

Средняя наработка на отказ должна составлять не менее 4000 ч, а для каждого из испытываемых образцов — не менее 3000 ч. Гарантия поставщика дается на 2 года со дня продажи прибора потребителю.

## 2. КОНСТРУКТИВНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ ЭЛЕКТРОКОНВЕКТОРА

**Нагреватель.** В переносных электроконвекторах чаще всего применяют открытую спираль из специального сплава. В СССР для этой цели обычно используются хромомы Х15Н60-Н и Х20Н80-Н по ГОСТ 12766-67 «Лента, проволока и прутки из сплавов высокого омического сопротивления». Спираль растягивается в несколько рядов на изоляторах (например, в виде планок с отверстиями) из материала с хорошими электроизоляционными и механическими свойствами при температурах до 600°C, а также с ограниченным водопоглощением (кордиерит, электрокорунд, электрофарфор). По обеим сторонам спирали часто устанавливают дополнительные экраны небольшой высоты, уменьшающие излучение спирали на корпус и попутно используемые для крепления планок. Экраны, планки, спирали, а иногда и нижняя решетка обычно образуют самостоятельный узел — нагреватель. Встречаются также «тканые» нагреватели — с проволокой, вплетенной в термостойкую ткань.

В стационарных приборах уместнее применять закрытые нагревательные элементы: трубчатые (рис. 2), плоские или оребренные типа «Хромалокс» [Л. 1] — более дорогие и тяжелые, чем открытая спираль, но более гигиеничные, надежные и долговечные ввиду меньшей температуры поверхности. В некоторых конструкциях используются так называемые защищенные нагреватели из спиралей в керамических бусах, размещенных внутри наборных пластин, фасонных чехлов, экранов и т. п. Материал бус должен сочетать высокие электроизоляционные свойства при температурах до 800—900°C с достаточно хорошей теплопроводностью во избежание опасного нагрева спирали. Защищенные нагреватели дешевле трубчатых и безопаснее открытых спиралей; их недостатками являются сложность сборки и повышенная

температура спирали, которая все же соприкасается с воздухом и окисляется.

**Корпус.** Конструкция корпуса зависит от назначения прибора и схемы движения воздуха и в большинстве случаев представляет собой плоскую штампованную коробку из тонколистовой (0,5—1 мм) стали с отверстиями для входа и выхода воздуха. Для установки корпус снабжен опорами, подвесками и пр.

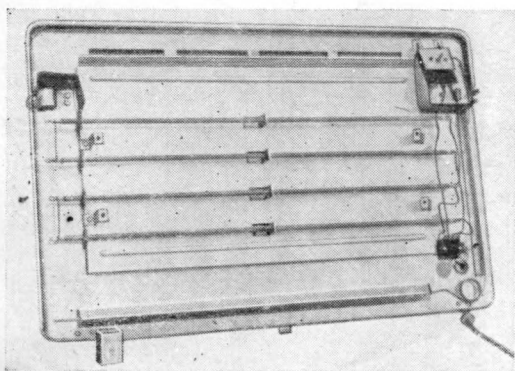


Рис. 2. Нагреватель электроконвектора с ТЭН.

Различные схемы движения воздуха в электроконвекторе представлены на рис. 3. Наиболее простой и часто используемой в переносных приборах является прямоточная схема (рис. 3,а) с минимальным гидравлическим сопротивлением, позволяющая иметь симметричный корпус с большими возможностями для унификации его деталей.

Более сложна схема (рис. 3,б) с двусторонним боковым входом и выходом воздуха, имеющая преимущества в эстетическом и эксплуатационном отношениях: здесь не видна сверху внутренняя полость прибора со спиралями, меньше нагревается пол и увлекается пыль, труднее случайно дотронуться до спирали. В то же время последняя схема усложняет конструкцию прибора, и это должно учитываться при утверждении цены на изделие.

Стационарные электроконвекторы (настенные и плинтусные) стремятся расположить как можно ближе к стене, поэтому здесь чаще всего применяют схемы с односторонним боковым входом и выходом воздуха, позво-

ляющие к тому же избежать вертикальных следов пыли на стене. Схема согласно рис. 3,в характерна для настенных электроконвекторов периодического использования. Приборы по этой схеме рекомендуются для небольших помещений.

Настенный прибор по схеме согласно рис. 3,г имеет подвод воздуха со стороны стены, что позволяет выполнить его корпус из двух практически одинаковых частей. Недостатками схемы являются увеличенное расстояние от стены и возможные следы пыли на стене под прибо-

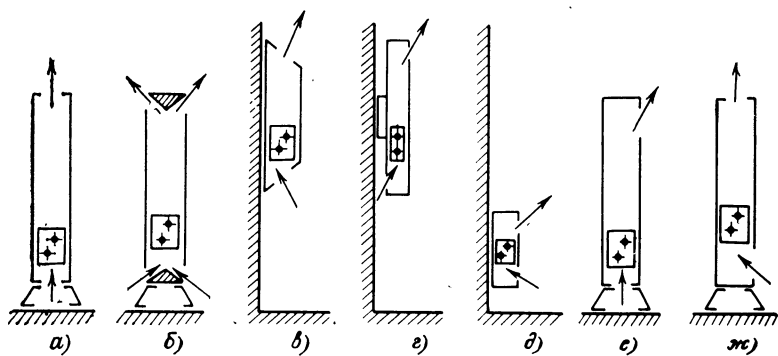


Рис. 3. Схемы движения воздуха в электроконвекторах.

ром. Пллитусные электроконвекторы выполняются чаще всего по схеме согласно рис. 3,д. В поисках новых художественно-конструкторских решений нередко прибегают к комбинированным схемам рис. 3,е и ж, где передняя панель «оживлена» расположенной на ней входной или выходной решеткой.

Корпус обычно окрашивается теплостойкими эмалевыми красками светлых тонов, иногда в два цвета, в то время как отделка остальных деталей подбирается контрастной. Технологичны штампованные детали из тонколистового материала с декоративным покрытием (входная и выходная решетки, ножки), а также пластмассовые детали — литые и прессованные (ножки, ручки, различные бобышки и т. п.). Менее технологичны прутковые детали (решетки, опоры, приспособления для сушки), но иногда их применение оправдывается улучшением внешнего вида.

Основные детали корпуса (панели, боковины, решетки) могут соединяться сваркой или быть сборными.

Цельносварная конструкция корпуса технологичнее, но затрудняет получение эстетичной формы. Более гибкой в этом отношении является сборно-сварная конструкция, а наибольшие возможности цветовых сочетаний предоставляет полностью сборный корпус.

**Регулирующие устройства.** Наиболее простое — ступенчатое регулирование мощности электроконвектора осуществляется вручную переключателем или отдельными выключателями. Нагревательные элементы образуют здесь самостоятельные секции, включаемые параллельно, последовательно или смешанным соединением.

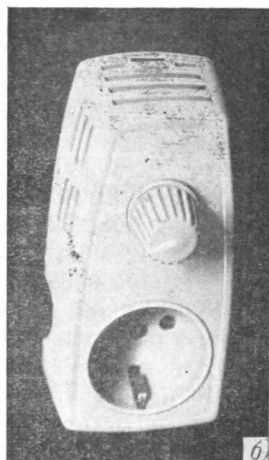
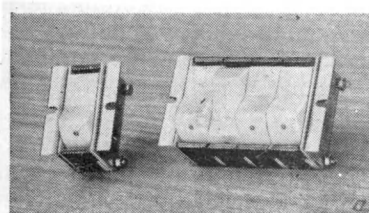


Рис. 4. Регулирующие устройства электроотопительных приборов.

*а* — секционные клавишные выключатели типа ВК-11-19; *б* — выносные терморегуляторы для автоматического поддержания температуры помещения.

В первых отечественных электроконвекторах применяли четырехпозиционный поворотный переключатель ПМ-4 с соотношением мощностей на отдельных ступенях нагрева 1:2:4, более пригодный для приборов электропищеприготовления. В отопительных приборах, где желательно равномерное распределение мощности по ступеням, предпочтительнее тумблерные или клавишные выключатели на каждую ступень. Разработана специально для электроотопительных приборов серия клавишных выключателей ВК-11-19. Унифицированными элементами являются здесь отдельные секции клавиши из термостойкой пластмассы с внутренним механизмом и две щеки для сборки и крепления. Единственным варьируемым элементом являются две шпильки, которые стягива-

ют в один набор от одной до пяти клавиш. Собранный секционный выключатель (рис. 4,а) крепится изнутри к краям прямоугольного отверстия в корпусе. Клавишные выключатели удобны в эксплуатации, так как перемещаются с небольшим усилием, и более долговечны, чем переключатели, у которых переход от одной мощности к другой осуществляется через все промежуточные фиксированные положения, что ускоряет износ контактов. Наряду с независимым управлением отдельными секциями нагревателя возможны также схемы клавишных выключателей, где каждая клавиша включает всю цепь, соответствующую данной ступени нагрева.

При сложном и дорогом нагревательном элементе (например, оребренном) может оказаться выгоднее ручное бесступенчатое регулирование мощности. В этом случае обычно используется биметаллический датчик температуры корпуса или выходящего воздуха, имеющий возможность перемещаться в зоне переменной температуры. На максимальной установке датчик выведен из горячей зоны, и электроконвектор работает, не отключаясь, на полную мощность. Для перехода к меньшим уставкам датчик перемещают в более горячую область, где он будет отключать прибор, а после остывания вновь его включать. Электроконвекторы дачного типа (ЭОБ и ЭЗБ, табл. 1) работают в циклическом режиме, характеризующемся средней мощностью, пропорциональной продолжительности включения:

$$P_{\text{ср}} = \frac{\tau}{\tau_0} P_0,$$

где  $P_0$  — номинальная мощность электроконвектора;  $\tau$  — время его нахождения во включенном состоянии;  $\tau_0$  — общее время цикла (между двумя смежными включениями).

По ГОСТ 18476-73 средняя мощность электроконвекторов типов ЭОБ и ЭЗБ на минимальной уставке должна быть не более половины номинальной. По принятой терминологии описанное устройство называется регулятором мощности. На его шкалу наносятся номера позиций между максимальной и минимальной уставками, а также указатели «Больше» и «Меньше». При малой тепловой инерции во избежание радиопомех можно ввести промежуточный инерционный элемент, снижающий частоту срабатывания термодатчика до приемлемого

по нормам значения (например, чехол вокруг датчика, уменьшающий теплообмен с потоком воздуха).

Наиболее совершенным для всех электроотопительных приборов является автоматическое регулирование по температуре помещения. Соответствующее устройство называется терморегулятором и устанавливается либо на входе холодного воздуха, либо отдельно от прибора (рис. 4,б). Не всегда удается полностью защитить чувствительный элемент от теплового воздействия самого электроконвектора, поэтому ГОСТ 18476-73 предусматривает в приборах с терморегулятором (типы ЭОТ, ЭЗТ) обязательный вынос этого устройства. В стационарных системах рекомендуется устанавливать терморегулятор на высоте 1,5 м на наиболее удаленной от нагревательных приборов стене. Для переносных приборов достаточно установить терморегулятор в зоне штепсельной розетки.

Наиболее простым решением является сочетание на терморегуляторе штырей для сетевой розетки и гнезд для включения отопительного прибора. В общем случае электроконвектор может иметь как терморегулятор, так и переключатель мощности, позволяющий избежать частого срабатывания контактов. Электрическая схема подобного прибора (рис. 5) характерна для многих видов БЭОП.

Терморегуляторы эффективны лишь при высокой их чувствительности, так как человек ощущает изменение температуры даже на один градус. Санитарные нормы в СССР допускают изменение температуры жилого помещения в течение суток в пределах  $3^{\circ}\text{C}$  при средней температуре примерно  $20^{\circ}\text{C}$  (с отклонениями в зависимости от климатической зоны). По ГОСТ 18476-73 терморегулятор должен иметь шкалу от  $+10$  до  $+30^{\circ}\text{C}$  и точность поддержания температуры  $\pm 1,5^{\circ}\text{C}$ . Чувствительным элементом терморегулятора могут быть биметаллическая пластина, полупроводник с необходимым температурным коэффициентом сопротивления, а также тер-

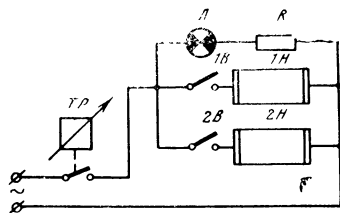


Рис. 5. Электрическая схема электроконвектора с выносным терморегулятором и ступенчатым регулированием мощности. 1Н, 2Н — нагреватели; 1В, 2В — выключатели; ТР — терморегулятор; Л — сигнальная лампа; R — резистор.



мобаллон, заполненный жидкостью с большим коэффициентом линейного расширения. Ввиду возможности частых включений, создающих радиопомехи, терморегулятор снабжается механизмом мгновенного срабатывания, аналогичным применяемому в электроутюгах [Л. 2].

Некоторые модели электроконвекторов оснащаются аварийным регулятором — термоограничителем, обычно биметаллическим, отключающим прибор при его перегреве в результате неправильной эксплуатации, например при закрывании выходных отверстий или опрокидывании в горизонтальное положение. Как показали эксперименты ВНИИЭТО на отечественных электроконвекторах «Комфорт» и «Салют», при правильной конструкции прибора в таких случаях не возникает пожароопасной ситуации, но внешний вид прибора может ухудшиться из-за деформации отдельных деталей и обгорания краски. По ГОСТ 18476-73 наличие термоограничителя не обязательно; проверяется лишь безопасность при неправильной эксплуатации. Тем не менее термоограничитель создает дополнительное удобство потребителю и может оправдать некоторое усложнение конструкции и увеличение стоимости, если место его установки выбрано с учетом всех возможных аварийных ситуаций.

**Дополнительные устройства.** Для удобства при эксплуатации электроконвекторы могут иметь ряд устройств и приспособлений. Одним из них является сигнальная лампа, указывающая на включение прибора. Она особенно полезна в стационарных моделях, в которых некоторые фирмы предусматривают две-три степени накала, зависящие от изменяемой мощности прибора.

Другим удобным приспособлением может служить планка для сушки мелких вещей, часто предусматриваемая в настенных электроконвекторах. Она выполняется из прутка или полосы и крепится параллельно корпусу на некотором расстоянии, не закрывая выход воздуха. Сушка осуществляется в основном путем инфракрасного излучения нагретой стенки корпуса.

В некоторых моделях в потоке выходящего воздуха размещают ванночку или сосуд с водой для увлажнения воздуха помещения, однако это устройство не должно заметно повышать гидравлического сопротивления электроконвектора.

### 3. СОВРЕМЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УРОВЕНЬ ЭЛЕКТРОКОНВЕКТОРОВ

Технические характеристики современных электроконвекторов приведены в табл. 2.

**Зарубежные электроконвекторы.** Плинтусные электроконвекторы фирмы American—Standard являются типичными приборами полного и прямого электроотопления. Они выпускаются в широком ассортименте (три серии, 14 моделей) комплектно с выносными терморегуляторами. Все модели одной серии имеют одинаковую высоту

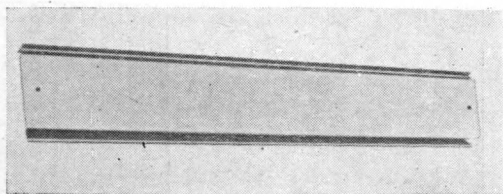


Рис. 6. Плинтусный электроконвектор (Франция).

(до 200 мм) и глубину (до 76 мм). Длина прибора пропорциональна мощности и составляет примерно 1 м/кВт. Серии отличаются по внешнему виду и конструкцией нагревательных элементов (оребранный ТЭН, нихромовая лента или спираль). Гарантийный срок нагревателя 5 лет. Аналогичны по техническому уровню плинтусные электроконвекторы американских фирм Wiegand (три серии, 11 моделей), Robbins and Myers (шесть моделей), Bryant (4 модели). Покупателю предоставляется возможность приобрести унифицированный набор плинтусных электроконвекторов для любой отапливаемой площади, в котором имеются специальные угловые и стыковочные секции, а также секции с приборами управления и контроля. В Англии плинтусные электроконвекторы выпускают фирмы Dimplex (две настенные и две напольные модели мощностью 0,3 и 0,5 кВт) и Frost (1 кВт). Во Франции современные модели плинтусных электроконвекторов выпускают фирмы Applimo (1 и 1,5 кВт), ERO (0,6 и 0,8 кВт, рис. 6) и Noirot; ассортимент последней особенно обширен и включает две серии и 15 моделей.

Технические характеристики электроконвекторов

Изготовитель	Модель	Мощность, кВт	Исполнение	Габариты (длина×высота×глубина), мм	Устройство и ступени регулирования	Масса, кг	Прочие данные
США: American—Standard  Robbins and Myers Wiegand  Bryant	„Economy“	0,75—2,0	Пл	(915—2440)× ×203×76	Термоограничитель и терморегулятор в от- дельной секции	4,54—9,53	Ребристый нагрева- тель; внутри—спираль в керамике
	„Standard“	0,75—2,0	Пл	(915—2440)× ×178×51	То же	5,19—14,5	Плоский нагреватель; внутри—цихром зигза- гом
	„Deluxe“	0,84—2,84	Пл	(915—2750)× ×182×51	„ „	5,9—17,2	Грубчатый нагрева- тель со спиральным срединением
	HB50—HB100	0,5—1,0	Пл	(810—1220)× ×162×57	„ „	5,1—7,0	„Ячеистый“ нагрева- тельный элемент
	„Chromalox BB“	0,5—1,0	Пл	(915—1220)× ×152×71	„ „	5,9—6,8	Оребренный нагрева- тельный элемент „Сиг- налох“
	51813—51873	0,75—1,0	Пл	(915—1830)× ×152×64	Встроенный терморегулятор	5,9—11,4	Грубчатый нагрева- тель с прямоугольными ребрами
Франция: Applimo ERO	PLCA DP160—DP280	0,5—0,75 0,6—0,8	Пл Пл	(1000—1500)× ×140×40 1000×175×45	Выносной терморегулятор То же	5,0—6,0 5,0	Закрытый нагрева- тельный элемент —
	„Camargue“ „Roussillon“	0,5—2,0 1—3,0	С П	(510—760)× ×350×90 (680—850)× ×415×115	Встроенный терморегулятор То же или переключатель	7,0—10,0 6—9,0	Закрытый нагрева- тельный элемент —
Noirot	Серия 1450	1—3,0	П	(680—850)× ×415×115	То же или переключатель	6—9,0	—
	Extra-Plat 250	0,3—1,0 1,0—3,0	Пл С	(500—1300) ×165×55 (470—930)× ×350×95	Выносной терморегулятор То же и двухклавишный выключатель	— —	Закрытый нагрева- тельный элемент Глянцевый нагреватель- ный элемент. Отделка под дерево

Продолжение табл. 2

Изготовитель	Модель	Мощность, кВт	Исполнение	Габариты (длина × высота × глубина), мм	Устройство и ступени регулирования	Масса, кг	Прочие данные
Brunner	BB1500—BB3000	1,5—3,0	П	(505—620) × 650 × 200	Переключатель. У модели 3 кВт—терморегулятор	11,0—14,5	Передвижной на роликах
Calor	—	3,0	П	540 × 460 × 100	Переключатель (1; 2; 3 кВт)	—	Спираль на керамических планках
Англия: EKCO	—	2,0	П	670 × 570 × 125	Переключатель (1; 2 кВт)	10,0	Спираль на планках между экранами
Lesser	C22TW	2—2,5	С	845 × 430 × 115	Терморегулятор	—	Модель с улучшенной отделкой
Brevo	—	2—3,0	С	(720—890) × 380 × 83	То же	—	—
Morphy-Richards	—	1,5	СП	711 × 508 × 165	Переключатель (три ступени)	—	—
	„Sheerline“	2,0	П	476 × 552 × 203	Встроенный терморегулятор	16,8	Сигнальная лампа
ФРГ: AEG	FKV-20	2,0	С	640 × 490 × 100	Переключатель, терморегулятор	7,5	Планка для сушки вещей
Stiebel Eltron EHT	CON-20	2,0	С	800 × 500 × 70	Встроенный терморегулятор	—	То же
	—	2,0	П	525 × 390 × 90	Переключатель (0,5; 1,0; 2,0 кВт)	7,0	Спираль в керамике внутри набора металлических пластин
Steba	2007	2,0	П	665 × 240 × 130	Переключатель, терморегулятор	6,3	ТЭН, сигнальная лампа
Neckermann	0,14/346	1,0	Пл	1400 × 255 × 55	Встроенный терморегулятор	—	Сигнальная лампа
	010/278	2,0	П	415 × 610 × 170	Переключатель (0,8; 1,2; 2 кВт)	—	Красная лампа под света
	011/770	1,0	С	900 × 230 × 100	Встроенный терморегулятор	—	Сигнальная лампа

Изготовитель	Модель	Мощность, кВт	Исполнение <sup>1</sup>	Габариты (длина×высота×глубина), мм	Устройство и ступени регулирования	Масса, кг	Прочие данные
Норвегия, NDS Elektra	—	0,6—1,0	С	(475—800)× 350×40	Переключатель (шесть ступеней мощности)	6	Спираль в керамических оусах, зажатых между экранами
Италия, Fr. Onofri	—	2,0	П	645×495×100	Переключатель (пять ступеней мощности)	—	Роликовая опора. Увлажнитель
Швейцария, Accum	1253—1255	1,2—2,0	П	(470—670)× 470×90	Переключатель (три ступени мощности)	3,7—5,0	Алюминиевый корпус
Швеция, Bohlín Hiesson	—	0,5—1,5	С	(710—1910)× 190×35	Терморегулятор на выходе воздуха	3,2—8,4	—
СССР	„Огонек“	1,25	П	670×454×160	Переключатель (0,312; 0,625; 1,25 кВт)	5,7	Термоограничитель
	„Комфорт“	1,25	П	660×410×120	Переключатель (0,625; 1,25 кВт)	5,2	Сигнальная лампа. Декоративные панели из алюминия
	„Поток-ЗН“	1,25	П	586×425×145	То же	6,0	Роликовая опора
	„Салют“	1,25	СП	600×420×110	„ „	5,0	Приспособление для навески на стену и сушки мелких вещей

<sup>1</sup> Пд—плитусный; С—настенный; П—напольный; СП—настенно-напольный.

Стационарные электроконвекторы чаще выпускаются в настенном исполнении (рис. 7), причем приборы, предназначенные для кухонь и ванных комнат, нередко снабжаются планкой для сушки мелких вещей. Примером современной конструкции подобного рода может служить модель FKV 20 фирмы AEG, имеющая прямоугольный корпус, выходную решетку на передней панели, пятипозиционный переключатель и встроенный терморегулятор со шкалой от  $+5$  до  $+40^{\circ}\text{C}$ . Покупателю предоставляется выбор двух цветов окраски.

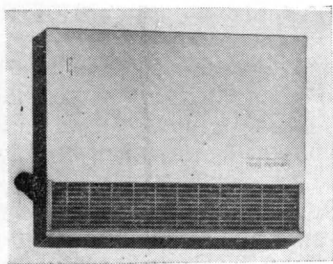


Рис. 7. Настенный электроконвектор (Франция).

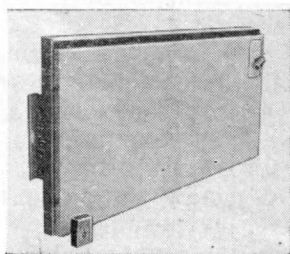


Рис. 8. Настенный электроконвектор (Норвегия).

Строгую, плоскую прямоугольную форму имеет также новый настенный электроконвектор фирмы NDS-Elektra (рис. 8). В отличие от моделей для вспомогательных помещений, обычно окрашиваемых в светлые тона, настенные электроконвекторы для жилых помещений имеют более разнообразную отделку. Модели фирм Applimo, PRL, и Neckermann отделаны под ценные породы дерева, фирма Lesser помимо этого выполнила в своей модели C22T мощностью 2 кВт переднюю панель с решеткой под старинную бронзу.

Весьма разнообразны переносные электроконвекторы, выпускаемые многими европейскими фирмами. Модель 671 фирмы Calog имеет двусторонний вход и выход воздуха, а также удобную откидную ручку переноса. Оригинальную передвижную модель KG7 мощностью 2 кВт предложила фирма Inventum. С одной стороны прибор имеет два ролика, а с противоположного торца корпуса — ручку. Прибор легко перемещается подобно тачке, а при опускании на пол фиксируется неподвижной опло-

рой. Переключателем можно установить половинную мощность. Усовершенствованная модель КГ72 той же фирмы имеет четырехпозиционный переключатель и контрольную лампу. Швейцарская фирма Ассит значительно уменьшила массу своей новой переносной модели за счет применения алюминиевого корпуса. Фирма ЕНТ разместила спираль в бусах внутри наборных пластин с эффективным отводом тепла.

В современных переносных моделях преобладает прямоугольная форма, особенно у моделей французских фирм ERO (серия «Roussillon»), Damelec (серия TC) и PRL (серия «Esterel») с диапазоном мощностей от 1 до 3 кВт.

Наряду с традиционным разделением моделей на напольные и настенные недавно появились электроконвекторы в комбинированном настенно-напольном исполнении, например модели, выпущенные английскими фирмами Lesser и Brevo.

В целом, как видно из табл. 2, современные зарубежные электроконвекторы выпускаются либо унифицированными сериями с большим диапазоном мощностей, либо одиночными моделями мощностью примерно 2 кВт и оснащаются многоступенчатыми переключателями или бесступенчатыми регуляторами мощности, терморегуляторами и сигнальными лампами. Модели, предназначенные для небольших помещений (например, ванных комнат), имеют встроенный терморегулятор на входе холодного воздуха; для больших помещений обычно используется выносной терморегулятор. На случай неправильной эксплуатации в некоторых моделях предусматривается термоограничитель. Рекламируются также приборы, автоматически включающиеся при температуре помещения, равной нижнему допустимому пределу 5—8°C.

**Отечественные электроконвекторы.** В течение последних лет промышленностью выпускаются переносные модели «Огонек» и «Комфорт», а с 1973 г. — «Поток-ЗН» и «Салют». Все четыре прибора относятся к типу ЭОС-1,25/220 с открытой спиралью и двумя ступенями нагрева. Две последние модели показаны на рис. 9, 10. Приборы различаются внешним видом и дополнительными устройствами: термоограничителем («Огонек»), сигнальной лампой («Комфорт»), роликовой опорой («Поток-ЗН»), приспособлениями для сушки мелких вещей («Салют»). Конструкция последнего интересна так-

же универсальностью установки, допускающей не только напольное, но и настенное положение прибора за счет незначительной перестановки прилагаемых деталей.

Дальнейшее повышение технического уровня отечественных электроконвекторов должно происходить за счет разработки и выпуска унифицированных серий во всем

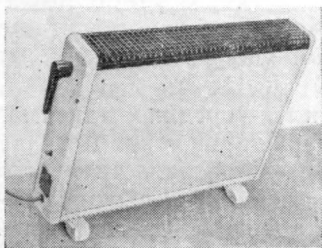


Рис. 9. Передвижной электроконвектор «Поток-ЗН».

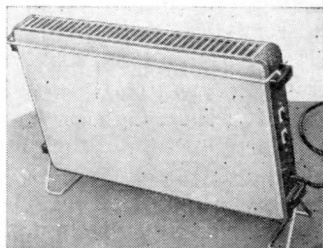


Рис. 10. Настенно-напольный электроконвектор «Салют».

диапазоне типовых мощностей, повышения надежности нагревательных элементов, улучшения внешнего вида, введения терморегуляторов и увеличения оснащённости дополнительными устройствами.

#### 4. РАСЧЕТ ЭЛЕКТРОКОНВЕКТОРА

##### а) Расчет нагревателя электроконвектора

**Открытая спираль.** В общем случае для удобства регулирования прибор имеет  $z$  параллельных ветвей спирали, и расчет ведут для отдельной  $i$ -й ветви, где  $1 \leq i \leq z$ .

Уравнение, связывающее электрические и геометрические параметры нагревателя, имеет следующий вид:

$$U^2/P_{0i} = R_i = 4\rho_t L_i / (\pi d_{\text{пр}}^2), \quad (1)$$

где  $P_{0i}$ ,  $U$  — номинальные значения мощности ветви спирали, Вт, и напряжения сети, В;  $R_i$  — активное сопротивление ветви, Ом;  $\rho_t$  — удельное сопротивление материала проволоки при рабочей температуре, Ом·м;  $d_{\text{пр}}$ ,  $L_i$  — диаметр и длина проволоки, м.

Другой исходной зависимостью является уравнение конвективного теплообмена (основного для данного клас-



са электроотопительных приборов):

$$\eta_k P_{0i} = \alpha_k F_{\text{пр}} (t_{\text{пр.ср}} - t_{\text{ср}}) = 0,5 \pi \lambda_{\text{ср}} L_i (t_{\text{пр.ср}} - t_{\text{ср}}), \quad (2)$$

где  $\eta_k = 0,7 \div 0,85$  — доля внутренней конвекции в общем балансе тепла (принято, что все конвективное тепло передается воздуху от спирали);  $\alpha_k = 0,5 \lambda_{\text{ср}} / d_{\text{пр}}$  — коэффициент теплоотдачи свободной конвекцией для тонкой проволоки ( $d_{\text{пр}} < 1$  мм) при наименее эффективном пленочном режиме [Л. 3];  $\lambda_{\text{ср}}$  — теплопроводность воздуха, Вт/(м·°С), при средней температуре пленки  $t_{\text{пл.ср}} = 0,5 (t_{\text{пл.ср}} + t_{\text{ср}})$ ;  $t_{\text{пр.ср}} = 0,5 (t_{\text{пр.макс}} + t_{\text{пр.мин}})$ ;  $t_{\text{ср}} = 0,5 (t_1 + t_2)$ ,  $t_{\text{пр.макс}}$ ,  $t_{\text{пр.мин}}$ ,  $t_2$  и  $t_1$  — средние, максимальные и минимальные температуры проволоки и воздуха в зоне нагрева, °С;  $F_{\text{пр}} = \pi d_{\text{пр}} L_i$  — поверхность проволоки, м<sup>2</sup>.

В предположении  $t_{\text{пр.ср}} - t_{\text{ср}} \approx t_{\text{пр.макс}} - t_2$ , достоверном при характерных малых перепадах температур в бытовых электроконвекторах, получим путем решения уравнений (1) и (2) диаметр проволоки спирали нагревателя:

$$d_{\text{пр}} = 0,9 \frac{P_{0i}}{U} \sqrt{\frac{\rho_t \eta_k}{\lambda_{\text{ср}} (t_{\text{пр.макс}} - t_2)}}. \quad (3)$$

Для предварительных расчетов можно принимать  $t_1 = 20^\circ\text{С}$ ,  $t_2 = 100^\circ\text{С}$ ,  $t_{\text{пр.макс}} = 500^\circ\text{С}$ , чему соответствует  $t_{\text{ср}} = 60^\circ\text{С}$ ,  $t_{\text{пр.ср}} = 60 + (500 - 100) = 460^\circ\text{С}$ ,  $t_{\text{пл.ср}} = 0,5 (460 + 60) = 260^\circ\text{С}$  и  $\lambda_{\text{ср}} = 43,5 \cdot 10^{-3}$  Вт/(м·°С). После подстановки в (3) получим для осредненного значения  $\eta_k = 0,5 (0,7 + 0,85) = 0,775$ :

$$d_{\text{пр}} = 0,9 \frac{P_{0i}}{U} \sqrt{\frac{0,775 \rho_{460}}{43,5 \cdot 10^{-3} (500 - 100)}} = 0,19 \sqrt{\rho_{460}} \frac{P_{0i}}{U}. \quad (3a)$$

В условиях электроконвектора теплообмен более эффективен, чем при пленочном режиме, и расчет по (3) и (3a) на 10—15% завышает  $d_{\text{пр}}$ .

