

**Ф.С. Михайлов**

**Отопление и основы  
вентиляции**

**Москва  
«Книга по Требованию»**

УДК 528  
ББК 38.2  
Ф11

Ф11 **Ф.С. Михайлов**  
Отопление и основы вентиляции / Ф.С. Михайлов – М.: Книга по Требованию,  
2021. – 413 с.

**ISBN 978-5-458-47309-5**

**ISBN 978-5-458-47309-5**

© Издание на русском языке, оформление  
«YOYO Media», 2021

© Издание на русском языке, оцифровка,  
«Книга по Требованию», 2021

Эта книга является репринтом оригинала, который мы создали специально для Вас, используя запатентованные технологии производства репринтных книг и печати по требованию.

Сначала мы отсканировали каждую страницу оригинала этой редкой книги на профессиональном оборудовании. Затем с помощью специально разработанных программ мы произвели очистку изображения от пятен, клякс, перегибов и попытались отбелить и выровнять каждую страницу книги. К сожалению, некоторые страницы нельзя вернуть в изначальное состояние, и если их было трудно читать в оригинале, то даже при цифровой реставрации их невозможно улучшить.

Разумеется, автоматизированная программная обработка репринтных книг – не самое лучшее решение для восстановления текста в его первозданном виде, однако, наша цель – вернуть читателю точную копию книги, которой может быть несколько веков.

Поэтому мы предупреждаем о возможных погрешностях восстановленного репринтного издания. В издании могут отсутствовать одна или несколько страниц текста, могут встретиться невыводимые пятна и кляксы, надписи на полях или подчеркивания в тексте, нечитаемые фрагменты текста или загибы страниц. Покупать или не покупать подобные издания – решать Вам, мы же делаем все возможное, чтобы редкие и ценные книги, еще недавно утраченные и несправедливо забытые, вновь стали доступными для всех читателей.



Серия Книжный Ренессанс

[www.samizday.ru/reprint](http://www.samizday.ru/reprint)



системы отопления, получившую широкое распространение не только в России, но и за рубежом, где она применяется и в наши дни.

Следует отметить, что отсутствие отечественной промышленности в дореволюционное время не давало возможности строителям использовать научные достижения русских ученых. В результате здания с центральными системами отопления были в России редкостью.

Рост благосостояния людей, увеличение жилого и промышленного строительства в нашей стране после Великой Октябрьской революции послужили толчком развитию отопительно-вентиляционной техники. В годы Советской власти отопительно-вентиляционная техника стала развиваться по новому пути, с использованием автоматического управления и новейших достижений науки и техники. В связи с огромным ростом промышленного и жилищного строительства стала применяться комбинированная выработка тепла (для систем отопления и вентиляции) и электроэнергии (для силовых установок), получившая название теплофикации. В настоящее время Советский Союз занимает первое место в мире по строительству теплоэлектроцентралей.

Одновременно с развитием теплофикации в нашей стране были сооружены крупные системы газоснабжения, использующие природный газ, значительная часть которого расходуется на нужды отопления.

Для создания комфортных условий в общественных и ряде жилых зданий стали применяться установки кондиционирования воздуха, позволяющие поддерживать в помещениях искусственный климат.

Уже с середины тридцатых годов в СССР начат выпуск отопительно-вентиляционного оборудования. За последние годы Советский Союз по выпуску санитарно-технического оборудования занял второе место в мире.

За годы Советской власти у нас в стране создана большая сеть научно-исследовательских и проектных институтов, успешно развивающих отопительно-вентиляционную технику и методы расчета систем отопления и вентиляции.

Для проектирования и сооружения систем теплоснабжения, отопления и вентиляции разработаны строительные нормы и правила «СНиП», а также целый ряд других нормативов.

# Раздел первый

## ОТОПЛЕНИЕ

---

### *Глава I*

## **ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О СИСТЕМАХ ОТОПЛЕНИЯ**

### **§ 1. ВИДЫ СИСТЕМ ОТОПЛЕНИЯ**

Основными элементами любой системы отопления являются генератор тепла, нагревательные приборы и теплопроводы (каналы или трубопроводы).

