

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, кляксы, 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.

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 начал 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).

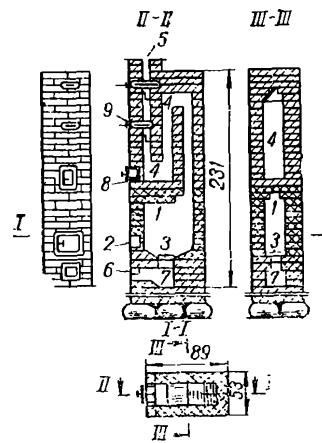
В генераторе тепла происходит сжигание топлива, а выделяемое при этом тепло передается теплоносителю, т. е. среде, переносящей тепло от генератора к нагревательным приборам. Нагревательные приборы передают полученное от генератора тепло воздуху помещений. По теплопроводам теплоноситель перемещается от 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. I.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. I.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° С или высокотемпературную воду (с температурой более 100° С).

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-паровые* (с давлением пара от 1 ат), низкого давления (от 0,5 до 0,7 ати) и высокого давления (более 0,7 ати). 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 *водо-воздушные, 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 однотрубные), 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 теплопроводностью, 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 конденсатопроводами значительно превышают потери тепла трубопроводами водяных систем отопления.

Воздушное отопление с использованием в качестве теплоносителя нагретого воздуха, имеющего сравнительно небольшие температуру (50 — 70°C), теплоемкость 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. I.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 охлаж-

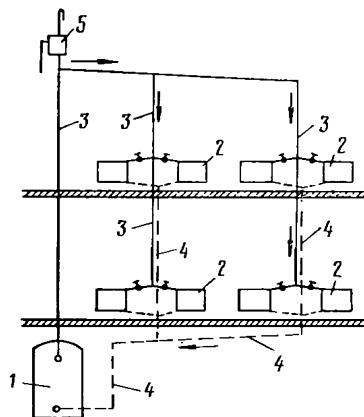


Рис. I.2. Схема водяного отопления с естественной циркуляцией

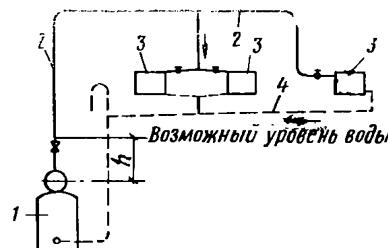


Рис. I.3. Схема парового отопления низкого давления

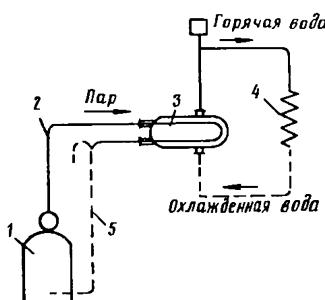


Рис. I.4. Схема пароводяного отопления

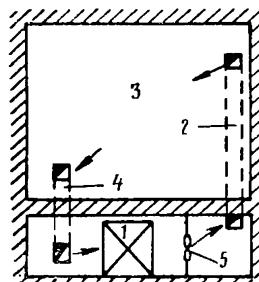


Рис. I.5. Схема воздушного отопления

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

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 пароводянном теплообменнике.

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

Г л а в а 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 вверху, 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 *ккал/ч*

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

где λ — коэффициент теплопроводности материала в *ккал/м·ч·град*;

δ — толщина тела или материального слоя в *м*;

F — площадь в *м²*;

$t_1 - t_2$ — разность температур плоскостей, ограничивающих тело, в *град*.

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

Следовательно, коэффициент теплопроводности материала показывает, какое количество тепла проходит в течение 1 ч через 1 м² поверхности тела толщиной 1 м при разности температур на границах тела 1°.

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 λ/δ в уравнении (II.1) называют *тепловой проводимостью материального слоя*. Оно показывает, какое количество тепла проходит за 1 ч через 1 м² материального слоя при разности температур 1°. Отношение δ/λ , т. е. обратную величину, называют *термическим сопротивлением материального слоя*. Эта величина имеет размерность м²·ч·град/ккал.

Конвекция. Количество тепла, передаваемое конвекцией, определяется по формуле

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

где Q — количество передаваемого тепла в ккал/ч;

α_k — коэффициент конвекции в ккал/м²·ч·град;

F — поверхность, участвующая в теплообмене, в м²;

Δt — разность температур поверхности и окружающего воздуха в град.

Коэффициент конвекции α_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

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

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 $\text{ккал}/\text{м}^2 \cdot \text{ч} \times {}^\circ\text{K}^4$ (по температурной шкале Кельвина);

F — поверхность излучения в м^2 ;

T — абсолютная температура в ${}^\circ\text{К}$.

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

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 $\text{ккал}/\text{м}^2 \cdot \text{ч} \cdot {}^\circ\text{K}$, 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.