

Инж. Л. А. СЕМЕНОВ

Д 33
Л 10

**ТЕПЛОТДАЧА
ОТОПИТЕЛЬНЫХ ПЕЧЕЙ И РАСЧЕТ
ПЕЧНОГО ОТОПЛЕНИЯ**

СТРОИЗДАТ НАРКОМСТРОЯ

1943

Редактор инж. М. С. Рудоминер

В книге детально изложены вопросы, связанные с теплоотдачей отопительных печей, и дан критический разбор применяющихся в настоящее время норм и правил.

Автором разработан метод расчета печного отопления с учетом теплотехнических свойств строительных конструкций отапливаемых помещений, причем даны простые расчетные уравнения, удобные для практического пользования.

Книга предназначена для инженеров и техников-проектировщиков по печному отоплению и может быть использована также в качестве пособия при преподавании курсов отопления и строительной теплотехники во вузах.

Подписано к печати
Л 48003.

16-я типография тр

Рудоминерный пер., д. № 9.

933
1130

А. А. Семенов

1943

43

ПРЕДИСЛОВИЕ

Целью данной работы является приведение в ясность ряда основных вопросов, связанных с расчетом печного отопления.

Прежде всего это касается данных о теплоотдаче отопительных печей периодического действия, которые (данные) различными специалистами определяются и трактуются по-разному.

В литературе по печам в этой части наблюдается поразительная пестрота.

Не меньшее значение для оценки печи как нагревательного прибора имеет также характеристика изменения ее теплоотдачи во времени.

Существующее деление печей на печи большой теплоемкости и печи средней теплоемкости в этом отношении дает очень мало.

В качестве основного показателя нами принят «коэффициент неравномерности теплоотдачи печи», что было предложено проф. О. Е. Власовым еще около 15 лет тому назад, но не получило должного развития у специалистов по печному отоплению.

На основе работы проф. О. Е. Власова нами выведены простейшие формулы для определения тепловой инерции помещения и разработан метод расчета печного отопления с учетом колебания даваемого печью теплового потока по времени.

В данной работе освещены также основные вопросы, связанные с выбором расчетных наружных температур (t_n).

Сделанные нами предложения в этой части мы не считаем исчерпывающими. В различных случаях, в зависимости от назначения зданий, условий эксплуатации и местных климатических условий, подход к выбору t_n может изменяться.

Принятая величина максимальной амплитуды колебания температуры воздуха жилого помещения (A_t) также в некоторой мере условна.

Но условность принятых значений величин t_n и A_t не может оказать влияния на основные предпосылки и на сделанные в этой работе общие выводы и заключения.

Автор считает своим долгом выразить признательность рецензентам проф. д-ру техн. наук О. Е. Власову и инж. Ковалевскому, а также редактору инж. М. С. Рудоминеру за их ценные указания, которые мною учтены для улучшения качества моей работы.

16/II 1943 г.

Инж. Семенов

Г. ТЕПЛОТДАЧА ОТОПИТЕЛЬНЫХ ПЕЧЕЙ

§ 1. Пестрота данных по теплоотдаче печей

Основной характеристикой печи как отопительного прибора является ее теплоотдача за единицу времени $\frac{W_{cp}}{f}$, выраженная в калориях с 1 м² поверхности нагрева в час.

К сожалению, различные специалисты, авторы учебников и пособий по печному делу, в отношении значения $\frac{W_{cp}}{f}$ сильно расходятся между собой.

Приведем данные из ряда наиболее важных источников (табл. 1).

Такой удивительный разницей в характеристиках одних и тех же печей объясняется прежде всего тем, что печь является отопительным прибором «периодического действия» и теплоотдача ее в процессе нагревания и остывания непрерывно меняется. Вследствие этого принято принимать за величину теплоотдачи какую-то среднюю за известный период $\frac{W_{cp}}{f}$. Точных норм и методов на этот счет не было. Различные экспериментаторы подходили к методике испытания печи по-разному, и отсюда пестрота и разницей в результатах.

Все методы определения W_{cp} можно разбить на две основные группы.

1-я группа. Определение W_{cp} как среднечасовой теплоотдачи «за период теплоотдачи».

Обозначим эту величину через $W_{п.ч.}$

2-я группа. Определение W_{cp} как среднечасовой теплоотдачи «за сутки». Обозначим ее через $W_{ср.с.}$

Изложим сущность того и другого.