Округлив  $d_{\text{пр}}$  до стандартного значения  $d_{\text{пр.ст}}$ , найдем скорректированную длину  $i$ -й ветви спирали нагревателя из формулы (1):

$$L_i = \pi d_{\text{пр.ст}}^2 U^2 / 4 \rho_t P_{0i}.$$

Изменившуюся в результате корректировки максимальную температуру проволоки  $t'_{\text{пр.макс}}$  можно получить из (3), пренебрегая изменением  $\rho_t$  и  $\lambda_{\text{ср}}$ :

$$t'_{\text{пр.макс}} = t_2 + (t_{\text{пр.макс}} - t_2) (d_{\text{пр}} / d_{\text{пр.ст}})^2.$$

Далее следует наметить компоновку спирали в электроконвекторе, руководствуясь в первом приближении значениями относительного шага навивки спирали  $s_1/d_{\text{пр}}=3\div 4$ , относительного диаметра витка  $D_{\text{в}}/d_{\text{пр}}=10\div 15$  и относительного расстояния между осями отдельных спиралей  $s_2/D_{\text{в}}=2\div 3$ . Дальнейшее сближение витков или спиралей в нагревателях существенно повышает температуру проволоки из-за взаимного облучения. Число горизонтальных участков спирали определяется желательной длиной прибора, а число вертикальных рядов — желательной шириной.

На основании опыта конструирования электроконвекторов во ВНИИЭТО можно рекомендовать следующее соотношение между номинальной мощностью прибора  $P_0$  и числом вертикальных рядов спирали нагревателя  $z_1$ :

$P_0$ , кВт . . . . .	0,5—0,8	1,0; 1,25	1,6; 2,0
$z_1$ . . . . .	1	2	3

Обычно вертикальные ряды спиралей соединяются между собой параллельно.

Число горизонтальных участков спирали в пределах одной ее ветви длиной  $L_1$  можно найти из соотношения

$$z_z = \frac{L_1 s_1}{\pi D_{\text{в}} l_{\text{н}}} = \frac{L_1 (s_1/d_{\text{пр}})}{\pi (D_{\text{в}}/d_{\text{пр}}) l_{\text{н}}}, \quad (4)$$

где длина нагревателя  $l_{\text{н}}$  может предварительно приниматься в пределах 0,4—0,5 м для мощностей 0,5—1,25 кВт и 0,6—0,7 м для мощностей 1,6 и 2 кВт. При расчете  $z_z$  отношения  $s_1/d_{\text{пр}}$  и  $D_{\text{в}}/d_{\text{пр}}$  вначале принимаются средними из рекомендованных выше значений.

Найденное по (4) значение  $z_z$  округляется до целого числа, после чего производится окончательная корректировка параметров спирали. Расстояние от крайних спиралей до стенок корпуса или экранов рекомендуется выбирать равным 8—10 мм, так как спирали со временем немного провисают и при слишком малых зазорах могут коснуться корпуса при случайном встряхивании или опрокидывании прибора.

Ширина нагревателя вычисляется по формуле

$$b_{\text{н}} \approx (2\div 3) D_{\text{отв}} (z_1 - 1) + D_{\text{отв}} + 0,02 \text{ м}, \quad (5)$$

где меньшие значения относятся к шахматному расположению нагревателя, а большие — к коридорному (рис. 11);  $D_{\text{отв}} \approx D_{\text{в}} + d_{\text{пр}} + 0,001 \text{ м}$  — диаметр отверстий под спираль.

Окончательный выбор значений  $l_n$  и  $b_n$  производится после излагаемого ниже теплового и аэродинамического расчета электроконвектора, а также с учетом технико-экономических и эстетических соображений.

**Трубчатый электронагреватель (ТЭН).** При проектировании ТЭН главным параметром является температура оболочки нагревателя  $t_n$ , которая зависит от удельной

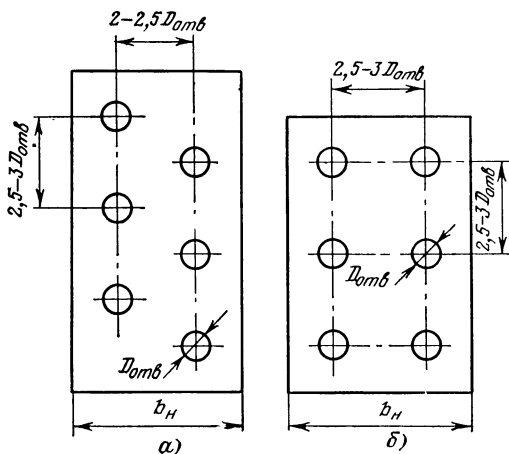


Рис. 11. Разбивка отверстий в изолирующих планках электроконвектора.

*a* — шахматная; *б* — коридорная.

поверхностной мощности  $W_n$ , Вт/м<sup>2</sup> и условий теплоотдачи. Запишем уравнение баланса тепла для  $i$ -го ТЭН при  $z$  параллельных ветвях:

$$\eta_k P_{0i} = \alpha_k F_{ni} (t_{n.c.p} - t_{cp}),$$

откуда

$$W_n = \frac{P_{0i}}{F_{ni}} = \frac{\alpha_k}{\eta_k} (t_{n.c.p} - t_{cp}),$$

где  $F_{ni}$  — активная поверхность  $i$ -го ТЭН;  $t_{n.c.p}$  — средняя температура ТЭН, °С. Далее вычислим произведение критериев Грасгофа и Прандтля  $GrPr$ , обуславливающее вид зависимости для  $\alpha_k$ . Характерными в бытовых электроконвекторах являются температуры  $t_{cp} = 60^\circ\text{C}$  и  $t_{n.c.p} = 400^\circ\text{C}$ . Разность указанных средних температур составит:

$$\Delta t_n = 400 - 60 = 340^\circ\text{C},$$

При этом определяющая температура воздуха составит  $t_{\text{опр}} = 0,5(t_{\text{н.ср}} + t_{\text{ср}}) = 230^\circ\text{C}$ . По [Л. 5] имеем:

$$(\text{GrPr})_{230} = 0,094 \cdot 10^8 d_{\text{н}} \Delta t_{\text{н}} = (1,64 \div 7,04) \cdot 10^3,$$

где  $d_{\text{н}} = 0,008 \div 0,013$  м — целесообразные для бытовых приборов пределы стандартных значений диаметров ТЭН по ГОСТ 13268-67.

В данном диапазоне чисел GrPr действительна расчетная формула вида  $\alpha_{\text{к}} = A(\Delta t_{\text{н}}/d_{\text{н}})^{0,25}$ , где  $A$  — табличный коэффициент, незначительно изменяющийся в интервале температур воздуха  $20\text{—}100^\circ\text{C}$  [Л. 5]. При средней температуре  $t_{\text{ср}} = 60^\circ\text{C}$  имеем  $A = 1,13$ . Преобразовав формулу, окончательно получим для среднего значения  $\eta_{\text{к}}$ :

$$W_{\text{н}} = 1,7 \Delta t_{\text{н}}^{1,25} d_{\text{н}}^{-0,25}, \text{ Вт/м}^2.$$

При расчете на максимальную температуру нагревателя  $t_{\text{н.макс}}$  будем, как и раньше, предполагать  $t_{\text{н.ср}} - t_{\text{ср}} = \Delta t_{\text{н}} \approx t_{\text{н.макс}} - t_{\text{з}}$ , тогда

$$W_{\text{н}} = 1,7 (t_{\text{н.макс}} - t_{\text{з}})^{1,25} d_{\text{н}}^{-0,25}, \text{ Вт/м}^2. \quad (6)$$

Сопоставим результаты вычислений по формуле (6) с известной экспериментальной зависимостью Г. Р. Миндина [Л. 6], применив для ТЭН диаметром  $d_{\text{н}} = 12$  мм, помещенного в спокойную воздушную среду неограниченного объема с температурой  $t_{\text{з}} = 100^\circ\text{C}$ .

Тогда

$$W_{\text{н}} = 1,7 (t_{\text{н.макс}} - 100) 0,012^{-0,25} = 5,12 (t_{\text{н.макс}} - 100)^{1,25}. \quad (6a)$$

Как видно из сопоставления кривых на рис. 12, при одинаковых нагрузках  $W_{\text{н}}$  температура нагревателя  $t_{\text{н}}$  выше в условиях конвектора вследствие более высокой температуры воздуха и меньшей доли теплоотдачи излучением. Кривая Г. Р. Миндина дает в этих условиях заниженные значения  $t_{\text{н}}$ , и пользование ею здесь нецелесообразно.

Активная длина, м,  $i$ -го ТЭН с мощностью  $P_{0i}$  составит с учетом (10)

$$l_i = P_{0i} / \pi d_{\text{н}} W_{\text{н}} = 0,188 P_{0i} / d_{\text{н}}^{0,75} \Delta t_{\text{н}}^{1,25}. \quad (7)$$

Расчет спирали ТЭН, имеющего параметры  $P_{0i}$ ,  $d_{\text{н}}$  и  $l_i$ , отличается от обычного расчета открытой спирали

учетом технологических факторов (удлинение трубки и уменьшение ее диаметра, деформация витков спирали при обжатии и изменение ее сопротивления, изменение зазора между витками спирали и между спиралью и трубкой). Методика данного расчета детально изложена в [Л. 6] вместе с графоаналитическим способом определения перепада температур между оболочкой и спиралью, зависящего от параметров спирали и удельного теплового потока на единицу длины ТЭН  $q_l = P_{0i}/l_i = \pi d_n W_n$ .

В бытовых электроконвекторах обычно избегают применять дефицитные материалы оболочки и наполнителя ТЭН, принимая  $t_{н.макс} \leq 450 \div 500^\circ\text{C}$ . При этом можно использовать стали марок 10 и 20 по ГОСТ 1050-60, а также периклаз 2-го класса по ГОСТ 13236-67. При указанных температурах оболочки и сравнительно низких удельных тепловых потоках, характерных для ТЭН в электроконвекторах, температура спирали, как правило, существенно меньше допустимой ( $700\text{--}900^\circ\text{C}$ ).

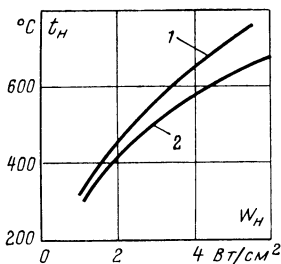


Рис. 12. Зависимость температуры на оболочке ТЭН  $t_n$  от удельной поверхностной мощности  $W_n$ .

1 — в условиях электроконвектора по формуле (6а);  
2 — в помещении с неограниченным объемом по опытам Г. Р. Миндина [Л. 6].

Жаростойкие покрытия позволяют повысить температуру оболочки из углеродистой стали до  $700^\circ\text{C}$  [Л. 7]. Радикальным средством является также оребрение, которое понижает температуру по сравнению с температурой гладкого ТЭН. Это улучшает гигиеничность прибора. Расчет оребренных труб применительно к водяным конвекторам приведен в [Л. 8], обобщенные данные по компактным ребристым теплообменникам — в [Л. 9].

**Прочие нагревательные элементы.** Недостаточные удельные мощности ТЭН в электроконвекторах и сложность оребренных конструкций обуславливают интерес к плоским нагревательным элементам, особенно для стационарных приборов. Это, например, нагреватели с запрессованной спиралью (типа «Chromalox») или без нее — с открытыми низкотемпературными сопротивлениями в виде фольги, напыления, проводящей пластмассы, графитизированного волокна, тканых элементов и т. п. В этой области зарегистрировано много

интересных патентов, внедрение которых зависит от возможности организовать массовое производство при умеренной стоимости.

#### б) Тепловой и аэродинамический расчет электроконвектора

Определив по методике § 4,а предварительные габаритные размеры нагревателя  $l_n$  и  $b_n$ , приступают к вычислению внутренних размеров корпуса электроконвектора. Длину корпуса  $l$  выбирают обычно больше длины нагревателя  $l_n$  на 50—100 мм, в основном из-за переключателя и клеммной коробки. Ширина корпуса выбирается по конструктивным соображениям; как правило, она превышает  $b_n$  на 12—14 мм в основном для обеспечения зазора между экраном и корпусом.

Наиболее важным является определение высоты корпуса  $h$ , от которой зависят тяга электроконвектора, расход воздуха и его температура на выходе. Расчетной служит высота  $h_0$  — от середины нагревателя до выходного сечения (рис. 13). Полную высоту корпуса  $h$  выбирают больше расчетной высоты на 80—120 мм. Основным параметром, нормируемым в ГОСТ 18476-73, является температура выходящего воздуха, поэтому цель расчета состоит в установлении зависимости между этой температурой и остальными конструктивными и физическими параметрами прибора. Заметим, что более высокая температура воздуха при неизменной электрической мощности электроконвектора является отрицательным фактором, свидетельствующим об уменьшении расхода воздуха, увеличении температуры нагревателя и снижении конвективной составляющей теплоотдачи.

При установившемся режиме параметры электроконвектора связаны между собой рядом уравнений. Общий тепловой поток  $P_0$ , эквивалентный номинальной электрической мощности прибора, можно представить как сумму отдельных составляющих потоков, которые осуществляют нагрев воздуха внутри прибора путем свободной конвек-

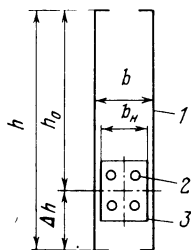


Рис. 13. Расчетная схема электроконвектора.

1 — корпус; 2 — нагреватель; 3 — экран.

ции  $\dot{P}_K$ , нагрев воздуха при его соприкосновении с внешней поверхностью корпуса путем свободной конвекции  $\Delta P_K$ , нагревание ограждений от излучения поверхности  $\Delta P_{л.п}$  и от излучения нагревателя через отверстия в корпусе  $\Delta P_{л.н}$ . Уравнение общего баланса тепла имеет вид:

$$P_0 = P_K + \Delta P_K + \Delta P_{л.п} + \Delta P_{л.н}. \quad (8)$$

Нагрев воздуха путем свободной конвекции в электроконвекторе

$$P_K = G c_p (t_2 - t_1) = G c_p \Delta t, \text{ Вт}, \quad (9)$$

где  $G$  — расход воздуха через прибор, кг/с;  $t_1$  и  $t_2$  — осредненные по сечению температуры воздуха на входе и выходе, °С;  $c_p$  — средняя удельная теплоемкость воздуха в интервале  $\Delta t = t_2 - t_1$ , Дж/(кг·°С).

Составим уравнение баланса напора для входного и выходного участков конвектора. После преобразований получим:

$$h_0 g (\rho_1 - \rho_2) = \Sigma \Delta H = 0,5 \zeta_{п} \rho_{ср} \omega_{ср}^2, \quad (10)$$

где  $h_0$  — расчетная высота электроконвектора, определяющая самотягу, м;  $g = 9,81 \text{ м/с}^2$  — ускорение свободного падения;  $\rho_1$  и  $\rho_2$  — плотности воздуха до и после прибора, кг/м<sup>3</sup>;  $\Sigma \Delta H$  — суммарное гидравлическое сопротивление электроконвектора;  $\rho_{ср}$  — плотность воздуха при средней температуре  $t_{ср}$ , кг/м<sup>3</sup>;  $\omega_{ср}$  — средняя скорость воздуха в незагроможденном сечении корпуса, подсчитанная по средней температуре, м/с;  $\zeta_{п} = \Sigma \Delta H / 0,5 \rho_{ср} \omega_{ср}^2$  — коэффициент гидравлического сопротивления всего прибора, в большинстве случаев равный 12—18, он зависит от сложности схемы движения воздуха.

Параметры электроконвектора, включая площадь поперечного сечения  $S$ , связаны также уравнением неразрывности:

$$G = \omega_{ср} S \rho_{ср} = \text{const} \quad (11)$$

и уравнением состояния, которое для изобарического процесса записывается:

$$\rho T \approx \text{const}. \quad (12)$$

Решая систему уравнений (9)—(12), получаем с учетом  $\Delta t = \Delta T$  следующее выражение для основного кон-

вективного потока тепла внутри прибора:

$$P_k = \theta_1 S \sqrt{h_0 / \zeta_{\text{п}}}, \text{ Вт}, \quad (13)$$

где  $\theta_1 = 6,28 \rho_1 c_p \Delta T \sqrt{T_1 \Delta T / \sqrt{(T_1 + T_2) T_2}}$  — функция температур воздуха  $T_1$  и  $T_2$ , Вт/м<sup>3,5</sup>.

Для остальных составляющих теплового потока рекомендуются нижеследующие формулы ВНИИЭТО.

Конвективный тепловой поток с внешней поверхности прибора:

$$\Delta P_k = \theta_2 (F_6 + 4,64 F_{\text{в}}), \quad (14)$$

где  $\theta_2 = 0,467 \Delta t \sqrt{\Delta t}$ , Вт/м<sup>3</sup>;  $F_6$  и  $F_{\text{в}}$  — боковая и верхняя поверхности прибора, м<sup>2</sup>.

Лучистый тепловой поток от поверхности прибора к ограждениям:

$$\Delta P_{\text{л.п}} = \theta_3 (F_6 + 2 F_{\text{в}}), \quad (15)$$

где  $\theta_3 = 2,85 \varepsilon_{\text{п}} [(T_2/100)^4 - (T_1/100)^4]$ , Вт/м<sup>2</sup>;  $\varepsilon_{\text{п}}$  — осредненная степень черноты поверхности прибора (в большинстве случаев близкая к 0,9).

Лучистый тепловой поток от нагревательного элемента к ограждениям через отверстия входной и выходной решеток

$$\Delta P_{\text{л.п}} = \theta_4 F_{\text{п}} F_0 / (F_6 + 2 F_{\text{в}} + F_0), \quad (16)$$

где  $\theta_4 = 5,7 \varepsilon_{\text{н}} [(T_{\text{н.ср}}/100)^4 - (T_1/100)^4]$ , Вт/м<sup>2</sup>;  $T_{\text{н.ср}}$  — средняя температура нагревательного элемента, К;  $F_{\text{н}}$  и  $F_0$  — поверхность нагревательного элемента и суммарная площадь отверстий, м<sup>2</sup>;  $\varepsilon_{\text{н}}$  — степень черноты нагревательного элемента.

После подстановки выражений (13) — (16) в исходное уравнение (8) получим искомую зависимость между электрическими, тепловыми, аэродинамическими и геометрическими параметрами электроконвектора:

$$\theta_1 S \sqrt{h_0 / \zeta_{\text{п}}} + \theta_2 (F_6 + 4,64 F_{\text{в}}) + \theta_3 (F_6 + 2 F_{\text{в}}) + \theta_4 F_{\text{н}} F_0 / (F_6 + 2 F_{\text{в}} + F_0) = P_0. \quad (17)$$

В зависимости от исходных условий и целей расчета решение уравнения (17) возможно в двух направлениях.

При проверочном расчете электроконвектора с принятыми геометрическими размерами  $S$ ,  $h_0$ ,  $F_6$ ,  $F_{\text{в}}$ ,  $F_{\text{н}}$  и  $F_0$ , которым будет соответствовать определенное значение

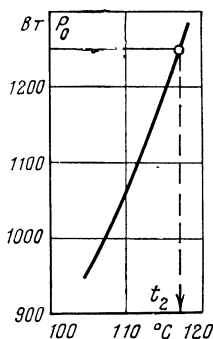


приведенного коэффициента сопротивления  $\zeta_n$ , уравнение (17) примет вид:

$$a_1\Theta_1 + a_2\Theta_2 + a_3\Theta_3 + a_4\Theta_4 = P_0, \quad (17a)$$

где ввиду известности температуры воздуха в помещении  $t_1$  параметры  $\Theta_1$ ,  $\Theta_2$  и  $\Theta_3$  будут функциями температуры выходящего из прибора воздуха  $t_2$ , а  $\Theta_4$  — функцией средней температуры нагревательного элемента, которой можно задаться из соображений надежности и в дальнейшем увязать с расчетом нагревателя. После такой операции уравнение (17a) легко решается графически относительно единственного неизвестного — температуры выходящего воздуха. Пример подобного построения показан на рис. 14 для электроконвектора мощностью 1250 Вт. При прямом эксперименте среднее значение измеренных температур оказалось на пять — семь градусов ниже, что свидетельствует о приемлемой точности и некотором запасе расчета.

Рис. 14. Графическое определение температуры выходящего воздуха по уравнению (17a).



При проектировании электроконвектора задаются предельно допустимой температурой  $t_2$ , в связи с чем все температурные функции в левой части (17) превращаются в постоянные коэффициенты, а переменными величинами становятся геометрические параметры  $S$ ,  $h_0$ ,  $F_6$ ,  $F_b$ ,  $F_n$ ,  $F_0$  и зависящий от них приведенный коэффициент гидравлического сопротивления  $\zeta_n$ . Удобнее в качестве независимых переменных оперировать с линейными размерами корпуса: высотой  $h = h_0 + 0,08 \div 0,12$  м, шириной  $b$  и длиной  $l$ .

Далее введем отношение  $F_0/2S = \varphi = 0,6 \div 0,8$ , которым можно задаваться с достаточной определенностью, принимая меньшие значения для штампованных решеток и большие — для прутковых решеток и сеток. Пренебрегая разницей между внутренними и наружными размерами корпуса ввиду относительно малой толщины стенок, получаем с учетом принятого выше:

$$S = bl; \quad h_0 = h - \Delta h; \quad F_6 = 2(b + l)h; \quad F_0 = 2\varphi bl;$$

$$F_b = (1 - \varphi)bl,$$

Поверхность нагревательного элемента  $F_n$  на данном этапе расчета может быть оценена удельной поверхностной мощностью нагревательного элемента  $W_n = P_0/F_n$ , зависящей от его типа и рабочей температуры. Для открытой спирали в электроконвекторах можно рекомендовать  $W_n \leq 2 \div 4$  Вт/см<sup>2</sup>, для ТЭН с периклазом не выше 2-го класса  $W_n \leq 1 \div 1,5$  Вт/см<sup>2</sup>.

На основании изложенного и с учетом зависимости  $\zeta_n$  от  $h$ ,  $b$  и  $l$ , которую следует определить заранее, уравнение (17) принимает вид:

$$F(h, b, l) = P_0 = \text{const}, \quad (176)$$

откуда можно найти все сочетания линейных размеров корпуса электроконвектора, обеспечивающие намеченную температуру выходящего воздуха для заданной номинальной мощности.

Окончательный выбор требует технико-экономического сравнения вариантов, однако при предварительном расчете возможны упрощения, основанные на выборе определенных соотношений между размерами корпуса.

Для предварительных расчетов можно ограничиться формулой (13), принимая  $P_k = \eta_k P_0$ , где  $\eta_k = 0,7 \div 0,85$ . Тогда уравнение (13) примет вид:

$$\Theta_1 S \sqrt{h_0/\zeta_n} = \eta_k P_0. \quad (18)$$

При проверочном расчете по (18) находят  $\Theta_1$  и связанную с ней температуру  $t_2$ , а при проектировании задаются параметрами воздуха и определяют комплекс

$$S \sqrt{h_0/\zeta_n} / \sqrt{\zeta_n} = \eta_k P_0 / \Theta_1 = \text{const}.$$

Характерным значениям  $T_1 = 293$  К и  $\Delta T = 85^\circ\text{C}$  соответствуют  $T_2 = 378$  К,  $\rho_1 = 1,205$  кг/м<sup>3</sup>,  $c_p = 1000$  Дж/(кг·°C), откуда по (18)  $\Theta = 2,02 \cdot 10^5$  Вт/м<sup>2,5</sup>.

Задавись с некоторым запасом значением  $\eta_k = 0,8$ , получим:

$$S \sqrt{h_0/\zeta_n} = 0,8 P_0 / (2,02 \cdot 10^5) \approx 4 \cdot 10^{-6} P_0, \text{ м}^{2,5}. \quad (19)$$

Коэффициент  $\zeta_n$  зависит в основном от сечения  $S$  и очень мало от высоты  $h_0$ . Следовательно, (19) имеет два независимых переменных и приводится к виду  $h_0 = f(S, P_0)$ . Для эстетически приемлемых соотношений  $l = 1,62h$  (так называемое «золотое сечение») и  $b =$

$=0,1l=0,162h$ , а также характерного для прямоточной схемы коэффициента  $\xi_n=16$  получим после подстановок  $S=bl$  и  $h_0=h-0,1$  в (19):

$$16400h^2 \sqrt{h-0,1} = P_0. \quad (20)$$

Уравнение (20) графически решается относительно  $h$ , как показано на рис. 15 для мощности 1250 Вт.

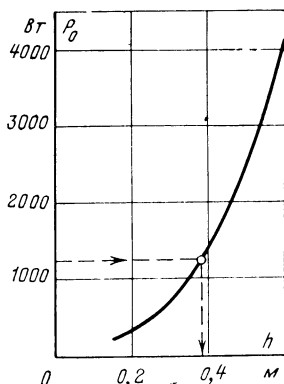


Рис. 15. Графическое определение высоты электроконвектора по уравнению (20).

Для определения подобного явления в электроконвекторе следует провести специальные (например, оптические) методы исследования.

Полученные размеры корпуса электроконвектора должны быть увязаны с размерами нагревателя. Коррекция длины может производиться за счет относительного шага спирали в пределах значений, рекомендованных для открытых спиралей [Л. 4] и для спиралей ТЭН [Л. 6]. Ширина электроконвектора выбирается на основе соотношений между  $b$ ,  $h$  и  $l$ . Однако в чрезмерно широком корпусе струя горячего воздуха не заполняет всего сечения, эффект «дымовой трубы» исчезает, и корпус сохраняет лишь роль экрана, т. е. плохо используется.

## Глава вторая

### ЭЛЕКТРОТЕПЛОВЕНТИЛЯТОРЫ

#### 5. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ ОБ ЭЛЕКТРОТЕПЛОВЕНТИЛЯТОРАХ

По ГОСТ 15047-69 электротепловентилятором называется *отопительный электроприбор с теплопередачей принудительной конвекцией*. Он сочетает функции вентилятора с нагревом струи выходящего воздуха, поэтому может использоваться не только для общего отопления помещения, как электроконвектор, но и для местного обогрева.

Особенно эффективно использование электротепловентиляторов (ЭТВ) в помещениях с теплоизоляцией без центрального отопления или в переходный период. Благодаря малой массе и небольшим габаритам прибор легко переносится. Расположенный на полу ЭТВ

создает благоприятное поле температур воздуха при полной безопасности в пожарном отношении. В то же время эксплуатация ЭТВ требует внимания: периодически следует смазывать подшипники, быстроходный агрегат чувствителен к небалансу и должен оберегаться от ударов.

Электротепловентилятор удобен для обогрева отдельных частей тела, причем в отличие от электрокамина не создает перегрева, так как температура струи на некотором расстоянии уже не высока.

Принципиальная схема ЭТВ приведена на рис. 16, а. Вентилятор 4, приводимый электродвигателем 5, засасывает воздух через входное отверстие 6 и направляет к выходному отверстию 1 в корпусе 3. Подогрев воздуха осуществляется нагревателем 2. Наклоняя

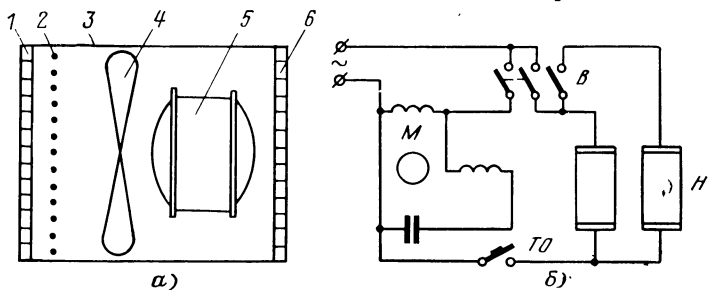


Рис. 16. Принципиальная и электрическая схемы электротепловентилятора.

*М* — двигатель вентилятора; *Н* — нагреватели; *В* — выключатели; *ТО* — термоограничитель.

корпус прибора или жалюзи на выходе воздуха, можно направить струю в требуемом направлении.

ЭТВ различаются по назначению (стационарные и переносные), исполнению (настольные, напольные, настенные, комбинированные), виду нагревательного элемента (открытый, закрытый), системам регулирования мощности нагревателя и производительности вентилятора, наличию терморегулятора и специальных устройств (аварийный выключатель, термоограничитель, таймер, сигнальная лампа).

Типы и основные параметры, предусмотренные ГОСТ 17083-71 «Электротепловентиляторы бытовые», приведены в табл. 3.

В обозначении типов буквы означают: Л — электротепловентилятор, Н — настольный, П — напольный, С — настенный.

Пример условного обозначения напольного электротепловентилятора мощностью 1 кВт на номинальное напряжение 220 В с номинальной производительностью 2,5 м³/мин.

Электровентилятор ЛП-1,0/220-2,5 ГОСТ 17083-71.

Компоновка прибора и его эксплуатационные характеристики зависят от типа вентилятора (центробежный, осевой, тангенциальный, диаметральный).

По ГОСТ 17083-71 ЭТВ должен иметь не менее двух ступеней нагрева и одну-две частоты вращения вентилятора. Одновременно с нагревателем должен включаться двигатель, а при его остановке ЭТВ должен автоматически отключаться. Более надежное отключение достигается с помощью термоограничителя. Характерная электрическая схема ЭТВ приведена на рис. 16, б.

По гигиеническим соображениям на номинальной мощности температура выходящего воздуха не должна превышать 90°C, а температура нагрева корпуса 70°C. Уровень шума, обусловленного двигателем, вентилятором и воздушным трактом, измеряется по ГОСТ 11870-66; на расстоянии 1 м он должен быть не более 50 дБ при номинальной производительности  $V=1,6$  и не более 55 дБ при  $V=2,5$  и 4,0 м³/мин.

Таблица 3

### Типы и параметры электротепловентиляторов

Обозначение	Наименование типа	Номинальное напряжение, В	Мощность электронагревателя (не более), кВт	Номинальная производительность, м³/мин
ЛН	Настольный	127 220	1,25 2,00	1,6; 2,5; 4,0
ЛП	Напольный	127 220	1,25 2,00	
ЛС	Настенный	127 220	1,25 2,00	

В настольных и настенных ЭТВ следует предусматривать возможность наклона струи воздуха в вертикальной плоскости в пределах до 60°, хотя у первого типа этот угол, по-видимому, может быть меньшим.

Средний ресурс ЭТВ должен быть не менее 5000 ч при испытании на пяти образцах (с минимальным ресурсом не менее 3000 ч). Допускается смазка подшипников через интервалы не менее 500 ч без разборки прибора. Допустимое превышение температуры обмоток двигателя, а также электрическая прочность его изоляции относительно корпуса и между витками должны соответствовать ГОСТ 183-66. Помимо ресурса надежность ЭТВ оценивают вероятностью безотказной работы, которая за 1000 ч наработки должна быть не менее 0,94 при доверительной вероятности 0,8. Число испытываемых образцов устанавливается по ГОСТ 13216-67.

Гарантийный срок для отечественных ЭТВ установлен 1,5 года со дня продажи потребителю.

## 6. КОНСТРУКТИВНЫЕ ОСОБЕННОСТИ И СОВРЕМЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УРОВЕНЬ ОСНОВНЫХ ТИПОВ ЭЛЕКТРОТЕПЛОВЕНТИЛЯТОРОВ

Технические характеристики современных ЭТВ приведены в табл. 4.