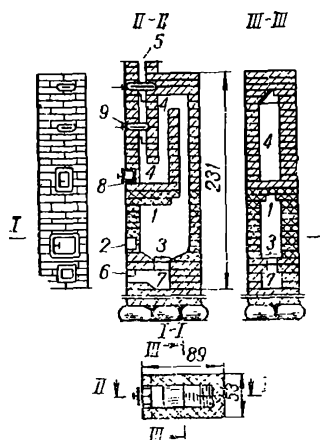
В генераторе тепла происходит сжигание топлива, а выделяемое при этом тепло передается теплоносителю, т. е. среде, переносящей тепло от генератора к нагревательным приборам. Нагревательные приборы передают полученное от генератора тепло воздуху помещений. По теплопроводам теплоноситель перемещается от генератора тепла к нагревательным приборам.

Системы отопления подразделяются на местные и центральные.

**В местной системе отопления** генератор тепла, нагревательные приборы и теплоотдающие поверхности конструктивно объединены в одном устройстве. Примером местного отопления может служить комнатная печь (рис. 1.1). В ней генератором тепла является топливник, в котором происходит сгорание топлива, теплопроводом служат дымообороты, прогревающие стенки печи и отводящие продукты сгорания из топки, а воздух помещений нагревается при его непосредственном соприкосновении с горячими поверхностями стенок печи. К местным системам отопления относятся также газовое отопление (при сжигании газа в нагревательных приборах, находящихся в отапливаемом помещении) и электрическое, если электрическая энергия переходит в тепловую непосредственно в самих нагревательных приборах. Радиус действия местных систем отопления невелик и ограничивается одной или двумя-тремя смежными комнатами.

Рис. 1.1. Комнатная отопительная печь

1 — топливник; 2 — топочная дверка; 3 — колосниковая решетка; 4 — дымооборот; 5 — дымовая труба; 6 — поддувальная дверка; 7 — поддувало; 8 — дверка для чистки; 9 — шибер



**Центральными системами отопления** называются системы, в которых генератор тепла (например, котел) находится вне отапливаемых помещений, а теплоноситель к местам потребления подается по трубопроводам.

В центральных системах отопления одним генератором тепла, состоящим из одного котла или группы котлов, могут отапливаться не только отдельное здание, но и группы зданий. Система отопления, которая обслуживает целую группу зданий от одной котельной, называется районной.

В зависимости от вида теплоносителя центральные системы отопления подразделяются на системы водяного, парового, воздушного и комбинированного отопления.

Если в системе водяного отопления циркуляция воды в трубопроводах и нагревательных приборах происходит под действием разности объемных весов охлажденной и нагретой воды, то она называется *системой с естественной циркуляцией*.

В системах большой протяженности применять естественную циркуляцию воды экономически нецелесообразно, так как это привело бы к необходимости установки труб слишком больших диаметров. Поэтому в этих случаях устраивают системы водяного отопления с *искусственной циркуляцией* воды при помощи насосов (или насосные). Эти системы отопления в качестве теплоносителя могут использовать воду с температурой до  $100^{\circ}\text{C}$  или высокотемпературную воду (с температурой более  $100^{\circ}\text{C}$ ).

В системах парового отопления пар из котла по трубопроводам поступает в нагревательные приборы, где конденсируется и, выделяя скрытую теплоту парообразования, нагревает эти приборы. Конденсат же возвращается в котел и вновь превращается в пар.

Системы парового отопления различаются по величине первоначального давления и бывают *вакуум-паровыми* (с давлением пара от 1 ат), низкого давления (от 0,5 до 0,7 ат) и высокого давления (более 0,7 ат). В системах парового отопления пар перемещается под действием разности давлений на выходе из котла и перед нагревательным прибором.

*Системы воздушного отопления* в зависимости от вида первичного теплоносителя подразделяются на *водовоздушные, паровоздушные, огневоздушные, электровоздушные и газовоздушные*. По способу передвижения воздуха воздушные системы могут быть с естественным и механическим побуждением. Во втором случае используются вентиляторы.

*Комбинированной системой отопления* называют систему, в которой применены либо два различных теплоносителя, либо один теплоноситель, но с разными параметрами. К ней относятся пароводяные, водоводяные и все воздушные системы отопления.

Системы водяного и парового отопления различаются также по способу разводки магистральных трубопроводов (с верхней, нижней и средней разводкой), по способу присоединения нагревательных приборов к стоякам (двухтрубные и однетрубные), по способу теплоотдачи нагревательных приборов (конвекционные и лучистые) и по типу применяемых нагревательных приборов (радиаторные, конвекторные, панельные, из гладких труб и др.).