§ 2. Определение теплоотдачи печи W_{cp} как среднечасовой за период теплоотдачи ($W_{п.ч.}$)

Нетопленая печь имеет температуру на стенках, равную температуре помещения. Будучи затоплена, она нагревается, температура на ее стенках повышается до известного максимума (t_{max}), после чего происходит остывание печи, и температура на ее стенках падает, пока вновь не сравняется с температурой помещения.

Данные о величине теплоотдачи печи по разным источникам.

№ п/п	Наименование источников	Средняя теплоотдача печи при одной топке в сутки жкал/м ² час				Средняя теплоотдача печи при двух топках в сутки жкал/м ² час								
		печи средней теплоемкости в железном футляре	печи большой теплоемкости в чугуна-турке и железном футляре	печи изразцовые без футляра	печи средней теплоемкости в чугуна-турке	печи средней теплоемкости в железном футляре	печи большой теплоемкости	печи изразцовые	печи средней теплоемкости в чугуна-турке					
1	Проф. Павловский, курс «Отопление и вентиляция», изд. 1914 г.	—	220—250	155—175	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
2	Проф. Чаплин, курс «Отопление и вентиляция», изд. 1926 г.	300	255	180	—	—	—	—	—	—	—	270	—	545
3	Проф. Аше, курс «Отопление и вентиляция», изд. 1934 г.	—	220	155	—	—	—	—	—	—	—	230	—	300
4	То же — изд. 1939 г.	225	300	350	225	—	—	—	—	—	—	525	—	375
5	Протопопов, «Печное дело», изд. 1934 г.	175—200	250—300	250—300	175—200	—	—	—	—	—	—	400—450	—	350—400
6	ОСТ 7805. 1935 г. «Печи комнатные»	225	300	350	225	—	—	—	—	—	—	525	—	375
7	Альбом Цеккомбанка, вып. IV, изд. 1932 г.	300—325	275—375	—	275—375	—	—	—	—	—	—	—	—	—
8	Альбом конструктивных деталей зданий, 1938 г.	300—330	300—330	300—330	275	—	—	—	—	—	—	—	—	—
9	Главоенпротомстрой. Альбом отопительных печей, 1941 г.	180—250	250—380	350—430	200—250	—	—	—	—	—	—	500—600	—	350—400

Подпи
Л 4806
16-я т

На рис. 1 изображена кривая изменения по времени средней температуры поверхности печи ОС-2 из альбома Главвоенпром-строя изд. 1941 г.

Максимальный разогрев печи ограничивается санитарно-гигиеническими требованиями, по которым допускается иметь на поверхности температуру не более 80° и только для печи в изразцах до $85-90^\circ$.

Из кривой мы видим, что данная печь остыла через 23 часа после начала топки.

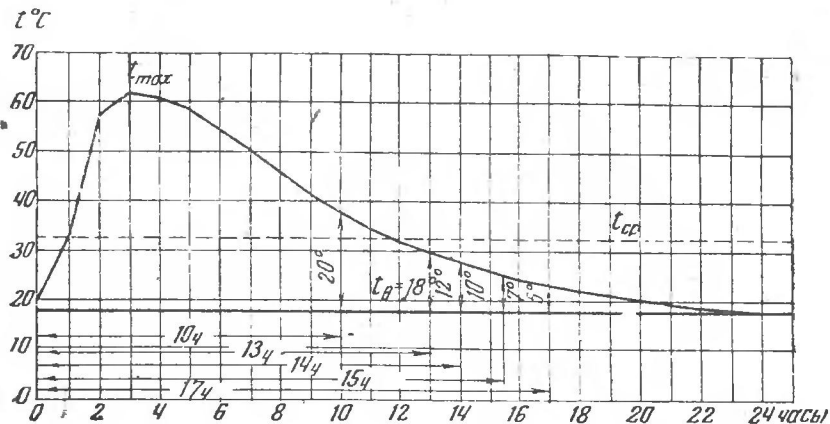


Рис. 1. Кривая изменения средней температуры поверхности печи ОС-2

Для определения теплоотдачи печи можно применить следующий метод.

Пусть на топку печи израсходовано топлива B кг. Теплотворная способность топлива — Q_n^p ккал/кг. Коэффициент полезного действия печи — η .