**Зарубежные электротепловентиляторы.** Наибольшее распространение ЭТВ имеют в Европе, где выпускаются многими фирмами, особенно в ФРГ и Англии, а также

Таблица 4

## Технические характеристики электротепловентиляторов

Изготовитель	Модель	Мощность, кВт	Исполнение	Габариты (длина×высота×глубина), мм	Устройство и ступени регулирования	Масса, кг	Прочие данные
ФРГ: AEG	„Wentitherm“	2,0	H	330×175×100	Переключатель (1; 2 кв). Терморегулятор	2,8	Термоограничитель. Контрольная лампа. Поворотная опора Таймер (12 ч)
	TL	2,0	H	230×80×145	Две ступени нагрева и две частоты вращения вентилятора. Терморегулятор	3,3	Термоограничитель с ручным возвратом. Сигнальная лампа двух яркостей. Поворотная опора
	60TS	2,0	H	302×120×180	Четыре ступени нагрева и две частоты вращения вентилятора. То же	—	Таггенциальный вентилятор. Термоограничитель
	111S	2,0	П	390×365×182	Девять ступеней нагрева и три частоты вращения вентилятора	—	Осевой вентилятор. Термоограничитель
	202S	2,2	П	390×390×182	Девять ступеней нагрева и три частоты вращения вентилятора	—	Лампа подсвета. То же. Поворотная опора. Сигнальные лампы
Mayer	„Handy“	2,0	У	230×95×220	Переключатель. Терморегулятор	—	Центробежный вентилятор
	„Perfekta 0670“	2,0	H	335×197×190	Две ступени нагрева и две частоты вращения вентилятора	—	Прямоугольный корпус. Сигнальная лампа двух яркостей
Maybaum	„Aeromat 719“	2,0	H	320×120×250	То же и терморегулятор	—	Прямоугольный корпус. Прутковая опора.
Minerva	TL-3T	2,0	У	300×180×100	Две ступени нагрева и две частоты вращения вентилятора	—	Сигнальная лампа
Neckermann	011/495	2,0	H	320×160×105	Три ступени нагрева. Терморегулятор. Таймер	—	Таггенциальный вентилятор (производительность 2,2 м³/мин). Термоограничитель.
							Прямоугольный корпус. Термоограничитель с ручным возвратом

Изготовитель	Модель	Мощность, кВт	Исполнение	Габариты (длина × высота × глубина), мм	Устройство и ступени регулирования	Масса, кг	Прочие данные
США, Robbins and Myers	H10-40	1,0—4,0	Пл	840×330×98	Встроенный или выносной терморегулятор	15,2—15,8	Центробежный вентилятор
Франция: Calor Noirof	669 Серия 1500	3,0 1—2,0	П С	470×435×165 400×205×190	Три ступени нагрева Две ступени нагрева	—	Осевой вентилятор Тангенциальный вентилятор
Англия: Engelhard Hanovia Lamps	"Turboflo-803"	3,0	С	512×204×90	Три ступени нагрева и две частоты вращения вентилятора	—	Тангенциальный вентилятор. По запросу терморегулятор То же " "
ЕКСО	"Turboflo-321" "Turboflo-210" "Fandair II"	3,0 2,0	Н, П Н, П П	430×204×165 312×204×165 305×216×267	То же То же с двумя ступенями Семипозиционный переключатель (несколько ступеней нагрева и частоты вращения вентилятора)	—	Прямоугольный корпус на поворотной пружинной опоре Термоограничитель. Сигнальная лампа
Голландия, Indola	FS7	2,0	П	Ø 400	Две ступени нагрева. Термоограничитель	—	Две сигнальные лампы. Круглый (в плане) корпус
Австрия, Elin-Union	TL HLT 2200	2,0 2,0	Н П	260×140×210 285×200×155	Две ступени нагрева и две частоты вращения вентилятора. Терморегулятор То же	3,6 2,7	Термоограничитель. Сигнальная лампа Осевой вентилятор. Прямоугольный корпус

Продолжение табл. 4

Изготовитель	Модель	Мощность, кВт	Исполнение	Габариты (длина × высота × глубина), мм	Устройство и ступени регулирования	Масса, кг	Прочие данные
ГДР	—	1,0	Н	300×90×170	Две ступени нагрева. Терморегулятор	2,6	Прямоугольный корпус. Термоограничитель. Сигнальная лампа
ЧССР	ЕТА613	2,0	Н	—	То же	2,5	Два центробежных вентилятора. Термоограничитель
ПНР	ТВД-2	2,0	Н	—	Две ступени нагрева	—	То же
НРБ, ЕЛПРОМ	„Бриз“	2,0	Н	340×180×225	То же	5,25	То же
СРР, ЭЛТИМ	РВ-1	2,0	Н	230×195×142	То же	—	То же
СФРЮ	„Котерм IV“	2,0	Н	275×230×180	То же	—	То же
ВНР, ВВКМ	НК-11	0,85	Н	—	Без регулирования	—	То же
СССР	ЭК-4	1,4	Н	335×140×163	Две ступени нагрева	4,5	Поворотная опора. Диаметральный вентилятор
	„Луч“ „Ветерок“	1,5 1,25	Н У	330×130×165 232×218×120	То же „ „	3,15 2,15	Центробежный вентилятор. Термоограничитель. Возможна подвеска к стене

У—универсальный; Н—настольный. Остальное см. примечание к табл. 2.



Франции, Австрии, Голландии. Современными моделями ЭТВ располагают также страны — члены СЭВ.

За редким исключением европейские ЭТВ относятся к переносным — настольным и напольным. Характерная мощность 2 кВт; в странах — членах СЭВ для внутреннего рынка выпускаются приборы меньшей мощности. Все модели могут работать как с включением нагревателей, так и без них. При этом прибор имеет не менее двух ступеней нагрева. Для защиты прибора от перегрева предусматривается термоограничитель; повторное включение производится автоматически или от руки. Для большинства моделей характерна возможность изменения угла наклона струи воздуха. Специализированные фирмы выпускают серии из нескольких моделей различной стоимости, отличающихся числом ступеней нагрева и частоты вращения вентилятора, дополнительными приспособлениями и отделкой. Многие модели имеют терморегулятор для автоматического поддержания температуры в помещении (встроенный или выносной).

Наиболее усовершенствованы дорогие напольные ЭТВ, примером которых может служить модель 202S фирмы Fakir. Прибор имеет девять ступеней нагрева и три частоты вращения осевого вентилятора, комбинации которых устанавливаются шестью клавишами. Встроенный терморегулятор может автоматически управлять прибором в необходимом диапазоне температуры помещения, не создавая радиопомех. Пожаробезопасность обеспечивается термоограничителем, а специальная лампа подсвета сигнализирует о включении.

Несмотря на сравнительно большие размеры прибор прост в эксплуатации, так как имеет вращающуюся вокруг вертикальной оси опору, а сверху — удобную ручку, не закрывающую управление. Модель 202S окрашена с сочетанием цветов матово-черного и серо-голубого. По желанию потребителя возможна отделка под палисандр. Для массового спроса фирма предлагает более дешевые напольные модели (рис. 17).

Оснащенность ЭТВ продолжает повышаться. Так, например, фирма AEG расширила диапазон регулирования температур воздуха до 5—35°C. Фирма Schlenker-Mayer (ФРГ) в модели «Ismet» HL200 мощностью 2,25 кВт рекламирует не только девять ступеней нагрева и три частоты вращения вентилятора, но и 12-часовой таймер и увлажнитель. Оригинальную круглую конструкцию на-

польного ЭТВ выпустила фирма Indola (рис. 18). Прибор имеет комфортное поле температур.

Настольные ЭТВ отличаются большим разнообразием форм, отделки и конструктивных элементов. Современные модели имеют прямоугольный корпус и мало заметные опоры. Типичной в этом отношении является модель 62S фирмы Fakir мощностью 2 кВт, имеющая четыре ступени нагрева, две частоты вращения вентилятора, термоограничитель, терморегулятор, четырехклавишный выключатель и стабилизирующую решетку на выходе. Для переноса прибора используют переднюю пружинную опору, за счет которой можно также в небольших пределах ( $10-20^\circ$ ) изменять наклон струи. Элегантной современной формой двухцветного корпуса отличается болгарский ЭТВ «Бриз» (модель 73103) мощностью 2 кВт с тремя ступенями нагрева и тангенциальным вентилятором с низким уровнем шума. Небольшой угол наклона имеют также новые модели фирм AEG, Neckermann и Mayer, а также Merkuria (ЧССР).

Для компоновки настенных ЭТВ характерно два направления. При стационарном электроотоплении приборы располагаются у плинтуса, и к ним не предъявляются повышенных эстетических требований. К подобным конструкциям относится, например, серия плоских плинтусных моделей фирмы Robbins and Myers (США), часть из которых имеет встроенный терморегулятор, а остальные — выносной. В Европе настенные электротепловентиляторы используются для местного обогрева и устанавливаются на более заметном месте; их внешнему виду уделяется большее внимание.

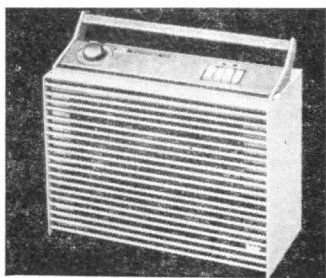


Рис. 17. Настольный электротепловентилятор (ФРГ).

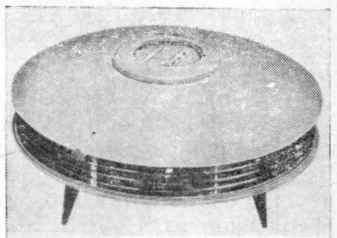


Рис. 18. Настольный электротепловентилятор круглой формы (Голландия).

Ряд моделей электротепловентиляторов являются универсальными по установке. У напольной модели FH120 фирмы Indola конструкция прутковой опоры не только удобна для переноса, но и позволяет повесить прибор на стене, причем большой угол поворота струи здесь весьма полезен для сушки волос, белья и т. п.

В последнее время малогабаритные настольные электротепловентиляторы выполняют с подвеской на сте-

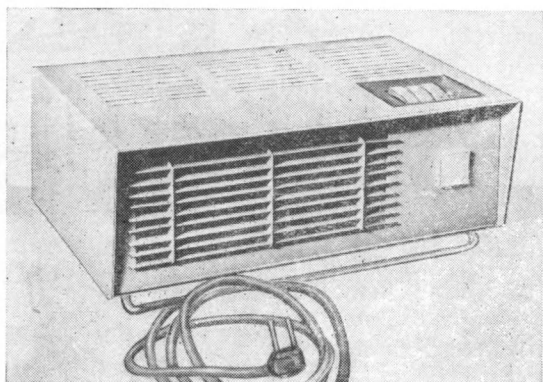


Рис. 19. Настольный электротепловентилятор ЭК-4.

не. Таковы, например, модели TL-3 фирмы Minerva и Handy фирмы Fakir.

**Отечественные электротепловентиляторы.** Промышленностью выпускаются настольные модели «Луч», ЭК-4 (рис. 19) и настольный «Ветерок» (рис. 20) с производительностью 1,6—2,5 м<sup>3</sup>/мин, двумя ступенями нагрева и нихромовой спиралью в качестве нагревательного элемента. В новых модификациях моделей «Луч» и ЭК-4 предполагается уменьшить максимальную мощность до 1,25 кВт, чтобы использовать обычные электроустановочные изделия и избежать необходимости заземления. В модели «Ветерок» после срабатывания термоограничителя повторное включение производится кнопкой возврата, что повышает эксплуатационную надежность прибора. В следующей модификации этого прибора следует предусмотреть возможность изменения направления струи.

Дальнейшее развитие отечественных электротепло-вентиляторов должно идти по линии повышения оснащенности (в первую очередь за счет применения многоскоростного вентилятора и выносного терморегулятора),

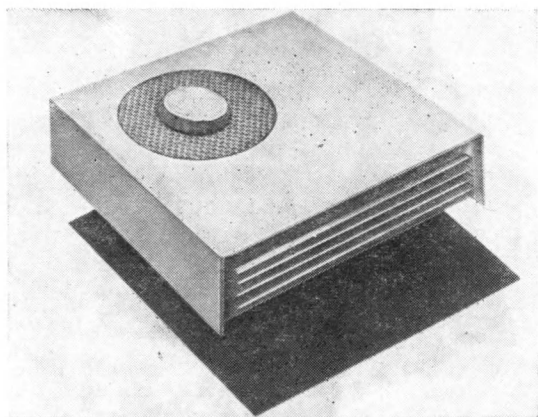


Рис. 20. Настольно-настенный электротепло-вентилятор «Ветерок».

улучшения внешнего вида, универсальности исполнения. Для экспортных поставок представят интерес модели мощностью 2 кВт.

## 7. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ НАГРЕВАТЕЛЯ, ВЕНТИЛЯТОРА И ДВИГАТЕЛЯ

Пренебрегая изменениями давления и температуры воздуха в вентиляторе ввиду их незначительности по сравнению с начальными параметрами, а также лучистыми потерями тепла, составляющими несколько процентов, запишем уравнение теплового баланса электротепловентилятора в следующем виде:

$$\frac{1}{60} V \rho_1 c_p (t_2 - t_1) \approx P_0, \quad (21)$$

где  $V$  — номинальная производительность вентилятора, м<sup>3</sup>/мин;  $\rho_1$  — плотность окружающего воздуха, кг/м<sup>3</sup>;  $t_1$  и  $t_2$  — температуры воздуха до и после прибора, °С;  $c_p$  — средняя теплоемкость воздуха в интервале темпера-

тур от  $t_1$  до  $t_z$ , Дж/(кг·°C);  $P_0$  — номинальная мощность нагревателя, Вт.

Для характерных значений  $t_1=20^\circ\text{C}$ ,  $t_z \leq 90^\circ\text{C}$  и  $t_{cp} \leq 45^\circ\text{C}$  имеем  $\rho_1=1,205$  кг/м<sup>3</sup> и  $c_p=1000$  Дж/(кг·°C).

После подстановки в (21) находим:

$$20,1V(t_z-20)=P_0. \quad (21a)$$

Зависимость (21a) позволяет для каждого из стандартных значений производительности  $V$  найти диапазон мощностей  $P_0$ , в котором температура  $t_z$  не превышает допустимого предела. В обычной незаземленной сети с электроустановочными изделиями на 6 А следует ограничиться мощностью  $P_0=1,25$  кВт, чтобы полная потребляемая мощность прибора (включая мощность электродвигателя) не превышала предельного значения 1,3 кВт. При этой мощности температура  $t_z$  составит:

$V$ , м <sup>3</sup> /мин . . . . .	1,6	2,5	4,0
$t_z$ , °C . . . . .	59	45	36

Напомним, что температура  $t_z$  является средней по выходному сечению электротепловентилятора. Максимальная температура в центре потока будет несколько больше [Л. 10].

При определении параметров нагревательного элемента воспользуемся выражением для коэффициента теплоотдачи вынужденной конвекцией, Вт/(м<sup>2</sup>·°C), рекомендованным для электрокалориферов с проволочным нагревателем [Л. 11]:

$$\alpha_k = 2,91 \omega^{0,446} / d_{np}^{0,534},$$

где  $\omega$  — скорость набегающего потока воздуха, м/с.

Мощность  $i$ -й спирали нагревателя определяется из выражения

$$P_{0i} = \alpha_k F_{np} (t_{np.cp} - t_{cp}) = 2,91 \frac{\omega^{0,446}}{d_{np}^{0,534}} \pi d_{np} L_i (t_{np.cp} - t_{cp}) =$$

$$= \frac{7,18 \omega^{0,446} d_{np}^{2,47} U^2 (t_{np.cp} - t_{cp})}{\rho_i P_{0i}},$$

$$\text{где } L_i = \pi d_{np}^2 U^2 / 4 \rho_i P_{0i}.$$

Так как число рядов спирали по ходу воздуха в электротепловентиляторе невелико, можно принять  $t_{np.cp}$ —

$-t_{\text{ср}} \approx t_{\text{пр. макс}} - t_2$ . Тогда, решая уравнение относительно  $d_{\text{пр}}$ , получаем:

$$d_{\text{пр}} = \left[ \frac{0,139 \rho_t P_{0i}^2}{\omega^{0,445} U^2 (t_{\text{пр макс}} - t_2)} \right]^{0,405} \quad (22)$$

Формула (22) может быть упрощена для характерных значений  $t_{\text{пр. макс}} = 500^\circ\text{C}$  и  $t_2 = 60^\circ\text{C}$ :

$$d_{\text{пр}} = \left[ \frac{0,139 \rho_{500} P_{0i}^2}{\omega^{0,445} U^2 (500 - 60)} \right]^{0,405} = \left( \frac{3,16 \cdot 10^{-4} \rho_{500} P_{0i}^2}{\omega^{0,445} U^2} \right)^{0,405} \quad (22a)$$

Расчетная скорость воздуха после вентилятора  $\omega$  по гигиеническим соображениям выбирается обычно не более 2—3 м/с. Значение  $\omega$  в общем случае подсчитывается на основе постоянства расхода воздуха, проходящего через ЭТВ.

Дальнейшие операции — округление до стандартного значения диаметра  $d_{\text{пр}}$  и соответствующая корректировка длины проволоки  $L_i$ , а также температуры  $t_{\text{пр. макс}}$  проводятся аналогично изложенному в § 4.

Уточненные таким путем значения диаметра и длины проволоки используются для определения остальных параметров спирали — диаметра витка, шага навивки, числа горизонтальных ветвей. При этом стремятся равномерно заполнить спиралью выходное сечение вентилятора, площадь которого составляет  $S = V/60\omega$ .

Относительно оптимальных параметров спирали электротепловентиляторов официальные рекомендации отсутствуют. На практике применяют несколько меньшие значения диаметра и шага витка, а также более тесное расположение спиралей в поперечном сечении, чем в электроконвекторах.

При окончательном выборе параметров спирали следует иметь в виду два дополнительных фактора, оказывающих влияние на температуру проволоки и не учитываемых изложенной методикой расчета.

Сильная трубулизация потока воздуха, создаваемая вентилятором, повышает коэффициент теплоотдачи  $\alpha_K$ , что снижает температуру проволоки. Это приводит к завышению значений  $d_{\text{пр}}$  в (22). Кроме того, при  $s/d_{\text{пр}} < 3$  температура проволоки начинает заметно возрастать из-за взаимного облучения витков. В связи с изложенным рекомендуется в предварительных расчетах ориентироваться на  $s/d_{\text{пр}} \geq 3$  и уменьшать расчетные значения  $d_{\text{пр}}$  в (22) на 20—25%.

Для улучшения характеристики нагревателя в современных электротепловентиляторах нередко применяют зигзагообразную ленту из сплава сопротивления.

Для выбора вентилятора определяют полный напор, расходуемый на преодоление сопротивлений всасывающего участка  $\Sigma \Delta H_{\text{вс}}$  и нагнетательного участка  $\Sigma \Delta H_{\text{нагн}}$ , а также на создание скоростного напора  $0,5\rho_1\omega^2$ , где  $\rho \approx \rho_1$ :

$$H = \Sigma \Delta H_{\text{вс}} + \Sigma \Delta H_{\text{нагн}} + 0,5\rho_1\omega^2. \quad (23)$$

Уравнение (23) выражает собой характеристику гидравлической сети ЭТВ. Наложение этой характеристики на аэродинамическую характеристику вентилятора позволяет вычислить его рабочую точку, обуславливающую значения  $V$ ,  $H$  и к. п. д.  $\eta_v$  при выбранных частоте вращения и диаметре рабочего колеса вентилятора.

Мощность, потребляемая вентилятором, вычисляется по формуле

$$N = \frac{VH}{\eta_v}, \quad \frac{\text{м} \cdot \text{н}}{\text{мин}} = \frac{VH}{60\eta_v}, \text{Вт}. \quad (24)$$

Мощность электродвигателя составляет  $N_{\text{двиг}} = aN$ , где  $a$  — коэффициент запаса. Для двигателей мощностью до 500 Вт рекомендуется принимать  $a = 1,5$  [Л. 12]. В бытовых электротепловентиляторах двигатели имеют небольшую мощность, обычно не превышающую 30—40 Вт.

Кроме проволочных спиралей и зигзагообразных лент в качестве нагревательного элемента электротепловентилятора изредка применяют трубчатые электронагреватели, более надежные, но менее удобные в компоновке и увеличивающие массу и гидравлическое сопротивление прибора.

## Глава третья

### ЭЛЕКТРОКАМИНЫ И ПРОЧИЕ ИНФРАКРАСНЫЕ ЭЛЕКТРООБОГРЕВАТЕЛИ

#### 8. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ ОБ ЭЛЕКТРОКАМИНАХ

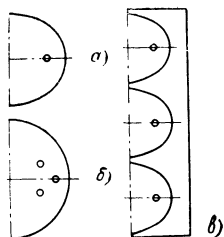
По ГОСТ 15047-69 электрокамином называется *отопительный электроприбор с теплопередачей излучением, снабженный отражателем*. Такое определение нуждается в уточнении. Во-первых, правильнее говорить о значительной доле излучения, поскольку здесь имеет место и конвективный теплообмен. Во-вторых, тепловое излучение

имеет место в большом диапазоне температур излучателя, в то время как по ГОСТ 308-69 «Камины электрические бытовые» нагревательный элемент должен иметь температуру поверхности в пределах 700—850°C. Электрообогревательные приборы радиационного действия с другими температурами излучателя носят более общее название «инфракрасных» (§ 12).

Электрокамины являются быстродействующими отопительными приборами для местного обогрева. Они особенно удобны для использования в помещениях с недостаточной теплоизоляцией (например, дачного типа), и незаменимы в открытых и полукрытых помещениях, где подогрев всего объема воздуха невозможен или неэффективен (террасы, беседки, балконы, комнаты с открытыми окнами или постоянным проветриванием). Высокая температура нагревательного

Рис. 21. Принципиальные схемы электрокаминов.

*а* — с одиночным нагревателем; *б* — с несколькими нагревателями в общем отражателе; *в* — с несколькими нагревателями в индивидуальных отражателях.



элемента обуславливает преобладание в спектре излучения коротких волн с большой энергией, достаточно глубоко прогревающих ткани тела и вызывающих приятное ощущение общего тепла [Л. 13].

В то же время необходимо учитывать, что обогрев электрокамином является односторонним и не препятствует охлаждению другой стороны тела.

Направленный лучистый поток тепла в электрокаmine создается одним или несколькими нагревательными элементами и концентрируется в нужном направлении с помощью отражателя. Принципиальные схемы электрокамина приведены на рис. 21. Тепловое излучение является формой электромагнитной энергии и распространяется со скоростью света. При попадании излучения на какие-либо поглощающие его предметы, в том числе на тело человека, происходит частичное преобразование лучистой энергии в тепловую. Другая часть лучистого потока отражается, а третья, существенная лишь для некоторых материалов и преимущественно тонких пленок, проходит насквозь. Чистый воздух практически полностью пропускает тепловое излучение, что и обуславливает преимущество лучистого обогрева в тех случаях, когда нагрев воздуха нежелателен или невозможен.

Электрокамины различаются по виду нагревательного элемента (открытый, закрытый), по форме отражателя (сферический, цилиндрический, параболический, каплевидный, корытообразный), общий для нескольких нагревателей или индивидуальный<sup>1</sup>, форме светового окна<sup>1</sup> (круглое, прямоугольное), исполнению (напольные, настольные, настенные, универсальные), системе регулирования мощности,

<sup>1</sup> Проекция лицевой поверхности отражателя на плоскость, перпендикулярную оптической оси.



а также по дополнительным устройствам (например, имитация пламени, горящих углей или дров и т. п.).

Типы и основные параметры электрокаминов по ГОСТ 308-69 приведены в табл. 5.

Буквы в табл. 5 означают: К — электрокамин, О — открытый нагревательный элемент, З — закрытый нагревательный элемент, Ф — сферический отражатель, Б — цилиндрический или параболический отражатель. Пример условного обозначения электрокамина

*Таблица 5*

#### Типы и параметры электрокаминов

Обозначения типа	Наименование типа	Номинальная мощность, кВт	Номинальное напряжение, В
КОФ	Электрокамины со сферическим отражателем	0,5; 0,8; 1,0; 1,25; 1,6; 2,0	127; 220; 220
КОБ, КЗБ	Электрокамины с цилиндрическим или параболическим отражателем	0,5; 0,8; 1,0; 1,25; 1,6; 2,0	127; 220; 220

с двумя открытыми нагревательными элементами, цилиндрическим отражателем, тремя ступенями нагрева и номинальной мощностью 1 кВт:

Электрокамин КОБ-1/2—3 ГОСТ 308-69.

Распространенное ранее наименование «отражательная печь» для электрокаминов типа КОФ является неправомерным после введения в 1970 г. ГОСТ 15047-69 на термины.

Наименования типов в табл. 5 нуждаются в уточнении. Тип КОФ может иметь не только сферический, но и пирамидальный отражатель. Правильнее, повидимому, говорить здесь не об отражателе, а о сосредоточенном нагревателе, в отличие от линейного, у которого длина значительно больше поперечного размера. Право на существование должен иметь и тип КЗФ (с закрытым нагревательным элементом) — по аналогии с типом КЗБ.

Специфические технические требования к электрокаминам изложены в ГОСТ 308-69. Кроме уже упоминавшегося требования к температуре нагревательного элемента, необходимо обеспечить приемлемую температуру на зачерненной деревянной стенке испытательного стенда, расположенной на расстоянии 0,5 м от нагревателя. Эта температура не должна превышать 90°C; ее нижний предел не нормируется, но температуры ниже 60—70°C свидетельствуют о заметном рассеянии лучистого потока тепла.

Для сопоставимости результатов измерений в ГОСТ 308-69 регламентирован метод измерения данной температуры с помощью заделанных заподлицо с поверхностью термопар, прикрытых зачерненными медными пластинками диаметром 25 мм и толщиной 1 мм. Термопары располагаются в пределах круга с диаметром, равным диаметру отражателя (тип КОФ) или его длине (типы КОБ и КЗБ). Центр круга совпадает с центром светового окна.

Температура наружной поверхности корпуса должна быть не более 110°C, что не относится к ограждающей решетке, наличие которой здесь обязательно.

Гарантийная наработка электрокаминов должна составлять не менее 3000 ч и определяется в циклическом режиме: включение на 4 ч, отключение на 30 мин. Гарантия для потребителя установлена на один год со дня продажи изделия.

## 9. КОНСТРУКТИВНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ ЭЛЕКТРОКАМИНА

**Нагреватель.** Источником теплового излучения электрокамины могут служить ТЭН или открытые нагреватели из сплавов высокого омического сопротивления.

Наиболее надежным является ТЭН (долговечен и безопасен), однако при рабочих температурах электрокаминов здесь требуются дорогие и дефицитные материалы — нержавеющая сталь аустенитного класса Х18Н10Т по ГОСТ 5632-61, периклаз I класса по ГОСТ 13236-67. Для снижения температуры в зоне герметизации ТЭН его пассивные концы должны иметь длину около 100 мм, а при меньших длинах требуется применение специальных термостойких герметиков со сложным технологическим процессом. Стандартные диаметры ТЭН для электрокаминов составляют 8, 10 и (реже) 13 мм.

Простая, эстетичная и надежная конструкция нагревателя состоит из нихромовой спирали в кварцевой трубке с толщиной стенки 1—2 мм (рис. 22). Кварцевое стекло хорошо пропускает тепловое излучение, имеет высокую термостойкость и способно без размягчения соприкасаться с раскаленной спиралью электрокамина. Особенно важным преимуществом конструкций с кварцевыми трубками является их безопасность при перегорании спирали, которая в этом случае остается в трубке. Не менее существенно и отсутствие провисания спирали, неизбежное в ряде других конструкций при длительных тепловых режимах. Недостатком кварцевых трубок является их дефицитность и высокая стоимость, которая в зависимости от требований к материалу, допускам и

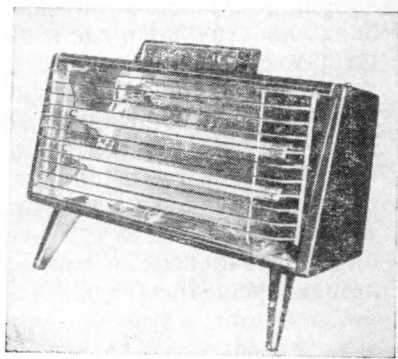


Рис. 22. Электрокамин с нагревателем из нихромовой спирали в кварцевой трубке (Япония).

качеству поверхности колеблется от 10 до 50 руб. за 1 кг. Для электрокаминов уместно использовать отходы производства кварцевых трубок, а также полупрозрачные сорта материала. Ввиду хрупкости кварцевого стекла рекомендуется транспортировать прибор с отдельно упакованными нагревателями либо предусмотреть амортизаторы от тряски.

Наиболее дешевой является конструкция нагревателя со спиралью, намотанной на керамическое основание. Традиционное решение, при котором спираль укладывается в винтовой канавке по образующей конуса или цилиндра, мало эстетично и недостаточно надежно из-за провисания спирали в процессе эксплуатации. Здесь также сравнительно низка доля излучения в общем балансе тепла. Более эффективной и эстетичной следует признать конструкцию, где в винтовой канавке размещается не виток спирали, а сама проволока, но при этом в качестве основания требуется длинный винтовой стержень, менее технологичный и более дорогой, чем относительно короткие конусы и цилиндры с крупной канавкой (рис. 23).

Оригинальным и приемлемым решением является

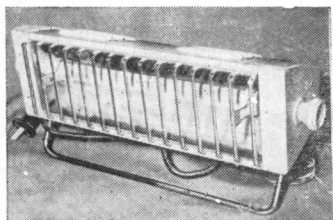


Рис. 23. Электрокамин с нагревателем из нихромовой спирали на винтовом керамическом стержне.

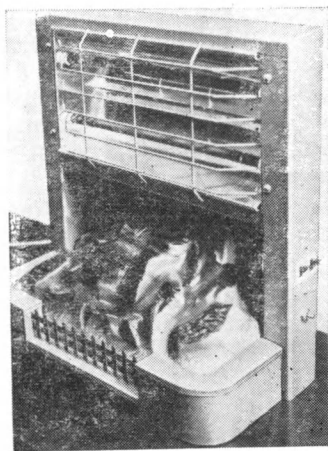


Рис. 24. Электрокамин с нагревателем из оксидированной нихромовой проволоки на гладком керамическом стержне (СССР).

плотная намотка (виток к витку) на гладкий стержень оксидированной нихромовой проволоки, у которой толщина оксидной пленки обладает достаточными электро-

изоляционными свойствами по отношению к межвитковому напряжению. Концы спирали пропускаются через поперечные отверстия на концах стержня и присоединяются к винтовым зажимам. В результате конструкция цилиндрического нагревательного элемента является весьма жесткой и по внешнему виду напоминает ТЭН (рис. 24). Температуру и время оксидирования подбирают в зависимости от диаметра проволоки и межвиткового напряжения. Стержень из прессованного кордиеритового материала К-2 стоит 2,5—3 руб. за 1 кг.

**Отражатель.** Эффективность отражателя зависит от его материала, состояния поверхности и формы. Лучшие результаты наблюдаются у металлических отражателей с гладкой поверхностью (полированный алюминий, сталь с покрытием):

Непригодны белые лаки или эмали, используемые в источниках видимого света, так как они поглощают значительную часть теплового излучения. Ручная полировка отражателя является чрезвычайно трудоемкой операцией и на передовых предприятиях заменяется механизированными и автоматизированными процессами.