**Требования, предъявляемые к теплоносителям систем отопления.** Основные требования, предъявляемые к теплоносителям, это способность аккумулировать тепло, подвижность и незначительное потребление электроэнергии на их перемещение. Применяемые в качестве теплоносителя горячая вода, пар и воздух наиболее близко соответствуют этим требованиям.

К тому же температура теплоносителя (при воздействии ее на нагревательные приборы) не должна ухудшать гигиенические условия воздуха помещения.

Вода, пар и воздух обладают различными физическими свойствами. Вода характеризуется большой теплоемкостью, значительным объемным весом и большой подвижностью, что дает возможность передавать на большие расстояния значительное количество тепла при сравнительно небольшом объеме воды. При использова-



ний в качестве теплоносителя горячей воды температуру поверхности нагревательных приборов (а следовательно, и их теплоотдачу) можно регулировать из одного общего центра (например, котельной), что позволяет экономней расходовать топливо.

При паровом отоплении большое количество тепла, выделяющегося при конденсации пара, и малый объемный вес последнего позволяют передавать на большие расстояния значительное количество тепла с минимальными затратами электроэнергии на перемещение теплоносителя. Кроме того, при использовании в качестве теплоносителя пара существенно сокращается количество нагревательных приборов, так как температура последних значительно выше, чем при теплоносителе горячей воде. К недостаткам пара, как теплоносителя, следует отнести невозможность центрального регулирования теплоотдачи нагревательных приборов, высокую температуру на поверхности последних и возможность пригорания на них органической пыли, что ухудшает санитарно-гигиенические условия отапливаемых помещений. Кроме того, потери тепла паропроводами и конденсаторпроводами значительно превышают потери тепла трубопроводами водяных систем отопления.

Воздушное отопление с использованием в качестве теплоносителя нагретого воздуха, имеющего сравнительно небольшие температуру ( $50\text{--}70^\circ\text{C}$ ), теплємкость и объемный вес, потребляет много электроэнергии на перемещение больших количеств воздуха. К недостаткам его можно отнести также шум, возникающий при работе вентиляторов.

По экономическим соображениям воздушное отопление предпочтительнее водяного и парового, так как не требует установки нагревательных приборов, стоимость которых составляет около 60% стоимости всей системы отопления.

## **§ 2. ПРИНЦИПИАЛЬНЫЕ СХЕМЫ СИСТЕМ ЦЕНТРАЛЬНОГО ОТОПЛЕНИЯ**

На рис. 1.2 приведена схема системы водяного отопления с естественной циркуляцией воды. Система состоит из теплового генератора (котла), нагревательных приборов и разводящей сети трубопроводов. Нагретая в котле 1 горячая вода по подающим трубопроводам 3

поступает в нагревательные приборы 2, установленные в помещениях двухэтажного здания. В нагревательных приборах вода охлаждается и передает часть тепла через стенки приборов воздуху помещений, а затем охла-

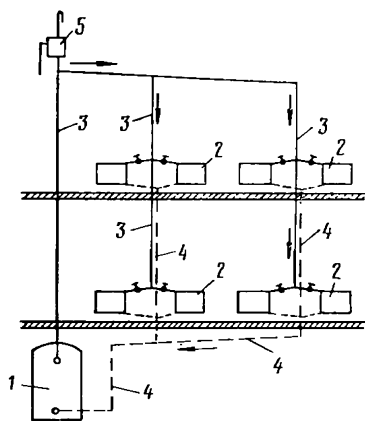


Рис. 1.2. Схема водяного отопления с естественной циркуляцией

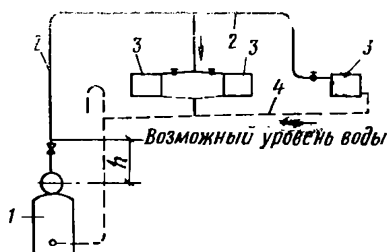


Рис. 1.3. Схема парового отопления низкого давления

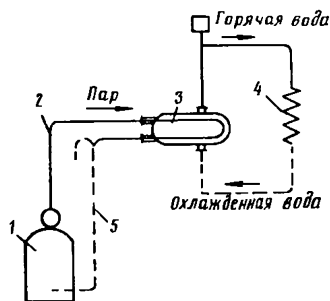


Рис. 1.4. Схема пароводяного отопления

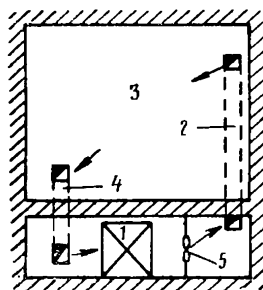


Рис. 1.5. Схема воздушного отопления

денная вода по трубопроводам 4 возвращается в котел, где вновь подогревается. Расширительный сосуд 5 предназначен для аккумуляции прироста объема воды, возникающего при ее нагревании, и для удаления воздуха из системы. Вода циркулирует в системе под действи-

ем разности объемных весов охлажденной воды в трубопроводах 4 и горячей воды в трубопроводах 3.