Отсюда общее количество теплоты, которое получила печь при сжигании топлива, а затем отдала помещению:

$$\Sigma W = BQ_n^p \eta. \quad (1)$$

Продолжительность теплоотдачи печи — n часов, откуда среднечасовая теплоотдача печи за период теплоотдачи будет:

$$W_{n.m} = \frac{\Sigma W}{n} = \frac{BQ_n^p \eta}{n} \text{ ккал/час}; \quad (2)$$

в данном случае $n = 23$ и $W_{n.m} = \frac{BQ_n^p \eta}{23}$.

При определении $W_{n.m}$ можно поступить и несколько по-иному.

Последние несколько часов печь остывает очень медленно и вместе с тем дает уже сравнительно малое количество тепла. Вследствие этого концом периода теплоотдачи принято считать не тот момент, когда печь уже совсем остынет, т. е. температура

на ее стенках сравнивается с температурой помещения, а некоторый более ранний.

Одни специалисты концом периода теплоотдачи считают тот момент, когда средняя температура поверхности нагрева печи опустится до температуры на 5° выше температуры помещения, другие (и таких большинство) — на 10° , а некоторые — на 15° и даже 22° .

Это конкретно выявлено нами при изучении материалов различных экспериментаторов.

Понятно, что при таких условиях величины n , а следовательно, и значения $W_{n.m}$ получались по-разному. Для данной печи, приняв $n = 23$, получим среднечасовую теплоотдачу за период теплоотдачи с 1 м^2 поверхности нагрева:

$$\frac{W_{n.m}}{f} = 170 \text{ ккал/м}^2 \text{ час},$$

а приняв $n = 13$ час.:

$$\frac{W_{n.m}}{f} \approx 300 \text{ ккал/м}^2 \text{ час}.$$

Но при отрезании «хвоста» кривой в данном случае (рис. 1) пользоваться уравнением (2) уже нельзя, так как печь еще не успела отдать все полученное ею тепло.

Тепловой цикл печи остался незаконченным, и часть тепла в печи еще осталась.

Чтобы получить правильный тепловой баланс печи, стали прибегать к протопке печи накануне испытания, с тем чтобы к началу испытания печь имела такую температуру, какая должна быть при отрезании «хвоста» кривой.

Тогда температура в конце «периода теплоотдачи» будет такая же, как перед топкой при испытании печи, и, следовательно, тепловой цикл печи будет законченным. Печь за «период теплоотдачи» успеет отдать тепла столько, сколько получит сама при сжигании топлива, и уравнение (2) будет вполне справедливо. Для той же печи ОС-2 различные периоды теплоотдачи изображены на рис. 1.

Полученную величину $W_{n.m}$ называют обычно «среднечасовой теплоотдачей при одной топке в сутки», что безусловно неправильно.

Величина $W_{n.m}$ есть среднечасовая теплоотдача печи «за период теплоотдачи», т. е. величина, не связанная с календарем. Только в том случае, если период теплоотдачи печи равен 24 час., $W_{n.m}$ соответствует среднечасовой теплоотдаче печи при одной топке в сутки.

Определенную вышеуказанным методом величину $W_{n.m}$ принимают за среднечасовую теплоотдачу печи при одной топке в сутки, т. е. за величину W_{cp} .

Укажем на две особенности, характеризующие в этом случае величину $W_{n.m}$, которые следует иметь в виду, когда W_{cp} определяется как $W_{n.m}$.

Рассмотрим температурную кривую печи за период теплоотдачи n (рис. 2).

Вершина температурной кривой t_{\max} , соответствующая максимальному разогреву печи, ограничивается санитарно-гигиеническими нормами, которые для всех печей большой и средней теплоемкости являются одними и теми же.

В какой-либо зависимости от периода теплоотдачи n величина t_{\max} не находится, что очень важно отметить.

Иначе говоря, печи с различными периодами теплоотдачи n могут иметь одинаковые t_{\max} и, напротив, печи с одинаковыми величинами n могут иметь разные t_{\max} .

Вообще t_{\max} зависит от индивидуальных свойств печи, и чем равномернее прогревается поверхность печи, тем выше для нее t_{\max} .