Для алюминиевого отражателя рекомендуется использовать чистый листовой алюминий марок А0 и А1 или алюминиево-магниевый сплав АМг [Л. 14]. Основными технологическими операциями являются электрополировка в нагретом до 90°C электролите и анодирование в растворе серной кислоты. Полученная бесцветная пленка хорошо пропускает тепловые лучи, обладает стойкостью к термоудару и влагостойкостью, а также препятствует налипанию пыли. Плоской полированной заготовке придается нужная форма в штампе с резиновой прокладкой. Другим прогрессивным технологическим процессом является вакуумное напыление алюминия на штампованный стальной отражатель, поверхность которого предварительно протравливается и покрывается лаком для улучшения адгезии алюминия [Л. 15]. Полированный алюминий отражает приблизительно 90% теплового излучения, и такие отражатели имеют температуру поверхности обычно не более 100—200°C. Маломощные электрокамины типа КОБ-0,5 не нуждаются в дополнительном корпусе, так как температура отражателя здесь не превышает регламентированного значения 110°C.

Для получения направленного теплового излучения нагреватель размещают в фокусе отражателя, для кото-

рого наиболее эффективна параболическая форма, обеспечивающая отражение параллельным пучком лучей. С целью упрощения штампа иногда параболу заменяют комбинацией дуг окружности.

В больших напольных электрокаминах, которые могут быть достаточно удалены от потребителя, часто применяют два или три нагревателя с отдельными почти полными отражателями, что обеспечивает более или менее равномерный лучистый поток тепла, ощутимый на расстоянии несколько больше 1 м. Иногда для упрощения конструкции нагреватели подобного электрокамина объединяются в один каплевидный отражатель, но тогда при обогреве около такого электрокамина надо будет специально выбирать удобное место. У настольных электрокаминов с двумя нагревателями лучистый поток часто концентрируют вблизи прибора — на расстоянии примерно 0,5 м.

**Корпус.** В электрокаминах с температурой отражателя выше 110°C необходим корпус, в верхней и нижней стенках которого часто предусматривают вентиляционные отверстия для организации конвективного потока воздуха, охлаждающего прилегающие к кромкам отражателя горячие участки. Такое решение особенно полезно при внутренней разводке монтажного провода, температуру нагрева которого регламентирует ГОСТ 303-69. Корпус обычно изготавливается из тонколистовой стали с окраской или покрытием; дорогие модели имеют разнообразную декоративную отделку: под ценные породы дерева, из кафельных плиток, камня и т. п.

Для изменения угла наклона лучистого потока при настольном, настенном и универсальном исполнениях обычно предусматривают поворотную опору корпуса, иногда лишь с двумя фиксированными положениями.

**Специальные и регулирующие устройства.** Для усиления внешнего эффекта дорогие модели электрокаминов иногда снабжаются устройствами, имитирующими горящие дрова или угли, языки пламени, клубы дыма и т. п. Наиболее просто подобный эффект осуществляется с помощью так называемых конвективных вертушек, представляющих собой легкие алюминиевые конусы с наклонными прорезями и лопастями, свободно опирающиеся на стальные иглы. Создаваемые лампами подсвета конвективные потоки воздуха поднимаются вверх, проходят через наклонные лопасти конусов и вращают

их. Свет ламп, проходя через систему движущихся прорезей, создает на декоративной панели (в форме углей или дров) эффект мерцания тлеющего огня, а на вертикальной стенке — эффект бегающих языков пламени. В более сложных имитирующих устройствах используются специальные роторы с фасонными лопастями и приводом от низкоскоростных микроэлектродвигателей, проецирующие изображения на полупрозрачный экран.

Регулирование мощности в электрокаминах является ступенчатым и осуществляется с помощью переключателей или клавишных выключателей. Имитирующее устройство включается отдельно или вместе с первым нагревателем.

В электрокаминах не требуются терморегуляторы и из-за видимого свечения не нужны сигнальные лампы; в остальном их электрические схемы аналогичны схемам электроконвекторов (см. рис. 5); дополнительным элементом могут быть лишь устройства имитации.

#### **10. СОВРЕМЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УРОВЕНЬ ЭЛЕКТРОКАМИНОВ**

Технические характеристики современных электрокаминов приведены в табл. 6.

**Зарубежные электрокамины.** Производство электрокаминов наиболее развито в Англии, где каминное отопление вообще традиционно. Здесь встречаются все типы — от простейших переносных до стационарных, встроенных в мебель. Основными изготовителями являются специализированные фирмы Dimplex, Berry Magicoal, Frost, Thermaig и ряд других. В значительных масштабах производятся также электрокамины в ФРГ, где преобладают настенные и переносные модели фирм AEG, Siemens, Mayer, Maubauв Kern и др. Такие западноевропейские страны, как Австрия, Франция, Швейцария, Голландия, Швеция выпускают электрокамины в меньших объемах.

Электрокамины популярны в странах — членах СЭВ, а также в Японии, которая энергично развивает производство и экспорт бытовых приборов.

В США предпочитают инфракрасные электрообогреватели, рассматриваемые ниже.

Простейшие настольные электрокамины массового спроса, обычно имеющие открытую спираль небольшой мощности и круглый отражатель, совершенствуются за счет повышения мощности, использования кварцевых

Таблица 6

Технические характеристики электрокаминов

Изготовитель	Модель	Мощность, кВт	Исполнение	Габариты (длина × высота × глубина), мм	Число ступеней нагрева	Масса, кг	Прочие данные
Англия: Dimplex  Engelhard via Lamps Berry Magicoal	IRD	0,75—1,0	С	815×127×127	1	—	Спираль в кварцевой трубке
	IRF	1,5—2,0	П	815×484×293	2	—	Сдвоенные модели
	IRF-225	2,25	П	762×254×210	3	—	Общий отражатель
	HFU	2,25—3,0	С, П	762×521×152	3	—	Отдельные отражатели
	CRF-225	2,25	П	553×394×280	3	—	Имитация горящих углей
Engelhard via Lamps Berry Magicoal	CHF-225	2,25	П	590×324×351	3	—	То же, встраивается в стену
	LHF-225	2,25	П	590×324×381	3	—	Имитация горящих дров
	„Radisl“	0,6—1,5	С	(775—1130)×114×127	1	—	Спираль в кварцевой трубке.
	„Astraberry“	2,62	П	662×508×254	3	12,0	Щукообразный выключатель.
	„Tempo“	2,5	П	1370×660×330	2	—	Имитация горящих углей, пламени и дыма с помощью механического проектора. Мощность электромотора—70 Вт, ламп подсвета—50 Вт. То же (кроме дыма). Встраивается в стену
ФРГ: AEG Mayer Kern	QV12 и QV20	1,2 и 2,0	С	800×100×100	3	2,0	Спираль в кварцевой трубке
	IV12 и IV20	1,2 и 2,0	С	520×170×170	3	1,8 и 2,0	ТЭН
	ABC 505	1,0	Н	400	3	—	Круглый фасетчатый отражатель
	QBS-1000	1,0	С	320×228×188	—	1,6	Спираль в кварцевой трубке
	LSW-1001 и LSW-1501	1,0 и 1,5	С	1 (690—940)×70×90	1	0,8 и 1,3	Поворотный отражатель. Шнурковый выключатель. Защита от брызг
Neckermann	LSW-1000 и LSW-1500	1,0 и 1,5	С	(740—990)×110×80	1	1,2 и 1,6	Детали прибора из нержавеющей стали. Полная защита от воды
	010/332	1,5	П	—	3	—	Спираль в кварцевой трубке. Вертикальная компоновка на штативе

Продолжение табл. 6

Изготовитель	Модель	Мощность, кВт	Испол- нение	Габариты (длина× высота×глубина), мм	Число ступеней нагрева	Масса, кг	Прочие данные
Франция, PRL	"Vallauris"	1,2—1,8	C	840×80×50	1—2	1,7	Спираль в кварцевой трубке. Поворотный отражатель. Шнур- ковый выключатель
Австрия, Elin—Union	—	1,8	C	630×130×90	3	1,5	Спираль в кварцевой трубке. Поворотный отражатель
Голландия	—	0,8	—	240×260 (отражатель)	1	—	Спираль в кварцевой трубке. Треугольный отражатель. Шар- нирная опора
Япония, Matzushita	DS-22R	1,0	H	410×250×200	2	1,65	Спираль в полупрозрачной кварцевой трубке
СРР	"Fireplace"	2,0	П	790×600×200	2	14,8	Имитация горящих углей и пламени. По бокам—верти- кальные кварцевые трубки со спиралями
	PC	1,0	H	—	1	—	Спираль на керамическом стержне. Поворотная опора
ГДР	1-56	1,0	H	—	2	—	То же без поворота опоры
ВНР	XK-65	1,0	H, П	—	1	—	ТЭН. Поворотная опора



Продолжение табл. 6

Изготовитель	Модель	Мощность, кВт	Испол- нение <sup>1</sup>	Габариты (длина× высота×глубина), мм	Число ступеней нагрева	Масса, кг	Прочие данные <sup>1</sup>
СССР	КОФ-0,5/1	0,5	Н	280×345×230	1	0,9—1,53	Спираль на керамическом стакане. Круглый отражатель на шарнирной опоре
	„Угол“	1,25	П	685×720×253	2	14,2	Имитация горящих углей, пламени и дыма. Спираль в кварцевой трубке. Общий отра- жатель
	„Тулук“	1,25	П	810×560×240	2	16	То же (кроме дыма)
	„Уголек“	1,25	П	460×450×210	2	5,3	Имитация горящих углей и пламени. Нагреватель—оксиди- рованная проволока на кордье- ритовом стержне
	„Кварц“	1,0	П	470×440×300	1	4,0	Спираль полупрозрачной кварцевой трубке. Покротно- я опора
	КЭ-2	1,0	П	362×216×168	1	1,86	Проволока на винтовом кера- мическом стержне. Поворотная опора
	„Багдад“	1,0	П	510×345×170	2	4,0	Спираль в кварцевой трубке
	КЗБ-1/1	1,0	П	451×210×90	1	3,0	ТЭН. Два положения корпу- са—горизонтальное и верти- кальное
	„Кварц“	1,0	С	913×95×86	1	3,0	Спираль в кварцевой трубке.
	„Буковина“	1,0	Н, П	400×226×175	1	1,33	Поворотный отражатель
	КОБ-1/2	1,0	Н	460×120×60	1	1,5	То же с поворотной опорой корпуса
							Спираль в кварцевой трубке

<sup>1</sup> См. примечания к табл. 2 и 4.

трубок (увеличивающих долю излучения в общем тепловом потоке) и применения отражателя специальной формы. Наибольшая мощность (1,5 кВт) достигнута в приборе фирмы Маубаит с диаметром отражателя 400 мм и спиральным ТЭН. Весьма экономичным является применение в модели АВС 505 фирмы Мауег двух нагревателей с независимым тумблерным включением, обеспечивающим три ступени мощности. Здесь представляет также интерес фасетчатый отражатель диаметром 400 мм, состоящий из четырех кольцевых участков, что сокращает глубину отражателя по сравнению с одним параболоидным участком. Модель настольного электрокамина одной из голландских фирм имеет оригинальную, почти треугольную форму отражателя, спираль в фасонной кварцевой трубке, а также пластмассовые стойку и основание, соединенные шарнирно.

Наиболее распространенным типом являются переносные электрокамины, которые могут устанавливаться на полу и на столе. Развитие этой конструкции идет по пути замены открытой спирали на спираль в кварцевой трубке или ТЭН, улучшения регулирования, снижения массы (за счет применения тонкостенных штампованных и пластмассовых деталей), повышения эстетического уровня. Как правило, мощность подобных электрокаминов не превышает 2 кВт; они имеют чаще всего два-три нагревательных элемента с осевым переключателем или клавишными выключателями. В лучших моделях предусмотрено изменение наклона корпуса. Во многих конструкциях каждый нагреватель имеет свой отражатель, что улучшает направленность излучения, однако для уменьшения массы и габаритов иногда применяют и общий отражатель. Ограждающая решетка, раньше нередко изготавливавшаяся штамповкой, теперь чаще конструируется из проволоки с декоративным покрытием. Используется несколько вариантов отделки.

Примером современной напольно-настольной конструкции может служить электрокамин японской фирмы Matzushita (см. рис. 22). Прибор имеет два нагревательных элемента, трехпозиционный микропереключатель, вмонтированный в оригинальную и удобную пластмассовую ручку, опору, позволяющую устанавливать прибор под двумя разными углами, прутковую решетку и легкую конструкцию корпуса, собранного на винтах из штампованных деталей с толщиной стенки 0,5 мм.

Настенные электрокамины выполняют двух типов. Для обогрева достаточно больших помещений или нескольких человек сразу предпочтительна так называемая линейная конструкция с одним длинным отражателем, в котором размещены от одного до трех нагревательных элементов, обычно спирали в кварцевой трубке. Включение и переключение производится, как правило, шнурковым переключателем; отражатель может устанавливаться под нужным углом. Подобные конструкции часто выпускаются сериями, отличающимися длиной или числом нагревательных элементов. Две современные модели данного типа выпускаются фирмой Engelhard Napovia Lamps. Модель 58 имеет мощность от 0,6 до 1 кВт и длину 775 мм, модель 32 соответственно 1,5 кВт и 1130 мм. Электрокамин мощностью 1,8 кВт фирмы Elin-Union (Австрия) выполнен с тремя кварцевыми излучателями и массой всего лишь 1,5 кг.

В небольших помещениях, а также при возможном наличии влаги в воздухе (кухня, ванная комната и т. п.) предпочтителен другой тип настенных электрокаминов — обычно с трубчатым нагревательным элементом, корытообразным отражателем и герметичными соединениями. Они подвешиваются в недоступном для случайного прикосновения месте, поэтому не имеют ограждения. Здесь могут применяться и кварцевые излучатели при достаточно герметичном исполнении. Оригинальной является конструкция электрокамина QBS1000 фирмы Kern. Прибор устанавливается под потолком и имеет двояковогнутый отражатель с широким углом излучения ( $120^\circ$ ), а также шнурковый выключатель. При температуре спирали в кварцевой трубке до  $1000^\circ\text{C}$  фирма гарантирует ее работоспособность в течение 1 года.

Стационарные напольные электрокамины получили распространение преимущественно в Англии, где часто применяется имитация горения углей и дров. Современный электрокамин подобного типа фирмы Berry Magiscoal снабжен механическим проектором. Полезная мощность прибора распределена между тремя спиралями в полупрозрачных кварцевых трубках. Два клавишных выключателя включают один, два или все три нагревателя. Корпус отделан под ценную породу дерева. Размеры самого прибора сравнительно невелики, но он может встраиваться в стену с отделкой под каменный очаг или в книжный шкаф (рис. 25), как и электрокамин модели

«Темро» фирмы Belling. Оригинальное имитирующее устройство предложила фирма Dimplex в модели FEF-225; регулируемая крышка над электрокамином позволяет изменять размер языков пламени.

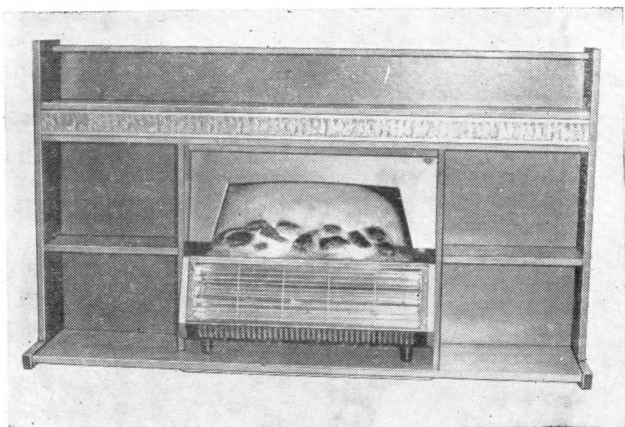


Рис. 25. Напольный электрокамин с имитацией горения (Англия).

Относительно новым направлением является универсальное исполнение электрокаминов. Модель фирмы Quartz et Silice мощностью 0,5—0,8 кВт можно не толь-

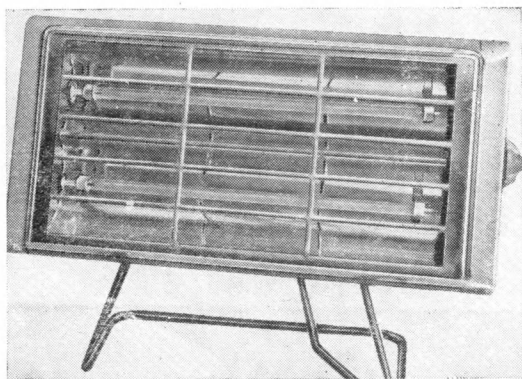


Рис. 26. Напольный электрокамин «Багдад».

ко установить на полу или на столе, но и повесить на стену.

**Отечественные электрокамины.** Среди отечественных электроотопительных приборов электрокамины наиболее распространены и выпускаются в количестве примерно 1,5 млн. штук в год. Число моделей относительно невелико. Больше половины выпуска составляют простейшие приборы типа КОФ-0,5/1 с открытой спиралью на керамическом конусе. Среди остальных преобладают электрокамины типа КОБ-1/1 без переключателя, но несколько описанных ниже моделей могут быть отнесены к современному типу.

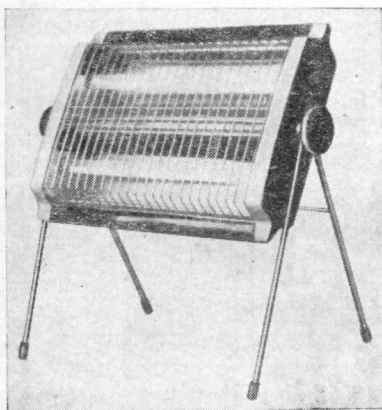


Рис. 27. Напольный электрокамин «Кварц».

Из переносных приборов следует отметить электрокамин «Багдад» (рис. 26), имеющий два нагревателя и отдельные

отражатели, а также четырехпозиционный переключатель. Прибор обеспечивает равномерный лучистый поток и имеет высокую функциональную эффективность.

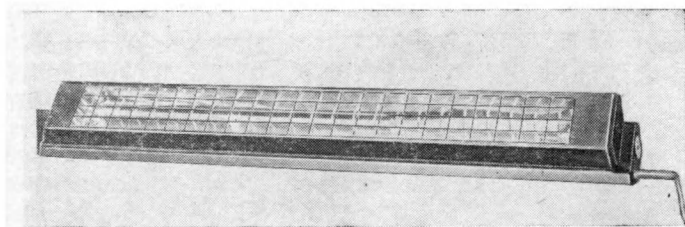


Рис. 28. Настенный электрокамин (СССР).

В настоящее время осваивается усовершенствованная модель с уменьшенными размерами и массой, возможностью изменения наклона корпуса и улучшенным внешним видом. Вполне современное оформление

имеет электрокамины «Кварц» (рис. 27), новая модификация которого имеет двухклавный переключатель.

Наиболее современной настенной моделью является электрокамин, показанный на рис. 28, где, однако, желателен шнурковый выключатель.

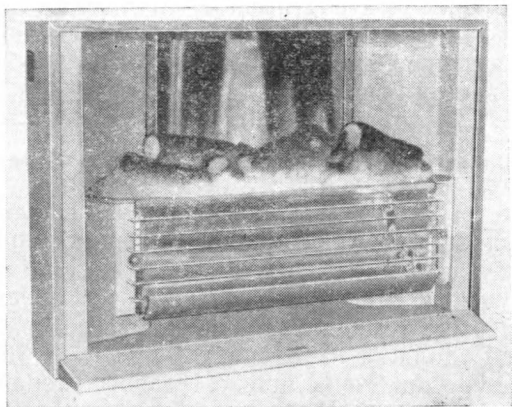


Рис. 29. Напольный электрокамин «Тулуке» с имитацией горения.

Первым отечественным напольным прибором с имитацией горения углей явился переносный электрокамин «Уголек» (см. рис. 24). Он имеет два нагревательных элемента, отдельные отражатели и тумблерные выключатели для каждой ступени нагрева. Начат выпуск больших стационарных моделей современного типа с отделкой под ценные породы дерева и более эффектной имитацией горения: например, «Тулуке» (рис. 29) и «Уют» (рис. 30). Обе модели имеют две нихромовые спирали в кварцевых трубках и клавишные выключатели. Имитирующий эффект в первой модели обеспечивается тремя конвективными вертушками, во второй модели — специальным проектором с механическим приводом. Оригинально выполнен корпус

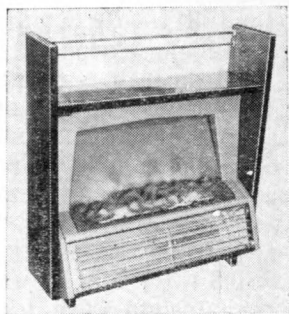


Рис. 30. Напольный электрокамин «Уют» с имитацией горения.

электрокамина «Уют», верхняя часть которого служит удобной полкой для книг, цветов и т. п., а также облегчит перенос прибора.

Дальнейшие задачи отечественной промышленности в области электрокаминов заключаются не столько в количественном росте их производства, сколько в обновлении и расширении ассортимента, улучшении радиационных характеристик, функциональной эффективности, регулируемости и внешнего вида, а также в обеспечении универсальности исполнения.

## 11. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ НАГРЕВАТЕЛЯ И ОТРАЖАТЕЛЯ

Параметры нагревателя электрокамина должны обеспечить при заданном номинальном напряжении сети  $U$  необходимую мощность  $P_{0i}=P_0/z$ , где  $1 \leq i < z$ , а  $z$  — число ступеней мощности, обычно не превышающее 2—3. При этом температура активной поверхности нагревателя  $t_n$  должна находиться в пределах 700—850°C, а температура на стенке испытательного стенда, определенная по ГОСТ 308-69, не должна превышать 90°C. Последнюю можно обеспечить выбором формы и размеров отражателя, в то время как температура  $t_n$  зависит главным образом от параметров нагревателя и в первую очередь от удельной поверхностной мощности  $W_n = P_{0i}/F_n$ .

Учет теплового взаимодействия нагревателя с отражателем весьма сложен. Как будет показано ниже, это влияние ограничено, поэтому проще сначала рассчитать свободно расположенный одиночный нагреватель (рис. 31,а—д), а затем оценить погрешность, связанную с влиянием отражателя и соседнего нагревателя.

**Открытая спираль на керамическом основании** (рис. 31,а). Расчет проводится вначале для прямой проволоки, свободно расположенной в спокойном воздухе, с последующим учетом погрешности. Определяющее конвективный режим произведение критериев  $GrPr$  вычислим по данным [Л. 5] в диапазоне рабочих температур  $t_n$  и характерном диапазоне диаметров проволоки  $d_{пр} = 0,3 \div 0,6$  мм. Температуры окружающего воздуха и ограждений здесь и в дальнейшем примем равными  $t_b = t_{огр} = 20^\circ\text{C}$ . Наименьшее значение произведения  $GrPr$  имеет место при  $d_{пр} = 0,3$  мм и  $t_n = 850^\circ\text{C}$ , наибольшее — при  $d_{пр} = 0,6$  мм и  $t_n = 700^\circ\text{C}$ .

Для соответствующих определяющих температур пленки воздуха  $t_{\text{опр}} = 0,5(850 + 20) = 435^\circ\text{C}$  и  $t_{\text{опр}} = 0,5(700 + 20) = 360^\circ\text{C}$  находим (по аналогии с указаниями § 4):

$$(\text{GrPr})_{435} = 0,0211 \cdot 10^8 \cdot 0,0003^3 (850 - 20) = 0,0472;$$

$$(\text{GrPr})_{360} = 0,0314 \cdot 10^8 \cdot 0,0006^3 (700 - 20) = 0,462,$$

т. е. конвективная теплоотдача проволоки происходит в пленочном режиме ( $\text{GrPr} < 1$ ). Конвективный тепловой поток, Вт, при этом составит:

$$P_{\text{к}} = \alpha_{\text{к}} F_{\text{н}} (t_{\text{н}} - t_{\text{в}}) = \frac{\lambda_{\text{ср}}}{2d_{\text{пр}}} (t - 20) F_{\text{н}},$$

где  $\lambda_{\text{ср}}$  — теплопроводность воздуха при  $t_{\text{ср}} = 0,5(t_{\text{н}} + 20)$ , Вт/(м·°C);  $\alpha_{\text{к}} = 0,5 \lambda_{\text{ср}}/d_{\text{пр}}$ , Вт/(м²·°C).

Лучистый тепловой поток, Вт, при степени черноты  $\epsilon_{\text{н}} = 0,75$  (среднее значение для чистой нихромовой проволоки в интервале  $500\text{—}1000^\circ\text{C}$  [Л. 5]) равен:

$$P_{\text{л}} = 5,7 \cdot 0,75 [(T_{\text{н}}/100)^4 - (293/100)^4] F_{\text{н}} \approx \\ \approx 4,28 (T_{\text{н}}/100)^4 F_{\text{н}},$$

поскольку  $T_{\text{н}} \geq 973 \text{ K}$ , а  $9,73^4 \gg 2,93^4$ .

Удельная поверхностная мощность, Вт/м², составит:

$$W_{\text{н}} = \frac{P_{\text{к}}}{F_{\text{н}}} + \frac{P_{\text{л}}}{F_{\text{н}}} = \frac{\lambda_{\text{ср}}}{2d_{\text{пр}}} (t_{\text{н}} - 20) + 4,28 \left( \frac{T_{\text{н}}}{100} \right)^4. \quad (25)$$

Другое уравнение, связывающее параметры  $W_{\text{н}}$  и  $d_{\text{пр}}$ , находится из известных соотношений между электрическими параметрами прибора. В обозначениях § 4 имеем для  $i$ -й ступени мощности

$$d_{\text{пр}}^2 = 4L_i P_{0i} \rho_i / \pi U^2; \quad \pi d_{\text{пр}} L_i = P_{0i} / W_{\text{н}},$$

откуда

$$d_{\text{пр}} = \sqrt[3]{4\rho_i P_{0i}^2 / \pi^2 W_{\text{н}} U^2}. \quad (26)$$

Решая совместно (25) и (26) относительно  $d_{\text{пр}}$ , получаем искомую зависимость между параметрами нагревателя и его температурой:

$$\lambda_{\text{ср}} (t_{\text{н}} - 20) / 2d_{\text{пр}} + 4,28 (T_{\text{н}}/100)^4 = 4\rho_i P_{0i}^2 / \pi^2 U^2 d_{\text{пр}}^3$$

или

$$\frac{10,6}{\rho_i} \left( \frac{T_{\text{н}}}{100} \right)^4 d_{\text{пр}}^3 + \frac{1,24\lambda_{\text{ср}} (t_{\text{н}} - 20)}{\rho_i} d_{\text{пр}} = \frac{P_{0i}^2}{U}. \quad (27)$$



Значения  $U$  и  $P_{0i}$  являются заданными при проектировании. Каждому из сочетаний будет соответствовать по (27) однозначная зависимость между  $t_n$  и  $d_{пр}$ , поскольку связь между  $\rho_t$  и  $t_n$  для принятого материала известна. Тогда уравнение (27) приобретает вид  $f_1(t_n)d_{пр}^3 + f_2(t_n)d_{пр}^2 = P_{0i}/U^2$ , которое удобно решать

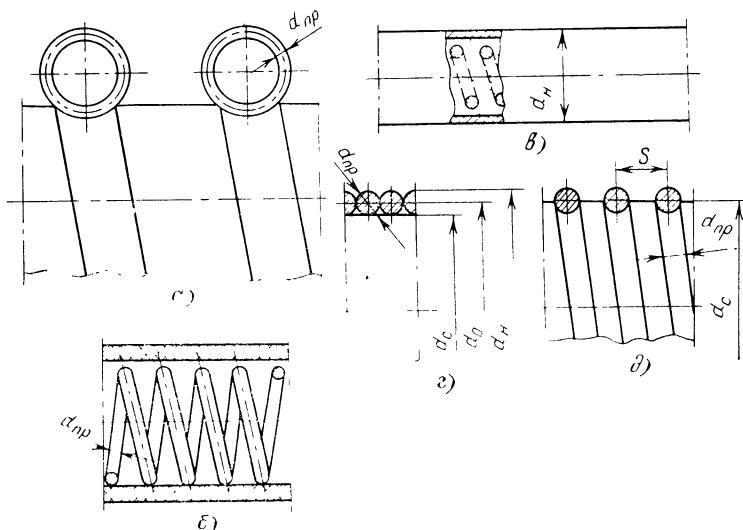


Рис. 31. К расчету нагревателей электрокаминов.

$a$  — спираль на керамическом основании;  $б$  — спираль в кварцевой трубке,  $в$  — ТЭН;  $г$  — оксидированная проволока на цилиндрическом стержне;  $д$  — проволока на винтовом стержне.

графически (рис. 32). Диапазон возможных значений диаметра  $d_{пр}$  определится крайними значениями температур  $t_n$ , равными 700 и 850°C. Из этого диапазона надлежит выбрать одно из стандартных значений  $d_{пр}$ , предусмотренных ГОСТ 12766-67.

Погрешность от неучтенного выше влияния на температуру  $t_n$  спиральной формы проволоки и керамического основания может быть вычислена одним из рекомендованных способов [Л. 11, 16, 17] и компенсирована увеличением диаметра проволоки на 10—30%. Как показала практика ВНИИЭТО, можно не вносить заранее поправку на диаметр или температуру спирали, если ее относительных шаг  $s/d_{пр}$  выбирать не менее 3—4, а расчетное значение температуры в (27) принимать с небольшим запасом вблизи нижней границы (700—720°C).

После определения диаметра проволоки длина ее ветви  $L_i$  находится по формуле (2). Средний диаметр витка спирали выбирается чаще всего в пределах  $(8 \div 12)d_{\text{пр}}$ .

**Спираль внутри кварцевой трубки с открытыми торцами** (рис. 31,б). Большая часть лучистого потока пропускается трубкой; некоторая часть поглощается и нагревает стекло. Коэффициент пропускания зависит не только от прозрачности стекла, но и от длины волны источника излучения. Для тонких стекол он близок к единице при длинах волн менее 3,5 мкм (приблизительно соответствует температуре  $t_{\text{н}} \approx 750^\circ\text{C}$ ) и резко уменьшается при больших длинах [Л. 18]. Учет всех видов теплоотдачи спирали чрезвычайно сложен, поэтому в первом приближении примем с запасом, что все тепло отдается излучением к ограждениям. При таком подходе  $\alpha_{\text{к}} = 0$ , и по аналогии с предыдущим выводом получим:

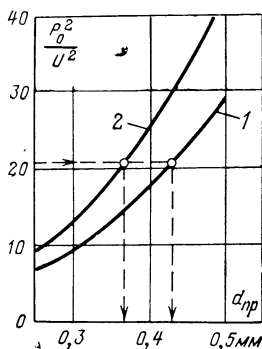


Рис. 32. Графическое определение диаметра проволоки нагревателя по уравнению (27).  
1 —  $t_{\text{н}} = 700^\circ\text{C}$ ; 2 —  $t_{\text{н}} = 850^\circ\text{C}$

$$\frac{10,6}{\rho t} \left( \frac{T_{\text{н}}}{100} \right)^4 d_{\text{пр}}^3 = \frac{P_{\text{ст}}}{U^2}; \quad d_{\text{пр}} = \sqrt[3]{\frac{\rho t P_{\text{ст}}}{10,6 U^2} \left( \frac{100}{T_{\text{н}}} \right)^4}. \quad (28)$$

С целью оценки погрешности вычислим температуру  $t_{\text{н}}$  для электрокамина «Багдад» мощностью 1 кВт, напряжением 220 В, двумя ступенями нагрева и спиралью из нихрома Х20Н80-Н диаметром 0,36 мм:

$$\rho t = \rho_{20} (R_t / R_{20}) = 1,08 \cdot 10^{-6} \cdot 1,018 = 1,1 \cdot 10^{-6} \text{ Ом} \cdot \text{м};$$

$$\left( \frac{T_{\text{н}}}{100} \right)^4 = \frac{1,1 \cdot 10^{-6}}{10,6 \cdot 0,36^3 \cdot 10^{-9}} \left( \frac{1000}{2 \cdot 220} \right)^2 = 11\,460,$$

откуда  $T_{\text{н}} = 1037 \text{ К}$  или  $t_{\text{н}} = 764^\circ\text{C}$ . Кроме того, непосредственно измеренная пирометром класса 1,5 температура спирали составила примерно  $700^\circ\text{C}$ , т. е. погрешность расчета приблизительно равна  $+10\%$ . Сюда входит и поправка на взаимное облучение витков, поэтому точность (28) представляется вполне удовлетворительной.