Схема системы парового отопления показана на рис. I.3. В этой системе пар из котла 1 поступает по паропроводам 2 к нагревательным приборам 3, в которых в результате охлаждения конденсируется, т. е. превращается в воду. Скрытая теплота парообразования освобождается и через стенки приборов передается воздуху помещения. Конденсационная вода из нагревательных приборов по конденсатопроводу 4 отводится в котел.

На рис. I.4 представлена схема пароводяного отопления. Пар из котла 1 поступает по паропроводу 2 в теплообменник 3, предназначенный для нагревания воды в системе водяного отопления 4. Охладившись в теплообменнике, пар конденсируется, и конденсационная вода по конденсатопроводу 5 поступает в котел. Такая комбинированная система отопления отличается от системы отопления, показанной на рис. I.2, лишь тем, что в ней теплоноситель нагревается не в котле, а в пароводяном теплообменнике.

В системе воздушного отопления (рис. I.5) наружный воздух, подогреваясь в воздухоподогревателе (калорифере) 1, поступает по приточному каналу 2 в отапливаемое помещение 3. Поступивший воздух охлаждается до температуры помещения и по вытяжному каналу 4 возвращается обратно в калорифер, где вновь подогревается. В ряде случаев прибегают к искусственному перемещению воздуха, устанавливая для этого вентилятор 5.

## *Глава II*

### **ОСНОВНЫЕ СВЕДЕНИЯ ПО СТРОИТЕЛЬНОЙ ТЕПЛОТЕХНИКЕ**

#### **§ 3. ВИДЫ ПЕРЕХОДА ТЕПЛА**

Передача тепла от одного тела к другому происходит теплопроводностью, конвекцией и излучением.

Теплопроводностью называется процесс передачи тепла внутри тела или от одного тела к другому при

соприкосновении частиц тела или двух тел, имеющих различную температуру.

Конвекцией называют передачу тепла движущимися частицами газа или жидкости. Соприкасаясь с нагретым телом, эти частицы нагреваются, перемещаются в пространстве и передают тепло другим телам с более низкой температурой. Например, воздух помещения, соприкасающийся с поверхностью отопительного радиатора, нагревается, расширяется и в результате уменьшения объемного веса поднимается кверху, а на смену ему из нижней части помещения поступает более холодный воздух.

При излучении тепло передается лучистой энергией от одного нагретого тела к другому, менее нагретому, через воздух без нагревания последнего. Излучение имеет большое значение при передаче тепла от нагревательных приборов к наружным стенам помещений, внутренним перегородкам, мебели. Внутренние перегородки и мебель, повышая свою температуру, отдают тепло воздуху помещения путем конвекции.

**Теплопроводность.** В соответствии с законом Фурье количество тепла, проходящего в единицу времени через поверхность твердого тела, пропорционально коэффициенту теплопроводности материала, площади поперечного сечения тела, разности температур ограничивающих его плоскостей и обратно пропорционально толщине тела.

По закону Фурье количество тепла, проходящее через твердое тело, в  $\text{ккал/ч}$

$$Q = \frac{\lambda}{\delta} F (t_1 - t_2), \quad (\text{II.1})$$

где  $\lambda$  — коэффициент теплопроводности материала в  $\text{ккал/м} \cdot \text{ч} \cdot \text{град}$ ;

$\delta$  — толщина тела или материального слоя в  $\text{м}$ ;

$F$  — площадь в  $\text{м}^2$ ;

$t_1 - t_2$  — разность температур плоскостей, ограничивающих тело, в  $\text{град}$ .

Если  $\delta = 1 \text{ м}$ ,  $F = 1 \text{ м}^2$  и  $t_1 - t_2 = 1^\circ$ , то  $Q = \lambda \text{ ккал/м} \cdot \text{ч} \cdot \text{град}$ .