Длину проволоки  $L_i$  вычисляют по общей формуле (2). Наружный диаметр витка спирали должен быть примерно на 1 мм меньше внутреннего диаметра трубки; шаг спирали рекомендуется принимать не менее  $3d_{\text{пр}}$ .

**Трубчатый нагревательный элемент** (рис. 31,в). Зависимость  $t_n = f(W_n)$  (§ 4) относилась к ТЭН диаметром 11,8 мм с неизвестной степенью черноты и охватывала температуры до 675°C [Л. 6]. Для более общего анализа рассмотрим диапазон стандартных диаметров 8—13 мм при температурах 700—850°C. Наименьшее значение определяющего конвективный режим произведения критериев GrPr будет иметь место при  $d_n = 8$  мм и  $t_n = 850^\circ\text{C}$ , наибольшее — при  $d_n = 13$  мм и  $t_n = 700^\circ\text{C}$ . Для определяющих температур, равных средним температурам  $0,5(850+700) = 775^\circ\text{C}$  и  $0,5(700+700) = 700^\circ\text{C}$  находим по данным [Л. 5] (аналогично расчету в § 4):

$$(\text{GrPr})_{435} = 0,0211 \cdot 10^8 \cdot 0,008^3 (850-700) = 0,898 \cdot 10^3;$$

$$(\text{GrPr})_{360} = 0,034 \cdot 10^8 \cdot 0,013^3 (700-700) = 4,7 \cdot 10^3.$$

В указанном диапазоне значений GrPr расчетная формула коэффициента теплоотдачи свободной конвекцией для горизонтальной трубы имеет вид  $\alpha_k = A(\Delta t/d_n)^{0,25}$ , где  $A$  при интересующих нас средних температурах 360—435°C составляет в среднем 0,9 [Л. 5]. Конвективный тепловой поток, Вт, при этом равен:

$$P_k = 1,05 F_n (t_n - 20)^{1,25} / d_n^{0,25}.$$

Лучистый тепловой поток, Вт, составляет:

$$P_{\text{л}} = 5,7 \epsilon_n [(T_n/100)^4 - (293/100)^4] F_n \approx 5,7 \epsilon_n (T_n/100)^4 F_n.$$

Искомая удельная поверхностная мощность, Вт/м<sup>2</sup>, будет равна:

$$W_n = (P_k + P_{\text{л}}) / F_n = 1,05 (t_n - 20)^{1,25} / d_n^{0,25} + 5,7 \epsilon_n (T_n/100)^4. \quad (29)$$

Степень черноты ТЭН  $\epsilon_n$  может колебаться в широких пределах в зависимости от материала, чистоты поверхности и температуры. Наиболее реальны в данном случае значения  $\epsilon_n = 0,6 \div 0,7$ , соответствующие оболочке из нержавеющей стали при многократном нагреве свыше 700°C и охлаждении. Кроме того, с погрешностью не более 5% можно принять среднее в рассматриваемом диапазоне диаметров ТЭН значения  $d_n = 10$  мм. Для указанных условий (29) принимает более простой вид:

$$W_n = 3,32 (t_n - 20)^{1,25} + 3,7 (T_n/100)^4. \quad (29a)$$

Задавшись одним из стандартных значений диаметра  $d_n$  и приемлемой температурой  $t_n$ , находят значение  $W_n$  по (29) и активную длину ТЭН  $l_i = P_{0i}/\pi d_n W_n$ .

**Нагреватель с намоткой оксидированной проволоки виток к витку на гладком керамическом стержне**

(рис. 31,з). Данный случай близок к предыдущему в части конвективного теплового потока, если пренебречь разницей в коэффициенте теплоотдачи свободной конвекцией для гладкого и слегка гофрированного стержней. Рабочей поверхностью здесь будет значение  $F_n = 0,5\pi d_{np} L_i$ , вдвое меньшее, чем у открытой со всех сторон проволоки. При подсчете лучистого теплового потока учтем, что поверхность источника излучения имеет в данном случае вогнутости; согласно данным [Л. 5] расчет следует вести по условной «обтягивающей» поверхности  $F'_n$ , подсчитанной для гладкого цилиндра с диаметром  $d_n$ . На основании изложенного в качестве расчетной можно использовать (29), вводя во второй член поправку

$$\frac{F'_n}{F_n} = \frac{F'_n}{F_0} \frac{F_0}{F_n} = \frac{d_n}{d_n - d_{np}} \left( \frac{2}{\pi} \right) = \frac{0,637 d_n}{d_n - d_{np}},$$

т. е. расчетная формула будет иметь вид:

$$W_n = \frac{P_k + P_l}{F_n} = 1,05 \frac{(t_n - 20)^{1,25}}{d_n^{0,25}} + 3,63 \frac{\epsilon_n d_n}{d_n - d_{np}} \left( \frac{T_n}{100} \right)^4. \quad (30)$$

Для характерных значений  $d_n = 12$  мм,  $d_n/(d_n - d_{np}) \leq 1,05$  и  $\epsilon_n = 0,98$  (соответствует окисленной нихромовой проволоке уже при  $t_n = 500^\circ$  [Л. 5]) выражение (30) примет вид:

$$W_n = 3,16 (t_n - 20)^{1,25} + 3,74 (T_n/100)^4, \quad (30a)$$

очень схожий с видом формулы (29a) для ТЭН.

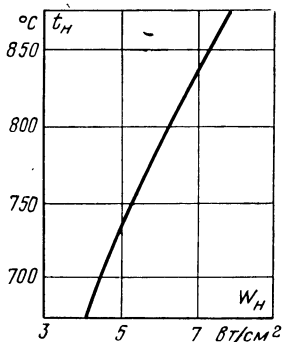


Рис. 33. Зависимость температуры нагревателя электрокамина (ТЭН, оксидированная проволока с намоткой виток к витку) от удельной поверхностной мощности по уравнению (31).

Осредняя коэффициенты в обоих выражениях, получаем обобщенную формулу для ТЭН и нагревателей из оксидированной проволоки

$$W_H \approx 3,24 (t_H - 20)^{1,25} + 3,72 (T_H/100)^4. \quad (31)$$

Графическая интерпретация (31) представлена на рис. 33. С учетом соотношения между электрическими параметрами  $d_{\text{пр}}^2 = 4L_i \rho_{0i} / \pi U^2$  получим после подстановки  $0,5\pi d_{\text{пр}} L_i = F_H = P_{0i} / W_H$  и значения  $W_H$  из (31):

$$d_{\text{пр}} = \sqrt[3]{\frac{8\rho_i P_{0i}}{\pi^2 W_H U^2}} = \sqrt[3]{\frac{\rho_i P_{0i}}{U^2 [4 (t_H - 20)^{1,25} + 4,6 (T_H/100)^4]}}. \quad (32)$$

Определив далее по формуле (2) длину проволоки  $L_i$  и зная диаметр керамического стержня  $d_c$ , можно найти число витков проволоки  $n$  и длину активной части нагревателя  $l_i$ :

$$n = L_i / \pi (d_c + d_{\text{пр}}); \quad l_i = n d_{\text{пр}} = L_i d_{\text{пр}} / \pi (d_c + d_{\text{пр}}). \quad (33)$$

**Проволока на керамическом стержне с винтовой канавкой глубиной 0,5  $d_{\text{пр}}$**  (рис. 31,б). Приближенный расчет (с некоторым завышением температуры  $t_H$ ) можно вести по формулам предыдущего случая, подставляя степень черноты для чистой нихромовой проволоки  $\epsilon_H = 0,75$  и принимая средний диаметр витка равным диаметру стержня  $d_c$ :

$$W_H = 3,32 (t_H - 20)^{1,25} + 4,28 (T_H/100)^4; \quad (34)$$

$$d_{\text{пр}} = \sqrt[3]{\frac{\rho_i P_{0i}}{U^2 [3,7 (t_H - 20)^{1,25} + 5,27 (T_H/100)^4]}}; \quad (35)$$

$$l_i = n s = L_i s / \pi d_c, \quad (36)$$

где  $L_i$  вычисляется по формуле (2) после округления  $d_{\text{пр}}$  до стандартного значения;  $s$  — шаг винтовой канавки, принимаемый равным  $(3 \div 5) d_{\text{пр}}$ .

**Поправка на влияние отражателя и соседнего нагревателя.** Как показали исследования ВНИИЭТО, указанные поправки зависят от отношения  $R/d_H$ , где  $R$  — расстояние фокусной точки от отражателя по оптической оси или расстояние между соседними нагревателями;  $d_H$  — диаметр нагревателя (для спирали в кварцевой трубке — диаметр спирали). Это влияние проявляется лишь при малых значениях  $R/d_H$  (меньше 3) и может быть

учтено увеличением температуры нагревателя на 3—5%. Рекомендуется принимать  $R/d_n$  не менее 2,5.

**К выбору параметров отражателя.** Форма и размеры отражателя электрокамина определяют ряд радиационных характеристик прибора, из которых по ГОСТ 308-69 нормируется пока лишь одна — установившаяся максимальная температура  $t_{\text{макс}}$  поверхности, находящейся на расстоянии 0,5 м от нагревателя. Проверка на соответствие требованию стандарта ( $t_{\text{макс}} \leq 90^\circ\text{C}$ ) проводится обычно на завершающей стадии разработки прибора и нередко вызывает необходимость переделки отражателя — самой трудоемкой детали изделия.

Аналитическое выражение для  $t_{\text{макс}}$  может быть получено из условия теплового равновесия зачерненной медной пластины, к которой крепится термopара по методике ГОСТ 308-69. Рассматривая эту пластину как абсолютно черное тело, получаем:

$$E_0 = W_K + W_L = 1,175 \Delta t \sqrt[4]{\Delta t} + 5,7 [(T_{\text{макс}}/100)^4 - (T_{\text{в}}/100)^4], \quad (37)$$

где  $E_0$  — энергетическая освещенность пластины (лучистый поток на единицу поверхности);  $W_K = \alpha_K \Delta t$  — удельный конвективный тепловой поток от пластины к окружающему воздуху с температурой  $t_{\text{в}}$ ;  $\alpha_K = 1,175 \sqrt[4]{\Delta t}$  — коэффициент теплоотдачи свободной конвекцией от вертикальной пластины [Л. 20], Вт/(м<sup>2</sup>·°C);  $\Delta t = t_{\text{макс}} - t_{\text{в}}$ , °C;  $W_L = 5,7 [(T_{\text{макс}}/100)^4 - (T_{\text{в}}/100)^4]$  — удельный лучистый тепловой поток от пластины к ограждениям;  $T_{\text{в}} \approx \approx T_{\text{огр}}$  — абсолютные температуры воздуха и ограждений, К;  $T_{\text{макс}} = t_{\text{макс}} + 273$  К.

Для интересующих нас условий  $t_{\text{макс}} \leq 90^\circ\text{C}$  и  $t_{\text{в}} = 20^\circ\text{C}$  находим:

$$E_0 \leq 1,175 \cdot 70 \sqrt[4]{70} + 5,7 (3,63^4 - 2,93^4) = 905 \text{ Вт/м}^2.$$

Не учтенные здесь потери тепла в деревянную стенку испытательного стенда идут в запас по отношению к максимально допустимой температуре  $t_{\text{макс}}$ .

Энергетическая освещенность  $E_0$  может быть измерена радиометром той или иной конструкции [Л. 21], и это может оказаться удобнее, чем поиск максимальной температуры на стенке испытательного стенда.

Дальнейшее облегчение конструирования отражателя возможно в случае установления однозначной зависимости

сти между энергетической освещенностью на заданном расстоянии от электрокамина и каким-либо характерным конструктивным параметром — например, лучистым потоком  $P_{\text{л}}$  на единицу площади светового окна  $F_{\text{с}}$ .

Для сравнения вариантов с одним и тем же видом нагревателя можно оперировать с полным тепловым потоком  $P_0$ . Подобные зависимости еще не установлены, поэтому мы ограничимся пока приведением в табл. 7

Таблица 7

### Характеристики отражателей электрокаминов

Показатель	Модель электрокамина				
	«Багdad»	«Уголек»	«Кварц»	DS-22R (Япония)	«Тулузе»
Мощность, Вт . . . . .	1000	1250	1000	1000	1250
Тип нагревателя . . . . .	СК	ОП	СК	СК	СК
Число нагревателей, шт. . . . .	2	2	2	2	2
Тип отражателя . . . . .	И	И	И	И	О
Площадь светового окна, см <sup>2</sup> . .	772	690	864	595	907
Удельная нагрузка светового окна, Вт/см <sup>2</sup> . . . . .	1,3	1,82	1,16	1,68	1,38

Примечания: 1. СК—стираль в кварцевой трубке; ОП—оксидированная проволока. 2. И—индивидуальный для каждого нагревателя; О—общий.

некоторых параметров ряда электрокаминов, удовлетворяющих требованиям ГОСТ 308-69. В предварительных расчетах можно ориентироваться на отношение  $P_0/F_{\text{с}} = 1,3 \div 1,6$  Вт/см<sup>2</sup>.

## 12. ПРОЧИЕ ИНФРАКРАСНЫЕ ЭЛЕКТРООБОГРЕВАТЕЛИ

Термин «инфракрасный электрообогреватель» не входит в ГОСТ 15047-69 на термины, поэтому нуждается в разъяснении. В теории теплового излучения термин «инфракрасный» относится к лучистым потокам с длиной волны в интервале 0,8—800 мкм. В общем случае нагретое тело излучает энергию в широком спектре длин волн, где представлено и так называемое видимое излучение с более короткими волнами. В практически интересной для электроотопления области температур нагревательных элементов (до 900—1000°C) инфракрас-

Таблица 8

## Технические характеристики инфракрасных электрообогревателей

Изготовитель	Модель	Мощность, кВт	Исполнение	Габариты (длина × высота × глубина), мм	Число ступеней нагрева	Масса, кг	Прочие данные
США: American-Standard	Серия 100	1,0—1,5 1,5—3,0	C C	492×315×118 572×388×127	— —	5,2 9,3	Нихромовая лента. Регулятор мощности или переключатель. Четыре нихромовых нагревателя в трубах из материала "Усог". Регулятор мощности. Клавишные выключатели
	HBT	0,75	C	437×310×76	1	5,7	Нагреватель — проводящее покрытие на специальном термостойком стекле "Ругек" толщиной 6 мм. Встроенный или выносной терморегулятор. Ограждение из прутков
	SPT	1,25	C	595×500×76	1	10,0	Нихромовая спираль. Терморегулятор
	HWT	1,5—3,0	C	980×(336—520)×(51—77)	1	11,8—16,8	
	HWB	0,4—0,65 1,32	Пл П	934×184×51 934×184×51	1 1	5,7 5,7	
Robbins and Myers	HWB	1,5—4,0	C	578×(308—790)	—	7,7—17,9	
Испания, Sol-Thermic	"Junior"	0,6; 0,8	C	420×(490—590)×50	1	—	Нагреватель — проводящее металлическое покрытие на тыльной стороне греющей панели. Встроенный терморегулятор
	"Medium"	1,1; 1,3	C	420×(920—1020)×50	1	—	
	"Senior"	1,6; 2,0	C.	420×1280×50	1	—	
Австрия, Elin-Union	TV2	2,0	П	560×440×130	3	10,0	Спираль в кварцевой трубке. Передняя и задняя стенки из полупрозрачного термостойкого стекла
	TF2	2,0	П	660×495×220	3	16,0	То же, но со стенками из сетки. Роликовые опоры



Изготовитель	Модель	Мощность, кВт	Испол- нение <sup>1</sup>	Габариты (длина × высота × глубина), мм	Число ступеней нагрева	Масса, кг	Прочие данные
Австрия, Elin-Union	—	2,0	П	660×570×220	3	42,0	Два скрытых нагревателя с отдельными отражателями. Ро- ликовые опоры. Отделка под мрамор или слоновую кость
		0,35	С	115×165×90	1	1,0	ТЭН. Терморегулятор для за- щиты помещения от замерзания
ФРГ: Fakir AEG	FSG IW20	0,6	С	180×320×100	1	—	То же
		0,5	С	90×330×90	1	1,5	"
		2,0	С	170×520×170	3	2,0	Два ТЭН в корытообразном отражателе. Две сигнальные лампы. Шарнирная подвеска
ВНР	P-205 P-306	2,0	П	700×620×220	2	—	Два или три плоских нагре- вателя; в каждом — два U-об- разных ТЭН, запрессованных между листами алюминия
		3,0	П	680×575×265	3	—	"
СРР	PX	1,0	Н	—	1	—	Две спирали в керамических оболочках
СССР	ЭК-2 „Масс“	1,0	П	488×436×177	1	5,4	ТЭН, окруженный сеткой с трех сторон Отражатель отсут- ствует
		0,5	П	625×140×100	1	4,0	ТЭН в квадратном корпусе с отверстиями. Отражатель от- сутствует

<sup>1</sup> См. примечание к табл. 2 и 4.

ное излучение является преобладающим, а при температурах ниже 400—500°C — практически единственным.

Таким образом, в принципе можно относить к инфракрасным все радиационные электроотопительные приборы (включая электрокамины), классифицируя их по уровню температуры излучателя (низкотемпературный, среднетемпературный, высокотемпературный). Подобная классификация рассматривается международными организациями по стандартизации, однако до изменения действующих стандартов мы будем различать электрокамины по ГОСТ 308-69 и прочие инфракрасные электрообогреватели, из которых рассмотрим приборы с нагревательными элементами, имеющими температуру ниже видимого свечения (для металлов не более 500—550°C). Приборы с более высокими температурами, примыкающими к «каминному» интервалу (600—700°C или 850—1000°C), практически ничем не отличаются от электрокаминов.

Нижнюю границу температуры инфракрасных нагревателей имеет смысл установить по требованию обязательности ограждения, препятствующего случайному прикосновению к горячим частям. Таким граничным значением можно принять 110°C — максимально допустимую температуру корпуса электрокамина по ГОСТ 308-69. Приборы с меньшей рабочей температурой отдают обычно тепло всей поверхности и относятся к радиаторам и греющим электропанелям (см. ниже).

Исходя из подобной классификации, можно указать ряд характерных особенностей инфракрасных электрообогревателей, которыми следует руководствоваться при разработке подобных приборов и составлении технических условий.

Ввиду отсутствия видимого свечения нагревателя ограждающая решетка должна проверяться на случайное прикосновение к токоведущим частям по ГОСТ 14087-68 шарнирным испытательным пальцем диаметром 12 мм (вместо пробника диаметром 30 мм для электрокаминов). Наличие отражателя специально не оговаривается; могут найти спрос также приборы с обогревом в разные стороны.

Для уменьшения габаритов, массы и стоимости прибора рекомендуется повышать температуру нагревательного элемента (в установленных пределах). При этом максимальная температура нагревательного элемента

оговаривается в технических условиях на прибор. Остальные технические требования и методы испытаний можно заимствовать из действующего ГОСТ 308-69 на электрокамины.

Рекомендации по использованию инфракрасных электрообогревателей во многом те же, что и для электрокаминов. Следует лишь иметь в виду, что со снижением рабочей температуры нагревателя уменьшается доля его излучения в общем балансе тепла, поэтому в помещениях с недостаточной теплоизоляцией и сквозняками, а также на открытом воздухе рекомендуется применять инфракрасные электрообогреватели с отражателем и более высокой рабочей температурой нагревателя.

При настенном использовании приборов необходимо учитывать повышенную чувствительность головы человека к инфракрасному излучению. Чем больше температура нагревателя, тем ниже должен располагаться прибор. Длительное пребывание в одной позе под высокотемпературным тепловым излучением не рекомендуется. Оптимальное расположение инфракрасных настенных панелей — в зоне до 1 м над полом.

Технические характеристики современных инфракрасных электрообогревателей приведены в табл. 8.

**Зарубежные инфракрасные электрообогреватели.** В качестве стационарных приборов для основного электроотопления жилых помещений получили распространение главным образом в США. Фирма American-Standard выпускает два типа подобных приборов в настенном исполнении. Приборы имеют форму плоских коробок, заднюю стенку которых образует отражательный лист, полированный и хромированный, а переднюю — мелкая решетка или сетка для защиты от прикосновения. Некоторая конвективная циркуляция у нагревателей позволяет установить в нижней части приборов терморегулятор со стороны подсасываемого воздуха. Для нагревательных элементов в моделях обеих серий установлен высокий гарантийный срок — 5 лет.

Аналогичные настенные обогреватели, но с W-образным ТЭН выпускает фирма Wiegand. Варьируется мощность (0,75—1,0 кВт), напряжение (120, 208 и 240 В) и исполнение (утопленное в стене или чисто настенное). Все 12 моделей имеют в нижней части встроенный терморегулятор, использующий конвективный поток воздуха.

Две серии инфракрасных электрообогревателей фир-

мы Robbins and Myers имеют отражатели из полированного алюминия.

Оригинальную конструкцию инфракрасных электрообогревателей освоила фирма Berko Electric с проводя-

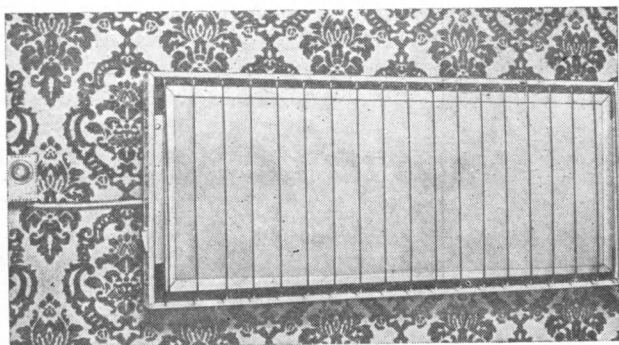


Рис. 34. Настенный инфракрасный электрообогреватель (Испания).

щим покрытием на стекле. За стеклом находится алюминиевый рефлектор; между ними, а также между рефлектором и задней стенкой прибора проходят конвективные потоки воздуха.

По американской лицензии испанская фирма Sol-Thermic выпускает инфракрасные панели с температурой поверхности примерно  $200^{\circ}\text{C}$  и ограждающей решеткой. Этот тип приборов интересен нагревательным элементом в виде проводящего металлического покрытия на обратной стороне стального листа, изолированного термостойкой эмалью. Изоляция наносится несколькими слоями, нагреваемыми до высокой температуры, необходимой для адгезии и обеспечения стекловидного состояния. На внешнюю сторону нанесено защитно-декоративное хромовое покрытие толщиной 16 мкм. Хромированная прутковая решетка препятствует случайному прикосновению к рабочей поверхности с повышенной температурой.

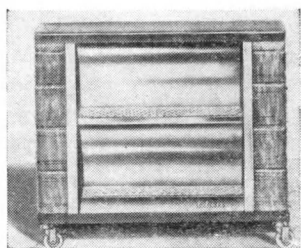


Рис. 35. Передвижной инфракрасный электрообогреватель (Австрия).

В отдельном теплоизолированном отсеке прибора размещен мембранный терморегулятор (на фреоне) с чувствительностью  $\pm 1^{\circ}\text{C}$ , который может быть и выносным (рис. 34).

Остальные европейские инфракрасные электрообогреватели относятся главным образом к двум основным направлениям. Первое из них — переносные напольные или настольные приборы. Фирма Elin-Union выступила

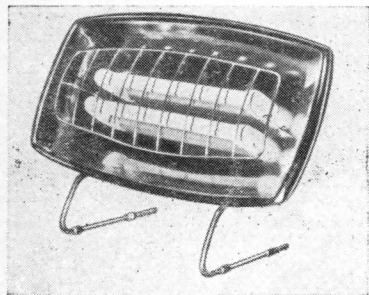


Рис. 36. Инфракрасный электрообогреватель с керамическим нагревателем (Румыния).

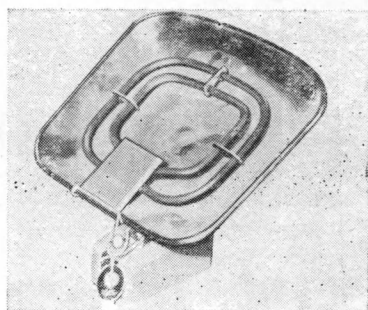


Рис. 37. Инфракрасный электрообогреватель для вспомогательных помещений (ФРГ).

с несколькими новыми моделями, две из которых заслуживают внимания. Модель TV2 имеет ограждения из специального полупрозрачного стекла «Protexit», мощность четырех нагревателей регулируется переключателем. Прибор характерен современной строгой прямоугольной формой с лаконичными ручками и опорами. Отсутствие видимого свечения нагревателей компенсируется двумя лампами подсвета. Несмотря на большую мощность, прибор имеет незначительную массу. Оригинально устроен другой прибор той же фирмы (рис. 35), оформленный под кафельную печь, излучающую тепло двумя отражателями со скрытыми нагревателями.

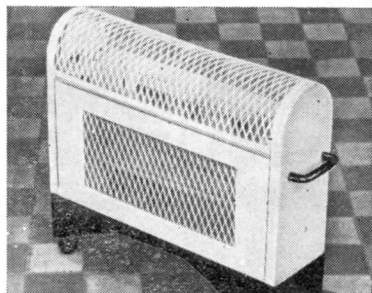
Интересны также некоторые конструкции стран—членов СЭВ: модель РХ, у которой спирали помещены в керамическую оболочку типа стеатитовой (рис. 36), и унифицированная серия с нагревательными панелями модели Р-206 и Р-306. Каждая такая панель имеет мощность 1 кВт, приборы состоят из двух или трех панелей, размещенных внутри штампованного ограждения.

Регулируют мощность переключателем.

К другому направлению использования инфракрасных электрообогревателей в Европе относятся настенные приборы для обогрева периодически используемых помещений с повышенной влажностью (кухонь, ванных и т. п.). Как правило, нагревателем является здесь ТЭН в корытообразном отражателе, обычно без ограждения, если прибор подвешивается высоко (рис. 37).

Одна из моделей UW-20 фирмы AEG имеет поворотный хромированный отражатель, нагреватели из нержавеющей стали, шнурковый переключатель и две сигнальные лампы (по одной на каждый ТЭН) — характерный признак нагревателя невидимого свечения.

К инфракрасным обогревателям относятся также маломощные отопительные приборы, предохраняющие помещение от замерзания. У модели FSG фирмы Fakir мощность 0,5 кВт. В нижней части штампованного ограждения находится терморегулятор, автоматически включающий прибор при снижении температуры помещения до  $+5^{\circ}\text{C}$ . Аналогичные приборы выпускаются фирмами AEG, «Elin-Union» и рядом других.



**Отечественные инфракрасные электрообогреватели.** Промышленностью выпускаются две модели

ЭК-2 и «Миасс». Напольная модель ЭК-2 (рис. 38) имеет один низкотемпературный ТЭН, окруженный с трех сторон проволочной сеткой. Ввиду отсутствия отражателя направленное действие прибора невелико, однако он пользуется спросом из-за простой и надежной конструкции, удобства сушки вещей (в том числе и прямо на приборе), возможностью применения для различных целей. Прибору нужен более современный внешний вид и переключатель на две ступени нагрева.

Прибор «Миасс» создан на базе электрообогревателя для вагонов и имеет скорее промышленный, чем бытовой вид (рис. 39). Нагревателем является здесь низкотемпе-

Рис. 38. Напольный инфракрасный электрообогреватель ЭК-2 (СССР).

ратурный ТЭН в штампованном ограждении с отверстиями. Вместо данного прибора целесообразно выпускать серию переносных инфракрасных электрообогревателей от 0,5 до 1,25 кВт с современным внешним видом и от-

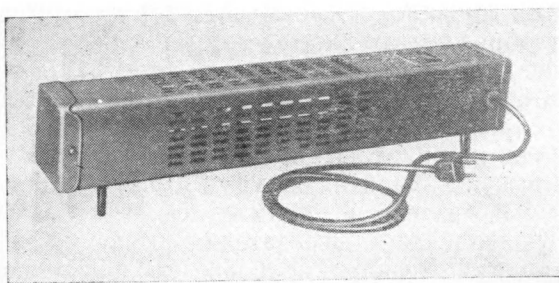


Рис. 39. Инфракрасный электрообогреватель «Миасс» (СССР).

ражателем, а в приборах 1,0 и 1,25 кВт предусмотреть переключатель или клавишные выключатели.

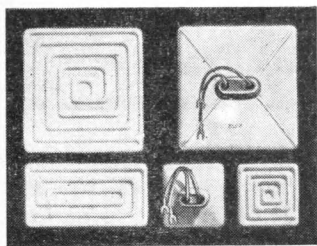


Рис. 40. Керамические инфракрасные нагреватели (ФРГ).

Инфракрасные электрообогреватели весьма перспективны для условий СССР, и работу над ними следует вести по всем основным направлениям. По сравнению с электрокаминами они более долговечны, а по сравнению с электрорадиаторами легче и меньше. Применяемые здесь низкотемпературные ТЭН не требуют периклаза такого высокого качества, как в электрокаминах. Как

показало исследование, существенный технико-экономический эффект может быть получен от замены ТЭН в инфракрасных электрообогревателях на менее дефицитные нагреватели, в частности спираль в керамике (запрессованная или вставленная). При этом следует использовать опыт, накопленный в промышленном электронагреве с керамическими нагревателями. На рис. 40 показаны элементы инфракрасных электрообогревателей фирмы Elstein, собранный из отдельных плиток

с запрессованными спиралями. Аналогичные нагреватели в фаянсовых плитках для технологических нужд выпускает одно из московских предприятий.

Расчет инфракрасных электронагревателей в большинстве случаев не отличается по методике от расчета электрокаминов. Исключением является спираль в непрозрачной керамике, где перепады температуры могут при низкой теплопроводности достигать  $100^{\circ}\text{C}$  на 1 мм толщины изоляции. При расчете нагревателя температуру рабочей поверхности можно предварительно принимать равной  $450\text{--}500^{\circ}\text{C}$ , затем по (29) найти удельную поверхностную мощность нагревателя  $W_n$  и, наконец, по заданной номинальной мощности определить поверхность нагревателя  $F_n = P_0 / W_n$ . Толщину керамического слоя следует выбрать такой, чтобы температура спирали не превышала  $850\text{--}900^{\circ}\text{C}$ . Вычисление перепада температур производится по известным формулам теплопроводности.

## Глава четвертая

### ЭЛЕКТРОРАДИАТОРЫ И ПРОЧИЕ НИЗКОТЕМПЕРАТУРНЫЕ ЭЛЕКТРООТОПИТЕЛЬНЫЕ ПРИБОРЫ

#### 13. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О НИЗКОТЕМПЕРАТУРНЫХ ЭЛЕКТРООТОПИТЕЛЬНЫХ ПРИБОРАХ

По ГОСТ 15047-69 электрорадиатором называется *отопительный электроприбор с теплопередачей конвекцией и излучением от поверхности корпуса*. Необходимо уточнить, что речь идет о неогражденной поверхности, температура которой у стационарных приборов ограничивается строительными нормами и правилами. Максимальная температура отдельных участков с точки зрения ожога человека при случайном прикосновении не должна превышать  $140^{\circ}\text{C}$ , как у корпуса электрокамина по ГОСТ 308-69, а средняя температура рабочей поверхности с точки зрения возгонки пыли должна быть не более  $85\text{--}95^{\circ}\text{C}$  — предельных значений, принятых соответственно для приборов центрального водяного отопления и подоконных бетонных отопительных панелей [Л. 12].

Таким образом, электрорадиаторами можно называть низкотемпературные бытовые электроотопительные приборы, отдающие тепло внешней неогражденной поверхностью со средней температурой около  $100^{\circ}\text{C}$ , когда конвективный и лучистый тепловые потоки почти одинаковы.

В конструктивном отношении различают низкотемпературные БЭОП с промежуточным теплоносителем и так называемые «сухие»



электрорадиаторы, к которым относятся также греющие электропанели.

Учитывая относительно большую долю конвективной составляющей теплоотдачи в низкотемпературных БЭОП, не следует использовать их в помещениях с плохой теплоизоляцией и на открытом воздухе. От этих приборов (особенно при промежуточном теплоносителе) нельзя ждать столь же быстрого получения тепла, как от электрокаминов и электротепловентиляторов: маслонаполненный электрорадиатор выходит на установившийся температурный режим за 25—35 мин.

Наиболее целесообразно использование низкотемпературных БЭОП в тех случаях, когда общий обогрев помещения с достаточной теплоизоляцией желательно совместить с местным лучистым обогревом. Электрорадиаторы безопасны с точки зрения прикосновения; при соответствующем регулировании у них можно уменьшить мощность и связанную с ней температуру поверхности.

Следует также учитывать, что длительное тепловое излучение от источников с температурой около 100°C плохо воспринимается человеком. Настенные низкотемпературные БЭОП следует укреплять не особенно высоко (см. рекомендации по инфракрасным электрообогревателям) и лишь при температурах до 50°C расположение прибора практически не имеет значения.

#### **14. ЭЛЕКТРОРАДИАТОРЫ С ПРОМЕЖУТОЧНЫМ ТЕПЛОНОСИТЕЛЕМ**

**Принцип действия и классификация.** Электрорадиаторы с промежуточным теплоносителем являются электрическим вариантом традиционных радиаторов водяного и парового отопления. Их принцип действия основан на естественной циркуляции теплоносителя и показан на рис. 41,а. В герметичном корпусе 1 находится жидкий теплоноситель 2 (обычно минеральное масло), заполняющий почти весь рабочий объем прибора, за исключением верхней части, компенсирующей температурное расширение жидкости. Вокруг расположенного в нижней части электронагревателя 3 возникает нагретый слой; имеющий меньшую плотность, чем остальная жидкость, поэтому «всплывающий» вверх. Восходящий поток жидкости 4 проходит посредине между стенками корпуса прибора, а по стенкам вниз опускается более холодная жидкость 5, отдавшая им свое тепло. Теплоноситель может также изменять агрегатное состояние и являться двухфазным. Нагреватель размещается при этом в жидкой фазе, занимающей сравнительно небольшую часть объема и находящейся в стадии интенсивного испарения. Пар заполняет остальную часть объема и конденсируется на стенках корпуса, отдавая им теплоту парообразования. Конденсат по стенкам стекает вниз к нагревателю.

Электрорадиаторы с однофазным теплоносителем различаются также по конструкции корпуса, которая может быть секционной или панельной. Корпус испарительно-конденсационных электрорадиаторов обычно оребряется. Другими классификационными признаками электрорадиаторов служат исполнение (напольные, настенные, передвижные), система контроля и регулирования (термоограничитель, переключатель, регулятор мощности, терморегулятор), а также наличие дополнительных устройств.

Типы и основные параметры бытовых маслонаполненных электрорадиаторов по ГОСТ 16617-71 приведены в табл. 9.

Буквы в табл. 9 означают: Р — электрорадиатор, М — маслонаполненный, А — автоматическое поддержание температуры воздуха в помещении, Б — бесступенчатое регулирование мощности, С — ступенчатое регулирование мощности, Т — термоограничитель. Пример условного обозначения маслонаполненного электрорадиатора с бесступенчатым регулированием мощностью 1 кВт и напряжением 220 В:

Электрорадиатор РМБ-1,0/220 ГОСТ 16617-71.

**Основные технические требования.** Специфические требования к переносным маслонаполненным электрорадиаторам изложены в ГОСТ 16617-71. Нормируются вид теплоносителя (минеральное масло), максимальная температура рабочей поверхности в условиях нормальной эксплуатации (не более  $105^{\circ}\text{C}$ ), удельная поверхностная мощность погружного нагревательного элемента (не более  $3 \text{ Вт/см}^2$ ), гарантийная наработка (не менее 3000 ч для самих приборов и не менее 10 000 ч для трубчатых электронагревателей). Приборы массой более 10 кг должны иметь приспособления для переноса или передвижения.

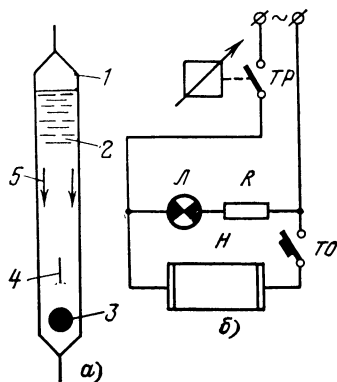


Рис. 41. Принципиальная (а) и электрическая (б) схемы электрорадиатора с промежуточным теплоносителем.

Н — нагреватель; ТР — терморегулятор; ТО — термоограничитель; Л — сигнальная лампа; R — резистор.

Электрорадиаторы всех типов должны автоматически отключаться термоограничителем или регулятором мощности при температуре поверхности, превышающей ее максимальное эксплуатационное значение, но в пределах 130°C.

Электрорадиатор типа РМА должен иметь выносной терморегулятор со шкалой, автоматически поддерживающий температуру в помещении в интервале от +10 до +30°C (см. электрическую схему на рис. 41,б).

Таблица 9

**Типы и параметры маслонаполненных электрорадиаторов**

Обозначение типа	Наименование типа	Номинальная мощность, кВт	Номинальное напряжение, В
РМА	Электрорадиатор с автоматическим регулятором температуры воздуха в помещении	0,5; 0,8; 1,0; 1,25	127; 220
		1,6; 2,0	220
РМБ	Электрорадиатор с регулятором мощности	0,5; 0,8; 1,0; 1,25	127; 220
		1,6; 2,0	220
РМС	Электрорадиатор с переключателем мощности	0,5; 0,8; 1,0; 1,25	127; 220
		1,6; 2,0	220
РМТ	Электрорадиатор с термоограничителем	0,5; 0,8 1,0	127; 220

Электрорадиатор типа РМБ должен иметь встроенный регулятор мощности, плавно изменяющий продолжительность включения электрорадиатора и его среднюю потребляемую мощность. Одна из крайних установок должна соответствовать номинальной мощности прибора, другая — некоторой средней мощности, не превышающей половину номинальной.

Электрорадиатор типа РМС должен иметь не менее двух ступеней нагрева для приборов мощностью до 1,25 кВт и не менее трех для более мощных приборов.

Технические характеристики современных электрорадиаторов приведены в табл. 10.

**Зарубежные электрорадиаторы.** Производство электрорадиаторов является традиционным для европейских фирм, главным образом английских (Dimplex, Powell Duffryn, Elektrolux, Harper и западногерманских (Thomas, Mayer, Günther, Zanker-Forbach, Baufa-Werke). Их выпускают также отдельные фирмы во Франции (Brunner PRL), Голландии (AGA), Австрии (Elin-Union), Финляндии (Högfors), страны — члены СЭВ и Югославия.

В ассортименте широко представлены оба конструктивных типа — секционные и панельные. Секционная конструкция, заимствованная у паровых и водяных радиаторов, позволяет развить рабочую поверхность и получить в приемлемых размерах большую мощность (до 3—4 кВт). Узким местом являются здесь стыки секций, которые должны быть тщательно уплотнены или заварены. Взаимное облучение секций повышает долю тепла, отдаваемого конвекцией. Корпус панельных электрорадиаторов сваривается из двух половин, целиком штампуемых из тонкого стального листа. Для жесткости и некоторого увеличения рабочей поверхности на плоском корпусе предусматриваются углубления различной конфигурации. Панельные электрорадиаторы занимают меньше места (особенно при подвеске на стенке) и легче очищаются от пыли.

Низкая температура и наличие теплоносителя обуславливают значительно большую массу маслонаполненных электрорадиаторов по сравнению с электроконвекторами — около 20 кг на каждый киловатт мощности. Поэтому все крупные переносные электрорадиаторы снабжаются приспособлениями для удобства перемещения — роликовыми опорами (иногда допускающими снятие роликов в стационарном положении), ручками переноса и т. п. По желанию покупателей электрорадиаторы вместо опор могут комплектоваться подвесками. Многие фирмы за дополнительную плату предлагают специальные навесные планки для сушки белья. Иногда на базе небольших плоских электрорадиаторов с помощью навесной рамы создается специальная сушилка для белья, включаемая в каталог отдельной позицией.

Ввиду опасности перегрева масла в герметичном объеме важнейшими элементами электрорадиаторов являются защитные и регулирующие устройства. Чаще всего встречаются торцевой регулятор мощности, позволяющий плавно изменять продолжительность включения

Изготовитель	Модель	Мощность, кВт	Исполнение	Габариты (длина × высота × глубина), мм	Устройство и ступени регулирования	Масса, кг	Прочие данные
<i>Маслонаполненные электрорегистраторы</i>							
Англия: Dimplex	ACH 300, ETC 210	0,3—0,45	С, П	(638—752) × 381 × (89 или 228)	Термоограничитель	7,7—9,5	Панельный с подвесками или ножками. По заказу планка для сушки. Глубина на настенного прибора 80 мм, напольного — 228 мм
Powell Duffryn	A 38—E 420	0,5—2,0	С, П	От 660 × 550 × (89 или 228) до 1460 × 690 × (89 или 228)	Регулятор мощности и термоограничитель	13,6—31,7	То же. По заказу — поворотные ролики, планки для сушки
	№ 100-270	1,0—3,0	П	(482—1143) × 610 × (89 или 228)	То же	22,7—55,2	Секционный
	EP1—EP11	0,75—2,0	С	(786—1625) × (458—762)	—	—	Панельный. По заказу — ножки и ролики. Четыре вида окраски
	„Decor“ D1—D4 EC22—EC24	0,75—1,5 1,0—2,0	П П	(864—1070) × 660 × 90 (482—915) × 534 × 90	—	—	То же
ФРГ: Mayer Thomas	Тип I—IV 5510 G—5530 G	1,0—2,5 1,0—3,0	П П	610 × 480 × 160 810 × 680 × 220 (590—890) × (510—660) × (160—220)	Переключатель Трехпозиционный переключатель и выносной терморегулятор	30,0—60,0 24,0—36,0	Секционный на опорах. По заказу комплектуется подвесками Секции испытываются под давлением Секционный на роликах. Может накрываться плоской решеткой
	ET1000—ET3000	1,0—3,0	П	(520—940) × (480—680) × 210	Переключатель. В остальных моделях — регулятор мощности и таймер. ET3000 — с выносным терморегулятором	—	Секционный на роликах. Цвет — слоновая кость
Бельгия, Interdetail	RA-1, RB-1, RC-1	1,0—1,5	П	(985—1431) × (540—685) × 165	Регулятор мощности	—	Панельный. В опорах — гнезда для роликов, поставляемых по заказу

Продолжение табл. 10

Изготовитель	Модель	Мощность, кВт	Исполнение	Габариты (длина × высота × глубина), мм	Устройство и ступени регулирования	Масса, кг	Прочие данные
Франция, PRL	He-de-France	0,95—4,5	П	(440—1040) × 740 × (160—220)	Переключатель и встроенный терморегулятор	25,0—90,0	Секционный на роликах
Голландия, AGA	„Thermo III“	1,5	П	780 × 500 × 190	Регулятор мощности по температуре масла (до 90°C)	35,0	То же
Финляндия, Höpors	„Thermel“	0,5—2,0	П	(580—1250) × (495—645) × 90	Выводной терморегулятор	13,0—50,0	Секционный на ножках
СССР	„Ява-Элор“	2,0	П	730 × 670 × 270	Может работать с терморегулятором и таймером	55,0	Секционный на роликах Сигнальная лампа
СРР, ELTIM	„Фаворит“	0,9—1,8	П	От 605 × 365 × 145 до 712 × 730 × 250	Встроенный терморегулятор	—	То же
ВНР	„Хайду“	1,0	П	980 × 510 × 200	Регулятор мощности	—	Панельный на опорах
НРБ	„Торсен“	2,0—3,2	П	(735—754) × (1020—1490) × (195—260)	То же	—	То же. Сдвоенные панели
СССР	РМТ-0,5	0,5	П	677 × 575 × 170	Термоограничитель или регулятор мощности	10,0	Панельный на опорах
	„Иссык-Куль“	1,0	П	905 × 712 × 170	Регулятор мощности	17,0	То же
<i>Испарительное оборудование для инкационных электродов</i>							
ФРГ, Händrichs-Auffermann	„Heizkönig-Standard“	1,5—4,5	С, П	(840—1450) × (290—420) × 150	Терморегулятор	—	Оребренные трубки со специальной жидкостью, испаряемой в вакууме погруженным нагревательным элементом

1 См примечание к табл. 2.

и одновременно выполняющий функции термоограничителя. Его надежность зависит от того, насколько точно следует температура датчика за температурой масла или корпуса. В конструкциях фирм Powell Duffryn (тип «Decor»), Haerger, Brunner коробки терморегуляторов прижаты к корпусу; в электрорадиаторах фирм Dimplex и Fakir терморегулятор вынесен на торец и реагирует, вероятно, на некоторую среднюю температуру корпуса и воздуха. На максимальной уставке регулятора мощности электрорадиатор обычно работает без отключения. При этом мощность можно изменять переключателем, если имеется несколько нагревательных элементов, что предусмотрено в конструкциях фирм Thomas, Mayer, Baader.

Наименее подвержен тепловому воздействию прибор а выносной терморегулятор, автоматически поддерживающий заданную температуру воздуха помещения. Периодически отключающиеся электрорадиаторы часто имеют две сигнальные лампы. Одна из них указывает на присоединение прибора к сети, другая загорается только при работе нагревателя.

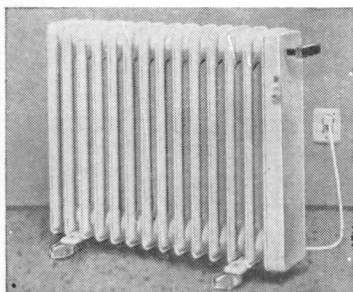


Рис. 42. Секционный электрорадиатор (ФРГ).

Примером современной секционной конструкции может служить серия электрорадиаторов фирмы Thomas (рис. 42). Характерны сравнительно плоские и почти

прямоугольные секции с минимальными радиусами закруглений, строгая прямоугольная форма коммутирующей коробки (включающей термоограничитель) и ручки, обтекаемая форма узла роликов, наличие сигнальной лампы, окраска цвета слоновой кости. Масса электрорадиаторов данной серии на единицу мощности составляет 22—24 кг/кВт. По желанию потребитель может приобрести дополнительное устройство в виде навесной прямоугольной рамки с сеткой. Аналогичный внешний вид имеют приборы фирм Mayer, Zanker-Forbach, PRL и некоторых других. Фирма Ismet (ФРГ) рекламирует также серию секционных электрорадиаторов, размещающихся под подоконником.

Современными моделями секционных электрорадиаторов располагают Румыния и Чехословакия. На рис. 43 показаны четыре прибора серии «Фаворит» с терморегуляторами на торце. Предприятие ELTIM (ССР) освоило новую серию приборов мощностью от 1 до 2 кВт с термоограничителем и температурой рабочей поверхности не более  $85^{\circ}\text{C}$ . Высоким техническим уровнем отличается новая модель «Ява-Элор» (ЧССР) с термо-

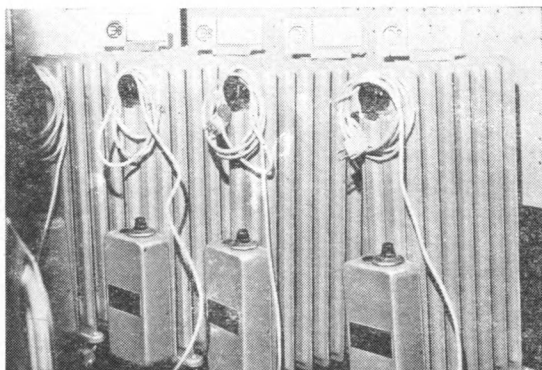


Рис. 43. Серия секционных электрорадиаторов (Румыния).

ограничителем и клавишным переключателем на три ступени мощности.

Секционная конструкция позволяет испытывать прибор на герметичность повышенным давлением. Так, например, фирма Maier испытывает отдельные секции при избыточном давлении  $6 \cdot 10^5$  Па, а весь прибор в рабочих условиях при  $3 \cdot 10^5$  Па. Оригинальную, надежную и технологичную конструкцию секционного электрорадиатора из труб предлагает фирма Fakir, хотя его внешний вид ближе к промышленному, чем к бытовому отопительному прибору.

Современная конструкция панельного электрорадиатора показана на примере венгерской модели «Хайду» (рис. 44). Прибор имеет оригинальное оформление внешней поверхности кремового цвета с темной окантовкой, плоский корпус, торцевой терморегулятор и прутковые опоры. Аналогичный внешний вид имеет последняя серия электрорадиаторов «Decor» фирмы Powell Duffryn,



серия OF фирмы Electrolux, бельгийская модель «VBM-Commodore» мощностью 1 и 1,5 кВт. Продолжают выпускаться известные панельные электрорадиаторы фирмы Dimplex мощностью 0,5—2 кВт, но их внешний вид следует признать менее современным, чем у перечисленных выше. Интересен подход фирмы к комплектации приборов: потребитель по желанию получает либо литые опоры, либо подвески, а за дополнительную плату — поворотные ролики, планки для сушки мелких вещей, соединительные секции.

В целом зарубежные электрорадиаторы выпускаются, как правило, сериями со значительным диапазоном мощностей, с унифицированными узлами, деталями и комплектующими изделиями, в различных исполнениях — настенном, напольном, передвижном. Так, фирма Dimplex выпускает 3 серии и 11 моделей, а фирма Powell Duffryn — 3 серии и 19 моделей, причем покупатель может выбирать любой из четырех цветов — белый, кремовый, бронзовый или золотой. Электрорадиаторы оснащаются

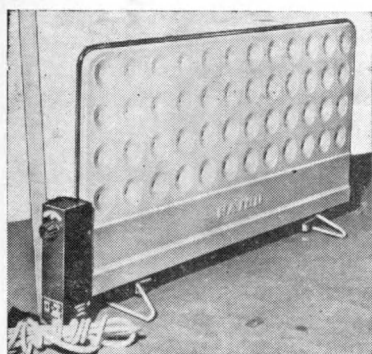


Рис. 44. Панельный электрорадиатор (Венгрия).

регулирующими и вспомогательными устройствами, их конструкцию стремятся сделать наиболее удобной и полезной для потребителя. Большинство электрорадиаторов имеют гарантийный срок службы 1 год, но фирма Dimplex дает гарантию на два года. Уделяется внимание изысканию новых сортов масла: фирма Baader рекламирует прибор с маслом для температур от  $-30$  до  $+195^{\circ}\text{C}$ .

Наряду с традиционными маслонаполненными электрорадиаторами за рубежом в последние годы появились некоторые конструкции, основанные на другом принципе. В частности, фирма Hindrichs-Auffermann изготавливает электрорадиаторы из горизонтальных оребренных труб, вакуумированных и частично заполненных специальной жидкостью. При нагреве жидкость испаря-

ется и конденсируется на более холодной рабочей поверхности, нагревая ее за 15 мин до 120°C. Системы из двух или трех труб образуют стационарные или передвижные приборы разной мощности, более компактные по сравнению с секционными маслонаполненными электрорадиаторами и менее инерционные, что облегчает комфортное и экономное регулирование комнатной температуры автоматическим термостатом. Передвижной прибор может закрываться кожухом; помимо эстетичности это увеличивает конвективную долю теплоотдачи. Испарительно-конденсационные электрорадиаторы стоят не дороже секционных маслонаполненных. Фирма гарантирует их работу в течение трех лет.

**Отечественные электрорадиаторы.** Оба выпускаемых промышленностью электрорадиатора мощностью 0,5 и 1 кВт идентичны по конструкции и внешнему виду. Плоский корпус с углублениями заполнен трансформаторным маслом и имеет внизу утолщенную цилиндрическую полость, куда входит U-образный ТЭН. К торцам ТЭН примыкает коробка терморегулятора ТРГ-1, биметаллический датчик которого имеет уставки «выше» и «ниже» и реагирует на некоторую среднюю температуру помещения и корпуса прибора. Предусмотрен также аварийный выключатель, срабатывающий при перегреве масла выше допустимого предела.

Недостатками указанных электрорадиаторов являются устаревший внешний вид и неудачная конструкция терморегулятора ТРГ-1, который не обладает необходимой чувствительностью и по существу не соответствует своему главному назначению — автоматически поддерживать температуру воздуха в помещении. Кроме того, термоограничитель здесь может срабатывать без замены лишь 10 раз, в то время как новый ГОСТ 16617-71 вообще не ограничивает число его срабатываний. Поэтому некоторые заводы при модернизации приборов мощностью 0,5 кВт заменили терморегулятор ТРГ-1 на простой и надежный термоограничитель многократного действия.

Готовится к выпуску новая модель панельного электрорадиатора типа РМБ мощностью 1,25 кВт. Прибор имеет современный внешний вид (рис. 45) и встроенный бесступенчатый регулятор мощности, одновременно выполняющий функции термоограничителя. Предполагается выпустить серию подобных приборов, в первую очередь мощностью 0,5 и 0,8 кВт.

Электрорадиаторы выпускаются в количестве около 200 000 шт. в год, причем спрос на них полностью не удовлетворяется. По прогнозам на 1975 г. потребуется около 400 000 электрорадиаторов; их показатели должны быть улучшены, а ассортимент расширен как по мощностям, так и по типам. Наиболее совершенные приборы должны иметь выносной автоматический терморегуля-

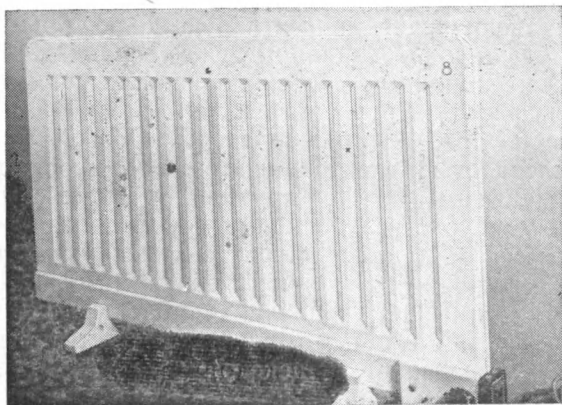


Рис. 45. Панельный электрорадиатор (СССР).

тор, термоограничитель многократного действия, устройства для удобства перемещения и сушки мелких вещей. Более простые и дешевые типы могут регулироваться переключателем мощности (при двух нагревательных элементах) либо иметь встроенный регулятор мощности.

#### **15. «СУХИЕ» ЭЛЕКТРОРАДИАТОРЫ И ГРЕЮЩИЕ ЭЛЕКТРОПАНЕЛИ**

Технические характеристики данной группы БЭОП приведены в табл. 11. Оригинальные конструкции приборов, выпускаемых фирмами Belling (Англия), Daaldegор, Inventum (ФРГ). Фактически они являются панелями, и к электрорадиаторам их отнесли здесь из-за традиционного внешнего вида. Отличить такие приборы от маслонаполненного электрорадиатора можно, пожалуй, лишь по отсутствию в нижней части утолщения для нагревательного элемента, который здесь распределен по всему объему и чаще всего представляет собой нихромовую проволоку в той или иной электрической изоля-

Таблица 11

Технические характеристики "сухих" электрорадиаторов и греющих панелей

Изготовитель	Модель	Мощность, кВт	Исполнение	Габариты (длина × высота × глубина), мм	Устройство и ступени регулирования	Масса, кг	Прочие данные
ФРГ: Daalderop	286, 20-29	1,0—2,0	П, С	980 × (270—465) × (56—100)	Переключатель, выносной терморегулятор	—	Нагревательный элемент в тройной изоляции. Толщина панели 12 мм. При мощности 2 кВт — две отдельные панели
Италия: Inventum	3015, 3016, KG41, KG51	1,0—1,75	П, С	1038 × 405	Регулятор мощности	—	3015 и 3016 — настенные модели, KG41 и KG51 — напольные. Обрезиненные ролики
Англия, Belling	—	1,0	П	840 × 600 × 128	То же	8,0	Проволока сопротивления в асбестовой изоляции.
ЕКО	—	1,0	П	850 × 610 × 215		—	Проводящее покрытие на термостойком стекле
Бельгия, АСЕС	Тип VI	0,2	С	320 × 620 × 10	—	3,0	—
Испания, Sol-Thermic	"Decorado"	0,6—2,0	С	Аналогично соответствующим данным табл. 8		—	Декоративный рисунок. Проводящее покрытие.
Австрия, Elin-Union	"Thermokachelit"	2,0	П	680 × 580 × 220	Три ступени нагрева	55,0	Отделка кафелем. Перемещается на роликах
США, American-standard	Серия 600	0,375—0,5	Пт	1250 × 647 × 21	Регулятор мощности	10,7	Нагреватель — перфорированная фольга между листами полистирола. Фиброгласовое покрытие

Пт — поточный. Остальное — см. примечания к табл. 2.

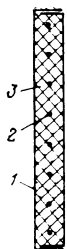


Рис. 46. Принципиальная схема «сухого» электрорадиатора.

1 — корпус; 2 — нагревательный элемент; 3 — электрическая изоляция.

ции (рис. 46). «Сухие» электрорадиаторы выполняются в настенном, напольном и передвижном исполнениях. Регулируются переключателями мощности с возможным подключением к выносному терморегулятору либо бесступенчатым регулятором мощности, срабатывающим от температуры поверхности. Достоинствами подобных конструкций является простота, отсутствие опасности перегрева масла и нарушения герметичности, малая инерционность. Низкая стоимость «сухих» электрорадиаторов свидетельствует об экономической эффективности подобных конструкций.

Наиболее обширна программа производства «сухих» электрорадиаторов фирмы Daalderop. Базовыми являются две модели с одинаковой длиной 980 мм и глубиной корпуса всего 12 мм, не имеющие переключателей. Высота 270 мм при мощности 0,6 кВт и 465 мм при мощности 1 кВт. За счет сдвигания панелей как с переключателем (тумблерным или клавишным), так и без него,

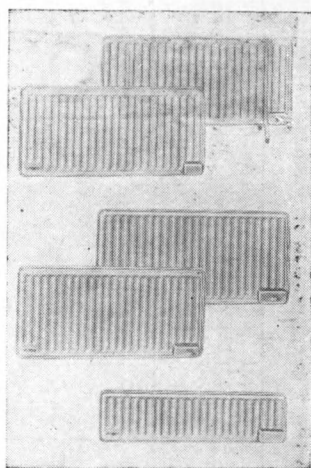


Рис. 47. Серия «сухих» электрорадиаторов (ФРГ).

а также применения в двух вариантах роликов получена унифицированная серия из девяти моделей (рис. 47). За отдельную плату потребитель может иметь встроенный или выносной терморегулятор, который в самом дорогом исполнении является влагозащищенным. Умеренная температура поверхности приборов позволяет монтировать их вплотную к деревянной стене. Нагревателем является электрическое сопротивление в тройной изоляции. Предлагаются несколько вариантов расцветки, преимущественно нейтральных тонов. Опоры име-

ют пластиковое покрытие, не оставляющее следов при перемещении.

«Сухой» электрорадиатор фирмы Belling (рис. 48) интересен нагревателем, которым является очень тонкая проволока сопротивления, размещенная между слоями асбестового картона. Близкий по внешнему виду к двум указанным выше «сухой» электрорадиатор фирмы Inventum выпускается двумя моделями, каждая из которых может поставляться в настенном и передвижном исполнениях. Несколько по-иному оформлен прибор швейцарской фирмы Ассит, имеющий гладкий и почти квадратный алюминиевый корпус с ручкой для переноса. Обе мощности (1 и 1,2 кВт) соответствуют одним размерам при массе 6 кг.

Греющими электропанелями будем называть низкотемпературные БЭОП, имеющие плоский гладкий прямоугольный корпус незначительной глубины. Как правило, они имеют настенное или напольное исполнение.

Греющая электропанель RP1 мощностью 1 кВт фирмы ЕКСО выполнена из толстого (около 5 мм) специального стекла, на которое зигзагом напылено проводящее покрытие. Стекло вставлено в металлическую раму бронзового цвета. Имеется лампа подсвета и может быть установлен бесступенчатый регулятор мощности. Предусмотрено настенное и напольное исполнение. Рабочая температура стекла составляет 100—105°C.

Типичной для гладких панелей является серия потолочных моделей фирмы American-Standard.

В патентной литературе последних лет непрерывно растёт доля изобретений, посвященных греющим электропанелям, в том числе приспособленным для массового производства. Интересны так называемые «гомогенные» нагреватели из проводящей резины и пластмассы, тканые нагреватели на базе стекловолокна, вырубленные из фольги проводники и т. п. Как правило, эффективные изобретения в области бытовых приборов реализуются в течение нескольких лет, и уже сейчас появляются при-

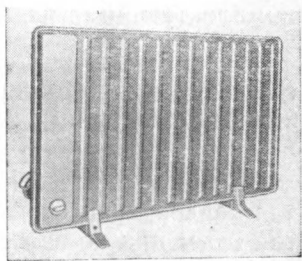


Рис. 48. «Сухой» электрорадиатор (Англия).

боры, созданные на базе изобретений, запатентованных в период 1965—1970 гг. Одним из подобных приборов является низкотемпературная модификация упоминавшегося в § 12 прибора испанской фирмы Sol-Thermic, использующей американскую лицензию. Панель имеет меньшую температуру, чем ее прототип и не требует ограждения, что позволило нанести на внешнюю поверхность декоративный рисунок. Основой по-прежнему является металлический лист с изолирующим и проводящим покрытиями. Две параллельные панели могут образовать напольный прибор; в этом случае между ними проходит воздух, снимая часть тепла, т. е. имеет место комбинация внешней теплоотдачи излучением и конвекцией с внутренней чисто конвективной теплоотдачей.

Отечественная промышленность пока не выпускает «сухих» электрорадиаторов и греющих электропанелей, однако макетные и опытные образцы различных приборов подобного типа уже созданы. «Сухие» электрорадиаторы легче, дешевле и надежнее традиционных маслянаполненных, к тому же здесь не требуются дефицитные ТЭН и герметичный корпус. Разработка «сухих» электрорадиаторов и греющих электропанелей должна проводиться унифицированными сериями с идентичными комплектующими изделиями.