Следовательно, коэффициент теплопроводности материала показывает, какое количество тепла проходит в течение 1 ч через 1  $\text{м}^2$  поверхности тела толщиной 1 м при разности температур на границах тела  $1^\circ$ .

Величина коэффициента теплопроводности зависит от объемного веса, влажности и температуры материала. При увеличении объемного веса материала, его влажности и температуры значение коэффициента теплопроводности возрастает. Значения коэффициента теплопроводности строительных материалов приводятся в Строительных нормах и правилах (см. СНиП II-A.7-62, табл. 1 и 2).

Отношение  $\lambda/\delta$  в уравнении (II.1) называют *тепловой проводимостью материального слоя*. Оно показывает, какое количество тепла проходит за 1 ч через 1 м<sup>2</sup> материального слоя при разности температур 1°. Отношение  $\delta/\lambda$ , т. е. обратную величину, называют *термическим сопротивлением материального слоя*. Эта величина имеет размерность м<sup>2</sup>·ч·град/ккал.

**Конвекция.** Количество тепла, передаваемое конвекцией, определяется по формуле

$$Q_k = \alpha_k F \Delta t, \quad (\text{II.2})$$

где  $Q$  — количество передаваемого тепла в ккал/ч;

$\alpha_k$  — коэффициент конвекции в ккал/м<sup>2</sup>·ч·град;

$F$  — поверхность, участвующая в теплообмене, в м<sup>2</sup>;

$\Delta t$  — разность температур поверхности и окружающего воздуха в град.

*Коэффициент конвекции  $\alpha_k$*  зависит в основном от скорости движения воздуха и разности температур у тепловоспринимающей или теплоотдающей поверхности. Конвективный поток может быть естественным и вынужденным. В первом случае конвекция возникает под воздействием разности объемных весов воздуха, а во втором — под воздействием какого-либо постороннего побудителя (например, движения воздуха у поверхности наружных стен здания под действием ветра).

В строительной теплотехнике для определения коэффициента конвекции пользуются эмпирической формулой

$$\alpha_k = 13 \sqrt{v} \text{ ккал/м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{град}, \quad (\text{II.3})$$

где  $v$  — скорость ветра для данной местности в м/сек.

Для ориентировочных расчетов скорость ветра на открытом месте можно принимать равной 1,5 м/сек.

**Излучение.** Теплообмен излучением может происходить только между телами с различной температурой. По закону Стефана — Больцмана энергия теплоизлучения  $E$  в ккал/ч пропорциональна четвертой степени абсолютной температуры тела, т. е.

$$E = C F \left( \frac{T}{100} \right)^4 \text{ ккал/ч}, \quad (\text{II.4})$$

где  $C$  — коэффициент пропорциональности, называемый *коэффициентом теплоизлучения*, в ккал/м<sup>2</sup>·ч·°К<sup>4</sup> (по температурной шкале Кельвина);

$F$  — поверхность излучения в м<sup>2</sup>;

$T$  — абсолютная температура в °К.

Коэффициент теплоизлучения зависит от природы тела, обработки его поверхности и температуры тела. Наибольшим коэффициентом теплоизлучения обладает абсолютно черное тело: для него  $C_0 = 4,96 \text{ ккал/м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{°К}^4$ . Значение коэффициента теплоизлучения основных строительных материалов (за исключением бетона) находится в пределах 4—4,6 ккал/м<sup>2</sup>·ч·°К<sup>4</sup>; коэффициент теплоизлучения бетона равен 3,1 ккал/м<sup>2</sup>·ч·°К<sup>4</sup>.

Если теплообмен излучением происходит между двумя параллельными поверхностями, то количество тепла, отданное излучением более нагретой поверхности (температура  $T_1$ ) менее нагретой (температура  $T_2$ ), составит

$$Q_{\text{изл}} = C_{\text{пр}} F \left[ \left( \frac{T_1}{100} \right)^4 - \left( \frac{T_2}{100} \right)^4 \right], \quad (\text{II.5})$$

где  $C_{\text{пр}}$  — *приведенный коэффициент теплоизлучения* в ккал/м<sup>2</sup>·ч·°К, определяемый по формуле

$$C_{\text{пр}} = \frac{1}{\frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} - \frac{1}{C_0}}, \quad (\text{II.6})$$

в которой  $C_1$  — коэффициент теплоизлучения поверхности с температурой  $T_1$ ;

$C_2$  — то же, с температурой  $T_2$ ;

$C_0$  — коэффициент теплоизлучения абсолютно черного тела.