## 16. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОСНОВНЫХ ПАРАМЕТРОВ НИЗКОТЕМПЕРАТУРНЫХ ЭЛЕКТРООТОПИТЕЛЬНЫХ ПРИБОРОВ

**Размеры рабочей поверхности.** Для характерного случая теплоотдачи от гладкой вертикальной панели высотой 0,5 м или немногим больше<sup>1</sup> конвективный тепловой поток, Вт, составляет:

$$P_K = \alpha_K \Delta t_{cp} F = 1,175 F (t_{cp} - 20)^{1,333}$$

где  $\alpha_K = 1,175 \sqrt[1,333]{t_{cp} - 20}$ , Вт/(м²·°С) [Л. 20];  $t_{cp}$  — средняя температура панели, °С;  $F$  — площадь поверхности панели, м².

---

<sup>1</sup> Превышение идет в запас, так как критическая высота ламинарного течения с минимальным коэффициентом теплоотдачи составляет согласно [Л. 20] для  $\Delta t_{cp} = 85 - 20 = 65^\circ\text{C}$ ,  $h_{кр} = 1,89 / \sqrt[1,333]{65} = 0,47$  м.

Лучистый тепловой поток, Вт, от панели к ограждениям с температурой 20°C при этом равен:

$$P_{\text{л}} = 5,7\varepsilon [(T_{\text{ср}}/100)^4 - (293/100)^4] F = \\ = 5,7\varepsilon [(T_{\text{ср}}/100)^4 - 74] F.$$

Используя указанные выражения, находим удельную поверхностную мощность панели, Вт/м<sup>2</sup>:

$$W = (P_{\text{к}} + P_{\text{л}}) / F = 1,175 (t_{\text{ср}} - 20)^{1,333} + \\ + 5,7\varepsilon [(T_{\text{ср}}/100)^4 - 74]. \quad (38)$$

Задавшись значением  $t_{\text{ср}}$  и оценив степень черноты  $\varepsilon$ , можно определить удельную мощность  $W$  по (38) и найти искомую рабочую поверхность панели  $F = P_0 / W$ . Высота  $b$  и длина  $l$  панели определяется из соотношений  $bl = F$  для приборов с односторонней теплоотдачей и  $bl = 0,5F$  для свободно стоящих напольных приборов. Конкретные значения  $b$  и  $l$  выбираются с учетом как технико-экономических, так и эстетических соображений (о так называемом «золотом сечении» см. § 4).

Для вдвоенной панели с площадью  $2F$ , мощностью  $2P_0$  и достаточно большим зазором посредине можно пренебречь лучистым теплообменом внутренних поверхностей и разностью между конвективными потоками с внешней и внутренней сторон. В этом случае в предыдущих выводах тепловой поток  $P_{\text{л}}$  уменьшится вдвое и

$$W = 1,175 (t_{\text{ср}} - 20)^{1,333} + 2,85\varepsilon [(T_{\text{ср}}/100)^4 - 74], \quad (39)$$

с последующими операциями  $F = P_0 / W$  и  $bl = 0,5F$ .

Упрощенные выражения могут быть получены, например, для характерных значений степени черноты  $\varepsilon = 0,9$  (эмалевый лак) и температуры  $t_{\text{ср}} = 85^\circ\text{C}$ . После подстановки в (38) найдем:

$$W = 770 \text{ Вт/м}^2; \quad F = P_0 / W = 1,3 \cdot 10^{-3} P_0, \text{ м}^2.$$

**Расчет нагревателя.** В электрорадиаторах с промежуточным теплоносителем пока применяются только трубчатые электронагреватели, хотя в принципе возможно использование и других решений. Исходными для расчета ТЭН являются требуемая мощность одного нагревателя  $P_{0i}$ , удельная поверхностная мощность нагревателя  $W_{\text{н}}$ , ограниченная, как правило, свойствами теплоносителя, и длина прибора  $l$ , полученная из предшествующе-



го расчета поверхности. При U-образной конфигурации ТЭН, удобной для одностороннего подвода шнура, его активная длина  $l_i$  приблизительно в 2 раза больше длины прибора  $l$ , т. е.  $l_i \approx 2l$ . Для указанных выше условий имеем:

$$P_0 = \pi d_n l_i W_n = 2\pi d_n l W_n,$$

$$\text{откуда} \quad d_n = \frac{P_0}{2\pi l W_n}. \quad (40)$$

Первоначально в формуле (40) следует подставлять максимально допустимое значение  $W_n$  (например,  $3 \times 10^4$  Вт/м<sup>2</sup> для маслонаполненных электрорадиаторов по ГОСТ 16617-71). Полученное значение  $d_n$  округляется до одного из целесообразных здесь стандартных значений 10 или 13 мм. В результате корректировки может измениться длина ТЭН  $l_i$  и длина прибора  $l$ . При указанном выше значении  $W_n$  температура ТЭН не достигает 150°C, а температура основной массы масла лишь незначительно превышает температуру рабочей поверхности. Расчет внутренней части ТЭН дан в [Л. 6].

Относительно нагревателей греющих панелей ограничимся указаниями на возможные пути расчета. В случае равномерного распределения нагревателя по объему корпуса, заполненного одним или несколькими видами изоляции, расчет ведется известными методами теории теплопроводности. Исходной является температура и размеры рабочей поверхности прибора; искомой является максимальная удельная поверхностная мощность нагревателя, при которой его температура не превысит предела надежности и безопасности, в том числе по условиям нагревостойкости изоляции.

В случае применения нагревателей в виде спирали или проволоки, омываемых воздухом, можно руководствоваться методами теории низкотемпературного электронагрева [Л. 16].

## Глава пятая

### ТЕПЛОАККУМУЛИРУЮЩИЕ И КОМБИНИРОВАННЫЕ ЭЛЕКТРООТОПИТЕЛЬНЫЕ ПРИБОРЫ

#### 17. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О ТЕПЛОАККУМУЛИРУЮЩИХ ЭЛЕКТРОПЕЧАХ

1 При наличии льготного тарифа на электроэнергию в часы недогрузки энергосистемы (ночью, а иногда и в некоторые дневные часы) для потребителя могут представить интерес теплоаккумулирующие электропечи (ТАЭП). В ГОСТ 15047-69 это название относит-

ся к электроотопительным приборам с инерционной тепловой изоляцией, однако подобное определение характеризует лишь одну сторону процесса работы ТАЭП — удержание тепла. Правильнее определять ТАЭП как приборы, у которых время потребления электроэнергии меньше времени отдачи тепла. Это достигается (по сравнению с приборами прямого электроотопления) увеличением установленной мощности, усилением тепловой изоляции и введением в конструкцию специального сердечника, аккумулирующего разность подводимого и отводимого тепловых потоков. При этом, естественно, значительно возрастают габариты, масса и стоимость приборов, однако при большом энергопотреблении повышенные единовременные

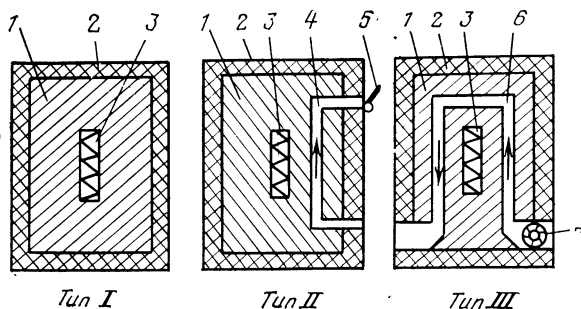


Рис. 49. Принципиальные схемы теплоаккумулирующих электропечей.

затраты могут окупиться за счет экономии на эксплуатационных расходах, если разница в обычном и льготном тарифах достаточно велика.

Принято классифицировать ТАЭП по способу отвода тепла. Принципиальные схемы трех основных типов показаны на рис. 49. Аккумулирующий сердечник 1, окруженный теплоизоляцией 2, нагревается изнутри электронагревательными элементами 3 и в наиболее простом конструктивном типе I отдает тепло излучением и конвекцией с внешней поверхности печи, как и рассмотренные ранее электрорадиаторы. На этом основании ТАЭП типа I иногда называют *аккумулирующими радиаторами*. Размеры прибора и его теплоизоляция подбираются так, чтобы разность температур поверхности и воздуха к концу зарядки была максимально допустимой, а к концу разрядки — минимальной.

Недостатком ТАЭП типа I является нерегулируемая теплоотдача, снижающаяся по мере остывания печи, поэтому без подзарядки днем подобные приборы мало эффективны в жилых помещениях.

В ТАЭП типа II тепло отводится не только с внешней, но и с внутренней поверхности, образованной вертикальными каналами 4 в сердечнике. Эту часть теплового потока можно регулировать, изменяя заслонкой 5 гидравлическое сопротивление каналов и расход воздуха через них. Управление заслонкой может быть как ручным, так и автоматическим (от таймера или комнатного терморегулятора). В ТАЭП типа II по сравнению с типом I имеется усиленная теплоизоляция и более стабильная теплоотдача, однако возможности

подобного регулирования довольно ограничены, и к концу разрядки отвод тепла все же уменьшается. В ТАЭП типа II преобладает теплоотдача свободной конвекцией, и их можно называть *аккумулирующими конвекторами*.

В наиболее эффективной конструкции типа III основной тепловой поток отводится вынужденной конвекцией, осуществляемой путем прокачки воздуха через П-образные каналы 6 в сердечнике электровентилятором 7, что позволяет называть подобные приборы *аккумулирующими тепловентиляторами*. Наружные потери тепла сводятся здесь к минимуму с помощью развитой теплоизоляции. Благодаря напору горячий воздух может выходить снизу горизонтальной струей, создавая более комфортное поле температур, чем при вертикально направленных свободных конвективных потоках. В ТАЭП типа III наиболее полно используется аккумулированное тепло, а теплоотдача автоматически поддерживается в необходимых пределах периодическим отключением вентилятора (или переключением его на другую скорость) регулятором температуры помещения. Преимущества печей типа III достигаются ценой усложнения конструкции и увеличения стоимости.

Возможны и комбинированные ТАЭП, например, типов II и III одновременно, когда вентилятор используется лишь в конце периода разрядки, а в остальное время печь работает бесшумно. Существуют также централизованные ТАЭП (квартирные, домовые и т. п.), которые являются уже не индивидуальными приборами, а комплектующим санитарно-техническим оборудованием жилых зданий и микрорайонов, и их рассмотрение выходит за рамки настоящей работы.

Технические условия на теплоаккумулирующие электропечи являются предметом обсуждения международных организаций по стандартизации. Многие общие требования будут по-прежнему базироваться на ранее согласованных рекомендациях (в СССР — ГОСТ 14087-68 и ГОСТ 303-69), однако предполагается введение ряда специфических требований и методов испытаний, уже принятых в некоторых странах.

Так, например, предельная разность температур выходящего и входящего воздуха принимается равной  $120^{\circ}\text{C}$  — больше, чем для электроконвекторов и электротепловентиляторов в стандартах СССР. Превышение температуры поверхности, доступной случайному прикосновению, над температурой окружающего воздуха допускается в пределах  $85^{\circ}\text{C}$ , а в недоступных местах — в пределах  $250^{\circ}\text{C}$ . Более горячие части закрываются устройствами, снимаемыми с помощью инструмента.

Ток утечки не должен превышать 1 мА на каждый киловатт установленной мощности ТАЭП и 10 мА на прибор в целом.

При испытании на влагостойкость образец должен находиться в камере влажности в течение 7 дней.

В отличие от принятого в ГОСТ 14087-68 испытания на наклонной плоскости устойчивость ТАЭП предлагается проверять усилием 200 Н, приложенным к верхней точке прибора при наименее устойчивом его положении.

Все ТАЭП должны маркироваться с указанием номинального времени зарядки и массы смонтированного прибора.

В стандартах отдельных стран содержатся требования к массе и объему ТАЭП. Так, например, по болгарскому стандарту БДС 2099-70 удельная масса ТАЭП должна быть не более  $8 \text{ кг}/(\text{кВт}\cdot\text{ч})$ , а удельный объем — не более  $11 \text{ дм}^3/(\text{кВт}\cdot\text{ч})$ .

## 18. КОНСТРУКТИВНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ ТЕПЛОАККУМУЛИРУЮЩИХ ЭЛЕКТРОПЕЧЕЙ

**Аккумулялирующий сердечник.** Важнейшими параметрами, во многом определяющими технико-экономические показатели ТАЭП, являются аккумулялирующая способность и стоимость материала сердечника, обычно относимые к  $1 \text{ м}^3$ . Практическое применение в бытовых индивидуальных ТАЭП пока находят твердые материалы, не изменяющие агрегатного состояния, у которых аккумулялирование тепла определяется теплоемкостью, плотностью и допустимым перепадом температур.

Более эффективные, но конструктивно сложные решения с использованием скрытой теплоты плавления или парообразования, а также химических реакций предпочитают применять в выносных аккумуляторах централизованных электроотопительных систем.

Наиболее распространенным материалом сердечника является магнетит, имеющий достаточно высокую аккумулялирующую способность. Менее эффективен, но более дешев шамот; возможно также использование стеатита и других видов огнеупорной керамики. Хорошие показатели имеют сплавы на основе чугуна с легирующими добавками для повышения жаростойкости, более дорогие, чем магнетит, и реже применяемые. Перспективны материалы, изготавливаемые методами порошковой металлургии, по аккумулялирующей способности близкие к чугуну, а по стоимости — к керамике. Подобный материал из порошка окиси железа под названием «феолит» начал, в частности, выпускаться в Англии; он примерно в 2 раза легче чугуна и имеет аккумулялирующую способность до  $614 \text{ кВт} \cdot \text{ч}/\text{м}^3$  [Л. 22]. Материалам сердечника ТАЭП посвящен специальный обзор [Л. 23].

Максимальная эксплуатационная температура сердечника обычно определяется не его термостойкостью, а надежностью нагревательных элементов и свойствами теплоизоляции (при открытых нагревателях — токами утечки). В большинстве случаев эта температура не превышает  $600^\circ\text{C}$ . Теплопроводность материала сердечника должна учитываться при расчете динамики процессов зарядки и разрядки. В частности, в ТАЭП типа III экономия объема сердечника благодаря применению чугуна будет сопровождаться усилением теплоизоляции, в связи с чем начал проявляться интерес к «слоистым» сердечникам, где слои чугуна перемежаются со слоями керамики.

Масса сердечника измеряется сотнями килограммов, и он обычно изготавливается и транспортируется отдельными блоками. Конструкция сердечника должна допускать замену нагревательных элементов и датчиков автоматики без разборки всей печи.

**Нагревательные элементы.** В ТАЭП с твердым сердечником применяются как трубчатые электронагреватели, так и открытые спирали. Последние дешевле и допускают большую температуру сердечника, однако предъявляют повышенные требования к электроизоляционным свойствам опорных деталей. Более надежны ТЭН, особенно при металлическом сердечнике, но их оболочка должна изготавливаться из специальных высоколегированных сплавов (инконель, инколлой и т. п.), а изоляция — из периклаза высшего класса.

Нагревательные элементы ТАЭП распределяются по всему объему сердечника и часто соединяются в параллельные группы для удобства регулирования мощности прибора и аккумулялированного им тепла. В ряде новых конструкций предусматривается отдельная группа нагревателей, которая в случае необходимости может включать-

ся днем. В печах типа I эти дополнительные нагреватели по конструкции и расположению аналогичны основным, в печах типа II их следует располагать в вертикальных каналах для воздуха, а в печах типа III — в воздуховоде после сердечника. Нагревателями для прямого нагрева воздуха могут служить оребренные ТЭН или открытые спирали.

**Средства управления и защиты.** Специфика аккумуляционного электроотопления (разделение периодов зарядки и разрядки, двойной тариф) обуславливает повышенные требования к системам и сред-

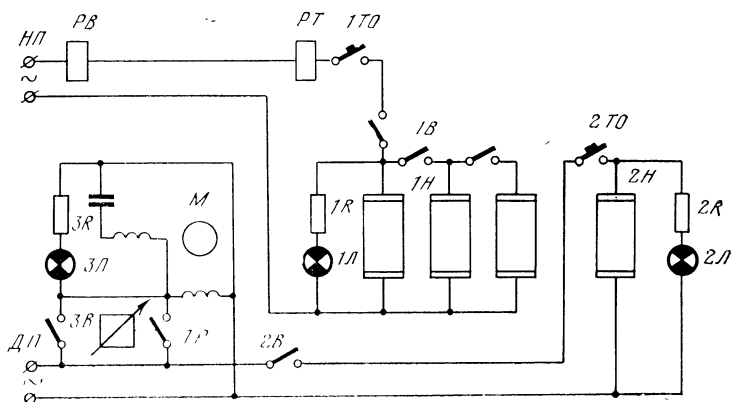


Рис. 50. Электрическая схема теплоаккумулирующей электропечи типа III.

*НП, ДП* — сети ночного и дневного питания; *1Н, 2Н* — нагреватели сердечника и дополнительный (дневной) нагреватель; *1В—3В* — выключатели нагревателей и вентилятора; *М* — двигатель вентилятора; *ТР* — комнатный терморегулятор; *1ТО, 2ТО* — термоограничители в зонах основного и дополнительного нагрева; *РВ* — реле времени; *РТ* — реле тока утечки; *1Л, 2Л, 3Л* — сигнальные лампы нагревателей и вентилятора; *1Р—3Р* — резисторы.

ствам управления и защиты ТАЭП. В общем случае здесь различают следующие электрические цепи: силовая цепь, отдельно питающая основные и дополнительные нагреватели; цепь контроля зарядки; цепь управления разрядкой (для печей типов II и III); цепь аварийной защиты. Электрическая схема ТАЭП типа III показана на рис. 50.

Силовая цепь управляет потребителем с помощью переключателя, устанавливающего к моменту начала зарядки мощность печи в пределах предусмотренного диапазона. Уставка переключателя выбирается на основании погоды за прошедший день и прогноза на следующий.

Наиболее ответственное решение приходится принимать владельцу печи типа I, особенно при отсутствии возможности подзарядки днем: при неточном прогнозе он рискует либо недогреть помещение, либо перегреть его и при этом перерасходовать плату за электроэнергию. В меньшей мере изложенное относится к печам типа II, а в печах типа III, хорошо удерживающих тепло, потребитель может без особого риска ошибиться в сторону завышения уставки.

Цепь контроля зарядки, автоматически отключающая силовую цепь, может управляться по-разному. В простейшем случае используется таймер, настроенный на число часов зарядки (равное или меньшее льготному времени). В более совершенных системах на цепь контроля зарядки воздействует устройство, суммирующее показание двух датчиков, один из которых учитывает погодные условия, а другой — запас не использованного ранее тепла в сердечнике к началу его зарядки. Независимо от перечисленных условий цепь контроля зарядки может реагировать на сигнал датчика предельной температуры сердечника, настройка которого производится предприятием-изготовителем. Подобные датчики выполняются манометрическими, dilatометрическими, биметаллическими и по типу термометров сопротивления.

Цепь управления разрядкой воздействует на заслонки в печах

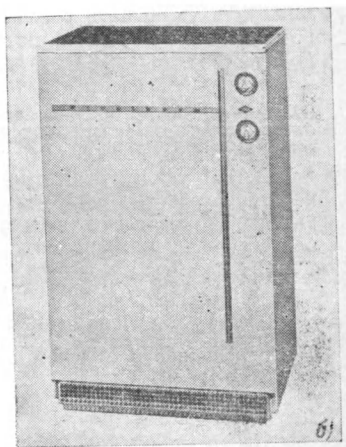
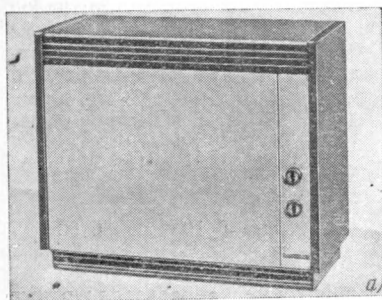


Рис. 51. Внешний вид теплоаккумулирующих электропечей (Франция).

а — тип II; б — тип III.

типа II и на вентилятор в печах типа III. Управление может быть ручным, автоматическим по времени (от таймера) и автоматическим от комнатного терморегулятора. В наиболее совершенных конструкциях регулирование теплоотдачи осуществляется путем периодического включения и выключения вентилятора, работающего в начале разрядки с минимальной скоростью, а затем автоматически переключаемого на более высокую скорость. В некоторых конструкциях часть воздуха направляется вентилятором мимо сердечника, смешиваясь затем с горячим воздухом; управление смешением осуществляется заслонкой с автоматическим приводом от датчика температуры выходящего воздуха, которая в этом случае поддерживается практически постоянной. Последнее обстоятельство имеет, например, значение для потребителей, предпочитающих находиться вблизи печи.

Цепь аварийной защиты (если она предусмотрена) должна полностью отключить питание ТАЭП в случае появления недопустимо высокого тока утечки. О работе основных цепей ТАЭП сигнализируют разноцветные лампы.

Коммутация всех элементов управления и защиты выполняется обычно с одной стороны под съемной частью внешнего корпуса.

Системам и средствам управления, регулирования и защиты ТАЭП посвящена обширная литература, в том числе иллюстрированные обзоры [Л. 24, 25].

**Тепловая изоляция.** Сохранение аккумулируемого тепла является одной из главных задач ТАЭП, поэтому выбору материала тепловой изоляции уделяется большое внимание. Этот материал должен обладать прежде всего низкой стабильной теплопроводностью в большом диапазоне температур, а также высокой термостойкостью. Желательна повышенная объемная теплоемкость, что позволит теплоизоляции частично выполнять функции сердечника и даст возможность уменьшить размеры последнего. Наконец, важным фактором является стоимость материала, который расходуется в больших количествах.

Наиболее распространенным теплоизоляционным материалом В ТАЭП пока является минеральная вата, в частности из кремнистого кальция. Применяются также плитки из указанного соединения. Поиском новых эффективных теплоизоляционных материалов для ТАЭП усиленно занимаются многие государственные и частные исследовательские организации [Л. 26, 27]. Ниже приводятся сравнительные данные для минеральной ваты и двух улучшенных, но более дорогих материалов.

Материал	Минеральная вата	Керамическое волокно + Al или Si	Основа — пори- стый крем- ний
Теплопроводность при 400°C, Вт/(м·°C) . . .	0,12	0,087—0,10	0,036

Перспективными считаются порошковые теплоизоляционные материалы — бентонит (смесь гидрата алюминия и кремнекислого магния), сепиолит (гидроокись кремнекислого магния), измельченный сульфат бария. Освоено производство микротерма: микропористой двуокиси кремния с добавками керамического волокна. Его теплопроводность ниже, чем у минеральной ваты, причем с повышением температуры эта разница увеличивается в пользу микротерма: отношение теплопроводностей при 0, 200 и 400°C составляют здесь соответственно 1,7—2,7—4,2. Изучается также эффективность вакуумирования порошковой теплоизоляции, а также заполнения пор газом с низкой теплопроводностью. Порошки применяются с оболочкой (в виде пакетов); имеются решения с распыляемыми и твердеющими аэрогелями.

**Внешний корпус.** Все узлы ТАЭП с внешней стороны закрыты прямоугольным корпусом с той или иной декоративной отделкой. На переднюю панель корпуса выносятся рукоятки или клавиши ручного управления, лимбы терморегуляторов и таймеров, сигнальные лампы. Печи типа III имеют в нижней части передней панели по всей ее ширине окно с декоративным ограждением для выхода воздуха. У печей типа II с естественной конвекцией выходное окно находится вверху, но часто размещается на задней панели; в этом случае они не отличаются по внешнему виду с фронта от печей типа I, которые вообще не имеют отверстий на корпусе, за исключением небольших вентиляционных щелей, например в зоне коммутации внутренних проводов.

## 19. СОВРЕМЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УРОВЕНЬ ТЕПЛОАККУМУЛИРУЮЩИХ ЭЛЕКТРОПЕЧЕЙ

Технические характеристики современных ТАЭП приведены в табл. 12. Производство ТАЭП сосредоточено в Европе, в первую очередь в Англии и ФРГ, где их выпускают почти все фирмы, имеющие отношение к бытовым электронагревательным приборам. Данную продукцию изготовляют также отдельные фирмы Франции (Apprimo, Brunner, ERO, Lemercier, Noiro), Бельгии (АСЕС), Швейцарии (Brown Boveri, Accum), Австрии (Elin-Union), Финляндии (Strömberg), а также страны—члены СЭВ и Югославия. В последние годы интерес к ТАЭП начала проявлять Япония. В США, где разница между обычными и льготными тарифами на электроэнергию, как правило, не велика, производство ТАЭП отсутствует.

В современную номенклатуру ТАЭП входят конструкции всех трех типов, объем производства которых варьируется в зависимости от спроса и исчисляется сотнями тысяч приборов. Примером конструкции типа I может служить серия ACS фирмы АСЕС. Мощность нагревательных элементов (а с ней и тепловой заряд) регулируется четырехпозиционным переключателем. Длительность зарядки можно регулировать также таймером, устанавливаемым вручную, или автоматически — по внешней температуре с помощью дополнительного устройства. Для удобства потребителей некоторые фирмы вводят в печи типа I дополнительные электронагреватели прямого нагрева мощностью до 1,5 кВт и устройства для автоматического включения при низкой температуре помещения, обеспечивают минимальную высоту для установки под окнами или минимальную глубину, варьируют отделку. Среди английских моделей более популярна отделка под мебель, среди западногерманских — под мрамор, кафель и т. п.

Конструкция современных ТАЭП типа II может быть рассмотрена на примере унифицированных серий «Loggaine» и «Anjou» фирмы ERO (рис. 51,а), включающих пять моделей и два исполнения — нормальное и «люкс». Первая серия имеет вход и выход воздуха с фронта, вторая — в обе стороны. Сердечник нагревается здесь закрытыми элементами типа «Calrod»; конвективный поток воздуха через вертикальные каналы регулируется заслонкой на выходе. Потребляемая мощность изменяется переключателем с числом ступеней нагрева от 3 до 6. С новыми разработками вступили на последних выставках фирмы Creda, Dimplex, Dunlop. Лучшие модели имеют как ручное, так и автоматическое управление регулирующей заслонкой. Большое внимание уделяется отделке приборов и выбору габаритов.

Современный технический уровень ТАЭП типа III можно проиллюстрировать несколькими примерами. Модели новой серии «Magnat nova» фирмы Elin-Union предназначены для зарядки в течение 8 ч. Необходимая аккумулирующая способность магнетитового сердечника устанавливается вручную бесступенчатым регулятором либо внешней системой автоматики. Отвод тепла осуществляется с помощью двухскоростного вентилятора, управляемого автоматическим комнатным терморегулятором. Температура выходящего воздуха контролируется специальным термоограничителем. При отключенном вентиляторе прибор длительно сохраняет накопленное тепло (не менее 2/3 за 16 ч). На случай необходимости дневного включения предусмотрен отдельный нагрев с двумя ступенями мощ-



## Технические характеристики теплоаккумулирующих электронагревателей

Изготовитель	Модель	Мощность, кВт	Тип	Габариты (длина × высота × глубина), мм	Устройство и ступени регулирования	Масса, кг	Прочие данные
Англия: Dimplex  Dunlop Westair	DSH42—DSH48	1,5—6,0	I	(440—1545) × 660 × 254	Ограничитель заряда от максимума до 1/4	—	Двойная теплоизоляция. По заказу выпуск воздуха в обе стороны
	D81—D83	2,0—3,375	II	(735—960) × (610—691) × 292	Автоматизированная заслонка	122—199	—
	CRA16—CRA27	2,0—3,375	II	(615—991) × 673 × 305	То же и регулируемый ограничитель заряда	100—171	—
	CSFH48	6,0	III	1168 × 794 × 343	Автоматическое регулирование разрядки	287	Дополнительные дневные нагреватели. Израсходование ночного заряда указывается сигнальной лампой
Revo	P30—P0	3,0—6,0	III	1015 × (650—836) × 337	Электронное управление частотой вращения вентилятора от термисторного устройства	199—358	—
Chidlow	703-M	3,5	III	353 × 753 × 330	Автоматическое регулирование разрядки	193	Сменная передняя панель различной расцветки
ФРГ, AEG	WSP10—	1—1,5	I	(535—750) × 650 × 180	Переключатель	65—95	—
	WSP15	3,0—8,0	III	(810—1120) × 650 × 360	То же и терморегулятор. Полностью автоматизированная серия	173—435	Двухскоростной вентилятор. Сигнальные лампы. По заказу — элементы дневного нагрева (до 1,5 кВт)
	WSP30—WSP40			(1250—1325) × 770 × 400			

Продолжение табл. 12

Изготовитель	Модель	Мощность, кВт	Тип	Габариты (длина × высота × глубина), мм	Устройство и ступени регулирования	Масса, кг	Прочие данные
Bauknecht	SP22—SP60	2,25—6,0	III	(720—2200) × (650—760)	Беступенчатое изменение заряда. Термоограничитель	174—375	Тангенциальный вентилятор. Дополнительные дневные нагреватели (до 2 кВт)
Fakir	—	2,5	III	800 × 500 × 200	Переключатель и терморегулятор	—	Вентилятор. Увлажнитель воздуха. Передвижная модель на роликах
Hofbauer	„Bavaria“	2,0	I	800 × 600 × 300	Переключатель (0,5; 1,0; 2 кВт) и таймер	—	Роликовые опоры. Гарантия на два года. Различная отделка
Австрия, Elin-Union	MN3—7,5	3,0—7,5	III	(886—1306) × (680—805) × 400	Беступенчатое изменение заряда. Выносной терморегулятор и термоограничитель	220—410	Сердечник из магнетита. Дополнительные дневные нагреватели 1 и 2 кВт. Различная отделка
Финляндия, Strömberg	RDLA32N1	3,2	III	1212 × 700 × 324	Выносной терморегулятор. Смесительный клапан с би-металлическим регулятором	1,0	Двухскоростной вентилятор мощностью 20 Вт. Дополнительные дневные нагреватели 0,8 кВт
Бельгия, ACEC	ACS ACD	2,5—4,0 4,5—6,0	I III	631—880 × 652 × 322 955 × 725 × 415 1075 × 785 × 415	Три ступени нагрева Три ступени нагрева. Терморегулятор	148—230 240—300	Двухцветный металлический корпус Двухскоростной вентилятор. Две сигнальные лампы. Дополнительные дневные нагреватели

Продолжение табл. 12

Изготовитель	Модель	Мощность, кВт	Тип	Габариты (длина × высота × глубина), мм	Устройство и ступени регулирования	Масса, кг	Прочие данные
Франция: ERO	AS135—AS262 AD301—803	3,0—6,0 3,0—8,0	II III	950 × (750—970) × (425—562) От 665 × 850 × 300 до 1000 × 1020 × 350	Переключатель и автоматизированная заслонка Три ступени нагрева Терморегулятор и термостат	220—370 180—400	Вход и выход воздуха с одной или двух сторон Двухскоростной вентилятор. Дополнительные дневные нагреватели 1—2 кВт
Applimo	D8—D8	3,0—8,0	III	От 800 × 700 × 455 до 760 × 1255 × 420	Две ступени нагрева Терморегулятор и термостат	200—370	Двухскоростной вентилятор. Дополнительные дневные нагреватели. Сигнальные лампы
Noirof	MC2—MC8	2,0—8,0	III	645 × 650 × 320 1000 × 1020 × 350	Автоматизированная заслонка и заслонка. Терморегулятор и термостат	120—435	Дополнительные дневные нагреватели
СФРЮ, ЦЕР	АД	2,2—6,0	III	745 × 660 × 345 1185 × 660 × 405	Три ступени нагрева Терморегулятор	136—340	Двухскоростной вентилятор. Магнетитовый сердечник. Нагреватели—ТЭН
НРБ, ЕЛПРОМ	„Лодос“	4,8	III	1180 × 800 × 320	Четыре ступени нагрева Терморегулятор и таймер	320	Двухскоростной вентилятор. Время зарядки—7 ч
Япония, National	DS-3003	3,0	III	750 × 680 × 400	Переключатель, терморегулятор для сердечника и два термостата (для сердечника и выходящего воздуха). Возможно присоединение комнатного терморегулятора	155	Двухскоростной вентилятор (1200 и 1500 об/мин). Сердечник из магнитного кирпича. Дополнительные дневные нагреватели 1 кВт

ности (1 и 2 кВт). О процессах зарядки, разрядки и дневного нагрева сигнализируют три лампы — красная, оранжевая и белая. Металлический корпус окрашивается светлыми эмалевыми красками нескольких стандартных сочетаний (серый, оливковый, желтый). По желанию заказчика отделка может быть изменена и улучшена.

На столь же современном уровне выполнены ТАЭП типа III фирм AEG (серия WSP с шестью моделями разной мощности и их

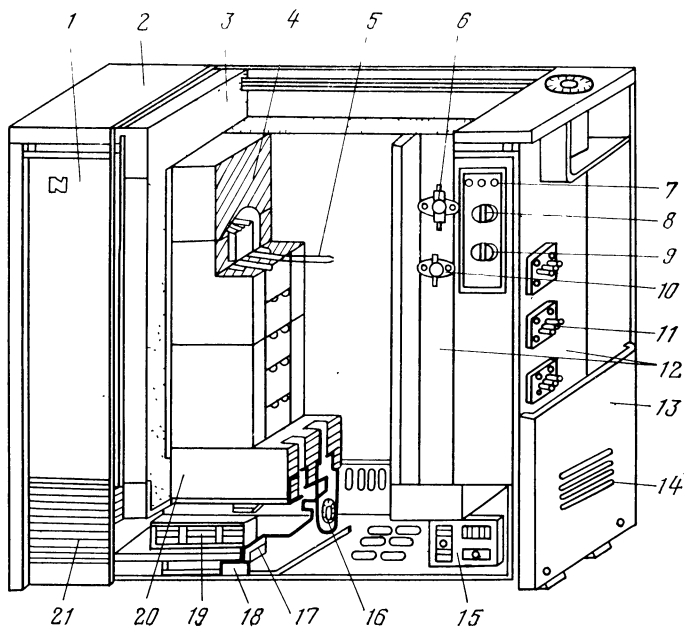


Рис. 52. Устройство теплоаккумулирующей электропечи типа III (Япония).

1, 2 — обшивка; 3 — шелковая теплоизоляция; 4 — аккумулирующий сердечник; 5 — основные электронагреватели; 6 — терморегулятор сердечника; 7 — сигнальные лампы режимов зарядки, разрядки и дополнительного нагрева; 8, 9 — выключатели зарядки и разрядки; 10 — термоограничитель сердечника; 11 — выключатель дополнительного нагревателя; 12 — перегородка; 13 — боковая обшивка; 14 — нижнее вентиляционное отверстие; 15 — сетевые выключатели; 16 — вентилятор; 17, 18, 19 — терморегулятор, термоограничитель и нагреватель зоны дополнительного нагрева; 20 — тепловая изоляция; 21 — решетка.

модификациями), Bauknecht (серия SP), ERO (рис. 51,б) и ряд других.

Близкие показатели имеет серия АД печей, выпускаемых в Югославии по лицензии одной из ведущих европейских фирм — АСЕС. Магнетитовый сердечник, изолированный минеральной ватой, нагревается в течение 8 ч. Имеется аппаратура дистанционного автоматического управления зарядкой по внешним условиям. Двухскоростной вентилятор связан с комнатным терморегулятором, а температура выходящего воздуха поддерживается постоянной

специальным устройством, перепускающим часть холодного воздуха. Из отдельных конструкций можно отметить модель RDLA32N1 мощностью 3,2 кВт фирмы Strömberg. Разрядка осуществляется двухскоростным вентилятором с большим диапазоном производительности (2 и 0,7 м³/мин), управляемым комнатным терморегулятором. Смеситель с биметаллическим датчиком ограничивает температуру выходящего воздуха в пределах 145°C. Имеются две сигнальные лампы. Несмотря на большую массу, прибор поставляется в собранном виде. Вполне современной является также конструкция болгарской печи «Лодос».

Внутреннее устройство ТАЭП типа III показано на рис. 52 на примере японской модели DS-3003.

Представляют также интерес отдельные частные решения в практике современных ТАЭП, в первую очередь западногерманских. Фирмы Fakir и Hoffbauer выпускают передвижные печи небольшой мощности, которые можно использовать для дополнительного обогрева в любом месте квартиры. Фирма Olsberg по желанию потребителей укомплектовывает свои ТАЭ увлажнителем типа «Ohamat» с резервуаром емкостью 8 л, который при нормальной работе наполняется через каждые три дня; испарение воды составляет до 320 г/ч, а количество циркулирующего в увлажнителе воздуха можно регулировать специальной заслонкой. Модель ДА 3809 фирмы GEC (Англия) имеет три скорости вентилятора с большим диапазоном разрядки. В системах автоматизации ТАЭП все чаще применяются полупроводниковые элементы и электроника. Для снижения шума начали применяться тихоходные вентиляторы с приводом от четырехполюсных двигателей.

Ведущие фирмы выпускают ТАЭП крупными унифицированными сериями, варьируя отделку и компоновку. Так, например, фирма Bauknecht кроме серийного исполнения — песочного и жемчужно-белого цвета предлагает по запросу еще 10 вариантов отделки. Большой выбор вариантов компоновки позволяет потребителю лучше использовать площадь квартиры.

В СССР ТАЭП не выпускаются ввиду отсутствия льготного тарифа.

## 20. К РАСЧЕТУ ТЕПЛОАККУМУЛИРУЮЩИХ ЭЛЕКТРОПЕЧЕЙ

Расчет ТАЭП состоит из многих этапов, рассмотрение которых выходит за рамки данной работы. Ограничимся некоторыми общими методическими рекомендациями и указанием специальной литературы.

Определение объема сердечника, его формы и размеров производится одновременно с нахождением оптимальной толщины изоляции. Решения статической задачи о так называемом «качестве» прибора (отношение накопленного тепла к потерям с поверхности) дано в [Л. 29]. Там же приведена эмпирическая зависимость между температурой спирали  $t_c$  трубчатого нагревателя, его наружной температуры  $t_n$  и удельной поверхностной мощностью  $W_n$  (Вт/м²):

$$t_c - t_n = 32,2 \cdot 10^{-4} W_n. \quad (41)$$

При расчете нагревательных элементов можно пользоваться также литературой по электротермии [Л. 30], где по существу рассматриваются сходные задачи.

Нестационарные задачи зарядки и разрядка решаются математическими методами [Л. 31]. Разработка математической модели ТАЭП и расчет на ЭВМ рабочих характеристик двух различных печей описаны в [Л. 32]. Расчетные данные совпали с экспериментальными с точностью до 4%, а затраты составили лишь 2% от стоимости эксперимента.

Расчет воздушного тракта и подбор вентилятора производится обычными методами. Судя по зарубежным данным, вентиляторы ТАЭП типа III мощностью до 4—6 кВт по параметрам весьма близки к электротепловентиляторам прямого действия мощностью около 2 кВт.

## 21. КОМБИНИРОВАННЫЕ ЭЛЕКТРООТОПИТЕЛЬНЫЕ ПРИБОРЫ

В комбинированных БЭОП в одном корпусе совмещаются функции различных приборов, чаще всего радиационных и конвективных. Возможно также комбинирование БЭОП прямого и аккумуляционного действия, БЭОП и других электронагревательных приборов, а также БЭОП с более отдаленными по назначению бытовыми электроприборами, например осветительными.

Комбинированные БЭОП экономят потребителю место и затраты, так как их габариты и стоимость меньше, чем сумма этих показателей у отдельных (не объединенных) приборов.

Технические характеристики современных комбинированных БЭОП приведены в табл. 13.

**Электрокамины-конвекторы.** Смысл комбинирования электрокамина и электроконвектора заключается в

возможности использования данного прибора как для общего конвективного, так и для местного радиационного обогрева. Чисто радиационный режим работы особенно выгоден для обогрева в открытых помещениях. Чисто конвективный режим целесообразен для нагрева воздуха в закрытых помещениях с достаточной теплоизоляцией. Наконец, совместная работа конвекторной и радиационной частей прибора полезна в тех случаях, когда

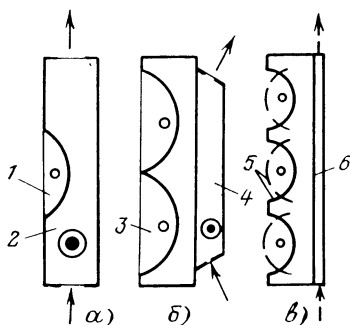


Рис. 53. Принципиальные схемы электрокаминов-конвекторов.

а — на базе электроконвектора; б — на базе электрокамина; в — с общим нагревателем и поворотным отражателем (пунктир относится к конвективному режиму).

## Технические характеристики комбинированных электроотопительных приборов

Изготовитель	Модель	Мощность, кВт	Испол- нение	Габариты (длина× высота×глубина), мм	Устройство и ступени регулирования	Масса, кг	Прочие данные
США: Ameri- can-Standard	Серия 120 и 121	1,125—1,5	С	494×315×118	Терморегулятор	6,35	Инфракрасный электрооб- огреватель с наддувом. Сиг- нальная лампа
	Серия 130—134 № 300	1,125—4,0 1,5—4,0	С П	572×38×127 393×450×203	То же Терморегулятор. Две сту- пени нагрева. Кнопочное уп- равление	11,8 7,7	То же То же. Производителъ- ность вентилатора 4,25 м³/мин. Срок гарантии на нихромовый нагрева- тель — 5 лет
	№ 301—302	2,25—4,8	П	546×(454—482)× ×216	То же	7,62—7,92	То же с производите- льностью вентилатора 7 м³/мин
	№ 310—312	1,1—1,65	П	412×(343—350)× ×(194—209)	Встроенный терморегуля- тор и кнопочное управление	5,45—7,0	Электронами с латоч- ным нагревателем и над- дувом через отдельную греющую секцию. Срок га- рантии на прибор — 1 год
ФРГ: AEG	„Airotherm“	2,0	П	270×450×70	Переключатель	5,4	Электронами — конвек- тор с одной каминой и двумя конвекторными сту- пенями. Поворотный корпус
	„Heiz kombi“	2,0	П	625×430×190	Три нагревателя с от- дельными выключателями		Электронами — конвектор с поворотными отражате- ми (на 180°)

Изготовитель	Модель	Мощность, кВт	Испол- нение	Габариты (длина × высота × глубина), мм	Устройство и ступени регулирования	Масса, кг	Прочие данные
Sprenger	"Astron-Duplex"	2,0	П	400 × 400 × 200	Терморегулятор с диапазоном от +5 до +30°C и чувствительностью 1°C. Четырехклавишный переключатель. Биметаллический термоограничитель на выходе ( $t \leq 90^\circ\text{C}$ )	7,0	Электрокамин — ЭТВ с разделенными нагревательными. Каминная часть 0,5 кВт. Бесшумный тапочечный вентилятор с производительностью 3,33 м³/мин, мощностью двигателя 30 Вт и фильтром на входе. Срок гарантии на прибор — 1 год
Forbach	EKM	2,0	П	430 × 340 × 150	Встроенный терморегулятор с диапазоном от 0 до +30°C. Переключатель (3 ступени нагрева, две скорости вентилятора)	5,7	Электрокамин — ЭТВ с разделенными нагревательными. Производительность вентилятора 1 и 1,4 м³/мин. Две сигнальные лампы
Neckermann	811/076	2,0	П	570 × 400 × 165	Терморегулятор. Трехклавишный выключатель	—	Электрокамин (0,3 кВт) — ЭТВ (1,7 кВт). Сигнальная лампа
	011/487	2,0	П	570 × 400 × 165	То же	—	То же с 12-часовым таймером. Отделка под тик
	010/286	2,0	П	590 × 400 × 165	Терморегулятор. Двухклавишный выключатель	—	Электрокамин (0,6 кВт), спираль в кварцевой трубке) — конектор (1,4 кВт, такий нагреватель)
	01P/294	3,0	П	550 × 400 × 165	То же с четырьмя клавишами	—	Электрокамин (2 × 0,5 кВт — ЭТВ (2 кВт). Сигнальная лампа
Англия: Morphy-Richards	"Derwent"	2,75	П	785 × 610 × 152	Терморегулятор. Выключатели	10,5	Электрокамин (0,75 кВт) — конектор (2 кВт)
	"Med way"	2,0—3,0	П	(430—560) × 685 × 230	То же	7,25—9,1	Электрокамин (1 кВт) — конектор (1—2 кВт)



Изготовитель	Модель	Мощность, кВт	Испол- нение	Габариты (длина× высота×глубина), мм	Устройство и ступени регулирования	Масса, кг	Прочие данные
Frost Radiation Sunhouse,  General Electric	„Ventura 540“	3,0	П	838×590×178	Терморегулятор. Выключатели	—	Электроды (2×1 кВт) — конвектор (1 кВт) То же с излучающей спиралью на керамическом основании. Эффект горения углей и пламени
	„Coronaire“	3,0	П	650×710×280	Выключатели	—	То же (встроен в шкаф)
	„Camelot“	3,0 2,75	П П	1320×740×290 640×500×115	То же Выключатель для электрокамина, переключатель мощности для конвекторной части (четыре ступени)	—	Электроды (0,75 кВт) — конвектор (2 кВт). Спираль в кварцевой трубе
Франция, Rima	№ 337	до 0,85	Пт	—	—	—	Спираль мощностью 0,75 кВт в кварцевой трубке с кольцевым отражателем. В центре — светильник с лампой мощностью 25—100 Вт
Австрия, Elin-Union	DS2LZ	1,2	Пт	Ø 440, высота 250	—	3	То же с ТЭН и лампой 60 Вт. Коррозионностойкий алюминиевый отражатель. Предназначен для ванных комнат

1 См. примечание к табл. 2 и 11.

одновременно желательны как общий, так и частный обогрев — например, в закрытом большом помещении, где нагрев всего воздуха может занять 1—2 ч. В этом случае потребитель включает обе части прибора и располагается непосредственно в зоне излучения, а после нагрева воздуха либо выключает каминную часть вообще, либо заменяет ее второй конвекторной ступенью.

На рис. 53 показаны возможные принципиальные схемы электрокамина-конвектора. В приборах со схемой по рис. 53,а каминная часть 1 встроена в переднюю панель электроконвектора 2. Приборы со схемой по рис. 53,б представляют собой электрокамины 3 с конвекторной приставкой 4 сзади или внутри. Наконец, в приборах со схемой по рис. 53,в имеется лишь один вид нагревателя — радиационный. Поворачивая на 180° отражатель 5 (иногда вместе с нагревателем), направляют лучистый тепловой поток на заднюю двойную стенку 6, полость которой открыта сверху и снизу. Заполняющий эту полость воздух нагревается и поднимается вверх в силу свободной конвекции, а на его место снизу поступает окружающий воздух.

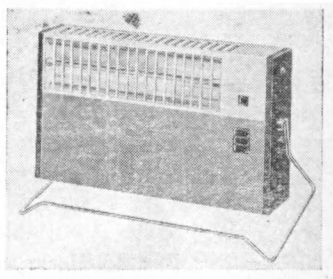


Рис. 54. Электрокамин-конвектор (ФРГ).

Электрокамины-конвекторы выпускаются главным образом фирмами ФРГ и Англии. Примером современной конструкции со схемой на рис. 53,а может служить показанная на рис. 54 модель «Airotherm» фирмы AEG. Прибор имеет одну каминную и две конвекторных ступени с равными мощностями, которые с помощью переключателя могут включаться раздельно или вместе; каждый из режимов указывается одним из трех уровней яркости сигнальной лампы. Направления лучистого потока можно изменять в пределах угла 90°, так как корпус фиксируется еще в трех положениях (помимо вертикального). Прибор имеет сзади ручку и окрашен в красивое сочетание синего и белого цветов. Может дополнительно комплектоваться 12-часовым таймером.

Близкие по техническому уровню и конструкции переносные приборы выпускаются фирмами Zanker-For-

bach и Neckermann; в лучших образцах имеется встроенный или выносной терморегулятор. Английские фирмы предпочитают встраивать каминную часть в более массивные напольные электроконвекторы. Таковы, например, модели QR/20 и QR/30 (Morphy-Richards), RCO (Senate) и др. Дорогие приборы тщательно отделаны. Модель «Vентауре» 540 фирмы Frost имеет корпус с отделкой под тиковое дерево и вяз.

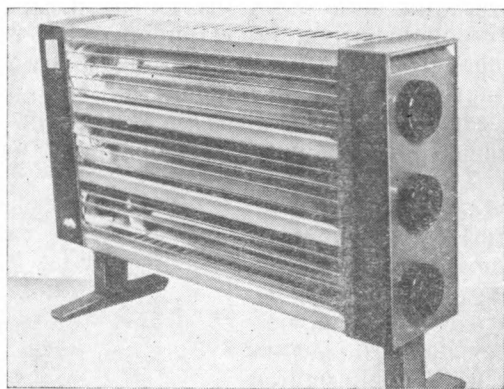


Рис. 55. Электрокамин-конвектор с поворотными излучателями (ФРГ).

Электрокамины-конвекторы по схеме на рис. 53,б выпускаются, как правило, английскими фирмами, дополняющими свои дорогие модели электрокаминов конвекторными приставками (или вставками). Так, например фирма Radiation Sunhouse выпускает модели «Coronaire», «Camelote» с эффектом горения, имеющие одну ступень нагрева в конвекторной части и две ступени в каминной части. Вторая модель встроена в книжный шкаф и стоит в 2 раза дороже. Внешне подобные приборы не отличаются от базовых электрокаминов.

По схеме рис. 53,в выполнена оригинальная модель «Heizkombi» фирмы АКО (ФРГ) (рис. 55). Три независимо включаемых излучателя единичной мощности около 0,7 кВт, представляющие собой спирали в полупрозрачных кварцевых трубках, имеют индивидуальные отражатели и вместе с ними могут порознь поворачиваться на 180°. При этом нагреваются вертикальные каналы

конвекторной части на задней стенке, имеющие треугольную форму. Функциональная эффективность конвективного режима подобного прибора несколько ниже, чем у обычных электроконвекторов, так как на нагрев воздуха расходуется не весь лучистый поток, однако в целом использование одних и тех же нагревателей в двух режимах может дать определенный технико-экономический эффект.

**Электрокамины-тепловентиляторы (ЭКТВ).** Комбинирование электрокамина или инфракрасного обогревателя с электротепловентилятором по смыслу аналогично рассмотренному выше совмещению радиационного и конвективного обогрева в электрокаминах-конвекторах, но использование принудительной конвекции дает здесь дополнительные преимущества — усиленный местный обогрев, в котором участвует направленная струя теплого воздуха, и ускоренное выравнивание поля температур воздуха в обогреваемом помещении. Как и электротепловентиляторы, ЭКТВ могут использоваться для сушки волос, белья, мокрой обуви и т. п., а также для вентиляции в летний период.

Принципиальная схема ЭКТВ показана на рис. 56. Каминная часть 1 и тепловентиляторная часть 2 расположены в одном корпусе с размещением светового окна излучателя и выходной решетки тепловентилятора на фронтальной стороне прибора.

ЭКТВ популярны в США, где по климатическим условиям часто используются в вентиляторном режиме.

Широкую номенклатуру инфракрасных излучателей с тепловентиляторами предлагает фирма American-Standard. Сюда входят две серии настенных моделей и две серии переносных. Наиболее современный вид имеет модель 300, внешне похожая на радиоприемник, с двумя ступенями нагрева и клавишным управлением. Аналогичные настенные комбинированные приборы выпускают фирмы Wiegand и Bryant.

Европейские фирмы в радиационной части ЭКТВ используют обычно высокотемпературные излучатели каминного типа. Типичная для английских конструкций модель «Soltire» имеет большое световое окно, два каминных элемента, встроенный тепловентилятор и трехклавишный выключатель.

Западногерманские фирмы в комбинированных приборах больше развивают тепловентиляторную часть. Мо-

дели «ЕКМ» и «ЕК Junior» фирмы Forbach сочетают одну каминную ступень с тепловентилятором. Оригинальную модель «Astron-Duplex» выпускает фирма Albin Sprenger. Четырехклавишный выключатель позволяет включать в любом порядке каминную ступень и две ступени тепловентилятора на 0,75 кВт. На входе

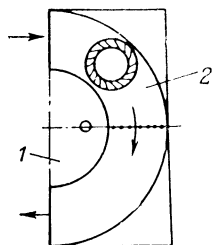


Рис. 56. Принципиальная схема электрокамина - тепловентилятора.

воздуха установлены фильтр и терморегулятор, а на выходе — биметаллический термоограничитель, срабатывающий при превышении температуры 90°C. Современными моделями располагает также фирма Neckermann.

#### Прочие виды комбинирования

**БЭОП.** Техничко-экономический эффект комбинирования стимулирует расширение области применения подобных приборов. Применительно к БЭОП это касается прежде всего комбинирования с другими электронагревательными приборами. Логичным представляется, например, комбинирование отоп-

пления и нагрева воды, в том числе аккумуляционно-го типа. Обычно сердечник теплоаккумулирующей электропечи охлаждается воздухом до температуры не ниже 100—150°C, что позволяет вечером достаточно эффективно нагревать в нем воду до 60—80°C. Подобная комбинированная установка экспонировалась, в частности, на ярмарке в Кельне осенью 1969 г. Возможно комбинирование отопления с приготовлением пищи. Утром, когда сердечник еще нагрет (500—600°C), его тепло может быть использовано для приготовления пищи, а вечером — для сохранения еды теплой вместо мармита. Наконец, можно просто сэкономить место на кухне, разместив под конфорками электроплиты небольшую ТАЭП, как у фирмы Brünner.

Получает признание комбинирование электроотопительных и электроосветительных приборов, которое идет по двум направлениям: комбинирование разных приборов в одном корпусе и использование тепла, отводимого от источников света, в целях отопления.

На рис. 57 показан комбинированный потолочный прибор фирмы Elin-Union (Австрия) с кольцевым ТЭН в сферическом отражателе, в центре которого помещен круглый светильник. Фирма Belling (Англия) выпусти-

ла электроконвектор «Аpollo» мощностью 1,5 кВт с тремя ступенями нагрева из проволочной спирали и встроенным светильником мощностью 150 Вт. Электронагреватель и светильник имеют общий присоединительный шнур и независимое включение. Несколько видов отопительно-осветительных электроприборов выпускает фирма Нескегтапп.

Использование для отопления тепла светильников наиболее эффективно в общественных зданиях, где широко применяются мощные люминесцентные лампы [Л. 32].

Приведенные примеры далеко не исчерпывают возможностей комбинирования, которое представляет несомненный интерес для потребителя и промышленности. В частности, вместе с нагревом воздуха в отопительных приборах может производиться его увлажнение, ионизация и другие элементы кондиционирования.

Отечественные комбинированные электроотопительные приборы еще не выпускались; в стадии разработки и освоения находятся несколько моделей электрокамин-конвекторов по всем трем схемам, приведенным на рис. 53.

Технические требования к комбинированным БЭОП и методы их расчета пока не обобщались. Приборы выпускаются по частным техническим условиям, а к их составным частям предъявляются рассмотренные ранее требования.

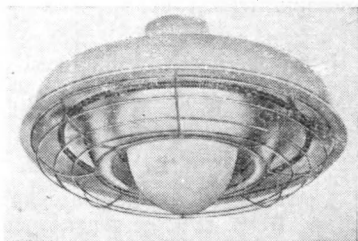


Рис. 57. Электронизлучатель-светильник (Австрия).

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кривошеин И. А. Бытовые электронагревательные приборы и установки. М., Изд-во МҚХ РСФСР. 184 с.
2. Зайцев В. Г. Товароведение электробытовых машин и приборов. М., «Экономика», 1971. 286 с.
3. Жуковский В. С. Основы теории теплопередачи. Л., «Энергия», 1969. 224 с.
4. Агапов Г. А., Варшавский А. С., Васильев Б. Д., Шаровский А. В. К выбору параметров бытовых электроконвекторов. — «Электротехническая промышленность. Серия Бытовая электротехника», 1971, вып. 4, с. 12, 13.
5. Кутателадзе С. С., Боришанский В. М. Справочник по теплопередаче. М. — Л., Госэнергоиздат, 1959. 414 с.
6. Миндин Г. Р. Электронагревательные трубчатые элементы. М. — Л., «Энергия», 1965. 112 с.
7. Шур Н. Ф., Патрина Н. А. Применение защитных жаростойких покрытий. — «Электротехническая промышленность. Серия Электротермия», 1970, вып. 100, с. 22—25.
8. Малкин Э. С. Расчет конструктивных и теплотехнических характеристик отопительных конвекторов с кожухами. — «Известия вузов. Серия Санитарная техника», 1968, № 8, с. 145—151.
9. Лебедев П. Д. Теплообменные, сушильные и холодильные установки. М., «Энергия», 1972. 320 с.
10. Исаченко В. П., Осипова В. А., Сукомел А. С. Теплопередача. М. — Л., «Энергия», 1965. 424 с.
11. Рубцов П. А., Осетров П. А., Бондаренко С. П. Применение электрической энергии в сельском хозяйстве. М., «Колос», 1971. 526 с.
12. Тихомиров К. В. Общая теплотехника, теплогазоснабжение и вентиляция. М., Стройиздат, 1969. 287 с.
13. Цветков В. Н. Использование инфракрасного излучения для отопления. — В кн.: Совещание — семинар по комплексной электрификации быта. Красноярск, Изд. Красноярского НИИ по строительству, 1963, с. 134—150.
14. Гуревич В. Д. Электрические инфракрасные излучатели. М. — Л., Госэнергоиздат, 1963. 56 с.
15. Доглополов В. И. Светотехнические материалы. М., «Энергия», 1972. 168 с.
16. Низкотемпературный электронагрев. М., «Энергия», 1968, 184 с. Перед. загл. авт.: А. П. Альтгаузен, М. Б. Гутман, С. А. Малышев, А. Д. Свенчанский, Л. А. Смоленский.
17. Максимов Г. А. Отопление и вентиляция. Ч. I. М., «Высшая школа», 1963. 352 с.
18. Борхерт Р., Юбиц В. Техника инфракрасного нагрева. М. — Л., Госэнергоиздат, 1963. 278 с.

19. Спэрроу Э. М., Сесс Р. Д. Теплообмен излучением. Л., «Энергия», 1971. 294 с.
20. Богословский В. Н. Строительная теплофизика. М., «Высшая школа», 1970. 376 с.
21. Тетеревников В. Н. Методика экспериментального определения количества лучистого тепла, воспринимаемого поверхностью человека. — «Научные работы институтов охраны труда ВЦСПС», 1968, вып. 4, с. 46—51.
22. Heap R. D. New materials for storage and insulation. — «Electrical Times», 1969, v. 156, № 13, p. 8—10.
23. Madaus C. Speichermaterialien für Elektro-Speichergeräte. — «Heizung», 1969, Bd 3, S. 7—9.
24. Vollbrecht H. Regelung und Steuerung von Elektro-Speicherheizungsanlagen. — «Installat., Klimatechn., Zentralheiz», 1969, Bd 24, № 20, S. 1926—1938.
25. Jüttemann H. Steuern und Regeln bei elektrischen Speicherheizgeräten, Teil II. — «Heiz., Lüft., Haustechn.», 1970, Bd 21, № 4, S. 133—138.
26. Hughes J. T. The influence of thermal insulation on the size of storage radiation. — «Elec. Rev.», 1972, v. 190, № 4, p. 126—129.
27. Vacuum insulation for storage heaters. — «Elec. Times», v. 161, 1972, № 15, p. 51.
28. Опытно-конструкторские разработки аккумуляционных электропечей. — «Электротехническая промышленность. Серия Бытовая электротехника», 1972, вып. 5(12)—6(13), с. 9—15.
29. Gibbs M. Criteria for 8-hour storage heating systems. — «Elec. Rev.», 1969, v. 184, № 11, p. 379—384.
30. Фельдман И. А., Гутман М. Б., Рубин Г. К., Шадрич Н. И. Расчет и конструирование нагревателей электропечей сопротивления. М.—Л., «Энергия», 1966. 104 с.
31. Müller H. Zur Bemessung von Speicherblöcken. — «Elektrowärme Int.», 1971, Bd 29, № 12, S. 673—684.
32. Practical applications of computer aided design. — «Elec. Rev.», 1972, v. 190, № 17, p. 584—586.
33. Аничкин А. Г., Ефимкина В. Ф. Совмещенные системы освещения и кондиционирования. М., «Энергия», 1972. 136 с.



## ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие . . . . .	3
Введение . . . . .	5
<b>Глава первая. Электроконвекторы . . . . .</b>	<b>8</b>
1. Общие сведения об электроконвекторах . . . . .	8
2. Конструктивные элементы электроконвектора . . . . .	10
3. Современный технический уровень электроконвекторов . . . . .	17
4. Расчет электроконвектора . . . . .	23
а) Расчет нагревателя электроконвектора . . . . .	23
б) Тепловой и аэродинамический расчет электроконвектора . . . . .	29
<b>Глава вторая. Электротепловентиляторы . . . . .</b>	<b>34</b>
5. Общие сведения об электротепловентиляторах . . . . .	34
6. Конструктивные особенности и современный технический уровень основных типов электротепловентиляторов . . . . .	36
7. Определение параметров нагревателя, вентилятора и двигателя . . . . .	43
<b>Глава третья. Электрокамины и прочие инфракрасные электрообогреватели . . . . .</b>	<b>46</b>
8. Общие сведения об электрокаминах . . . . .	46
9. Конструктивные элементы электрокамина . . . . .	49
10. Современный технический уровень электрокаминов . . . . .	53
11. Определение параметров нагревателя и отражателя . . . . .	62
12. Прочие инфракрасные электрообогреватели . . . . .	70
<b>Глава четвертая. Электрорадиаторы и прочие низкотемпературные электроотопительные приборы . . . . .</b>	<b>79</b>
13. Общие сведения о низкотемпературных электроотопительных приборах . . . . .	79
14. Электрорадиаторы с промежуточным теплоносителем . . . . .	80
15. «Сухие» электрорадиаторы и греющие электропанели . . . . .	90
16. Определение основных параметров низкотемпературных электроотопительных приборов . . . . .	94
<b>Глава пятая. Теплоаккумулирующие и комбинированные электроотопительные приборы . . . . .</b>	<b>96</b>
17. Общие сведения о теплоаккумулирующих электропечах . . . . .	96
18. Конструктивные элементы теплоаккумулирующих электропечей . . . . .	99
19. Современный технический уровень теплоаккумулирующих электропечей . . . . .	103
20. К расчету теплоаккумулирующих электропечей . . . . .	108
21. Комбинированные электроотопительные приборы . . . . .	109
<i>Список литературы . . . . .</i>	<i>118</i>

Цена ~~37~~ коп.