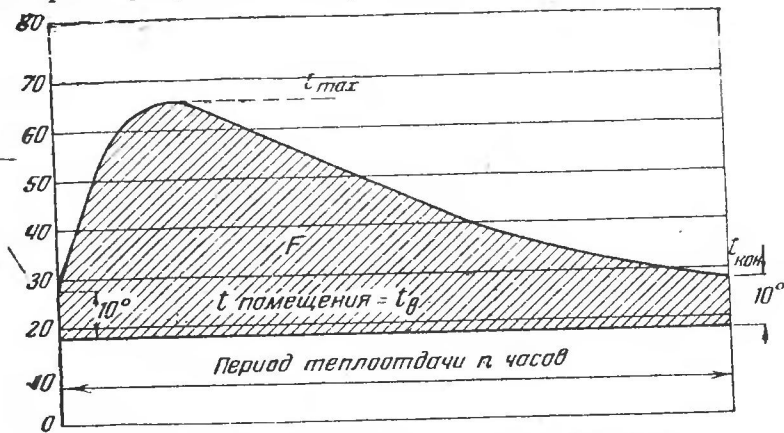


Рис. 2. Температурная кривая печи за период теплоотдачи n

Однако для различных печей современных конструкций значение величины t_{\max} колеблется в довольно узких пределах.

В конце периода теплоотдачи температура для всех печей должна приниматься одинаковой, а именно:

$$t_{\text{кон}} = t_0 + \Delta t,$$

где t_0 — температура помещения.

Выше мы указывали, что большинство специалистов принимают $\Delta t = 10^\circ$. В дальнейшем в наших расчетах мы будем придерживаться этой же цифры.

Общий рисунок температурной кривой для различных печей является также довольно одинаковым. На основании этих соображений приходится сделать вывод, что n отношение площади фигуры F к абсциссе n также будет колебаться в довольно узких пределах.

На основании опытных данных можно в среднем принять $t_{\max} = 63^\circ$, а величину $\frac{F}{n} = t_{\text{ср.п.}} = 48^\circ$. Отсюда теплоотдача печи будет:

$$W_{n,m} = \alpha (t_{\text{ср.п.}} - t_0) \approx 10 (48 - 18) = 300 \text{ ккал/м}^2 \text{ час};$$

здесь α — коэффициент теплоотдачи от поверхности в воздух и обратно (ккал/м²час град).

Для различных печей отклонения в ту или иную сторону не превышают обычно 10%, т. е. величина $\frac{W_{n,m}}{f}$ колеблется примерно в пределах 275 — 325 ккал/м²час. Эта первая особенность величины $W_{n,m}$.

Вторая особенность касается «коэффициента неравномерности теплоотдачи», введенного в строительную теплотехнику в качестве характеристики изменения теплоотдачи печи по времени; этот коэффициент при одной топке в сутки обозначим через m . Его можно определить из уравнения:

$$m_1 = \frac{W_{\max} - W_{\text{ср}}}{W_{\text{ср}}}$$

или также из уравнения:

$$m_2 = \frac{W_{\text{ср}} - W_{\min}}{W_{\text{ср}}}$$

Истинное значение m будет некоторое среднее между m_1 и m_2 , и с достаточной для практики точностью можно принять:

$$m = \frac{m_1 + m_2}{2} = \frac{W_{\max} - W_{\min}}{2W_{\text{ср}}} \quad (3)$$

Здесь W_{\max} — теплоотдача печи в момент максимального прогрева печи;

$$W_{\max} = \alpha_1 (t_{\max} - t_0) f;$$

W_{\min} — теплоотдача печи в момент минимального прогрева;

$$W_{\min} = \alpha_3 (t_{\text{кон}} - t_0) f;$$

$$W_{\text{ср}} = W_{n,m} = \alpha_2 (t_{\text{ср.п.}} - t_0) f.$$

Так как температура на печи колеблется в небольших пределах, то изменением величины α в данном случае можно пренебречь, т. е. принять $\alpha_1 = \alpha_2 = \alpha_3$, тогда из уравнения (3) получим:

$$m = \frac{t_{\max} - t_{\text{кон}}}{2(t_{\text{ср.п.}} - t_0)} \quad (4)$$

Согласно предыдущему можем вычислить:

$$m = \frac{63 - 28}{2(48 - 18)} \approx 0,60.$$

При этом, учитывая устойчивость значений температур, входящих в уравнение, можно признать, что величина m , так же как и величина $W_{n,m}$, будет изменяться в довольно узких пределах и не будет зависеть от периода теплоотдачи n .

§ 3. Определение теплоотдачи печи W_{cp} как «среднечасовой за сутки» ($W_{cp.c}$)

Обратимся теперь к методу определения $W_{cp} = W_{cp.c}$.

При определении $W_{cp.c}$ все печи, независимо от их теплоемкости, топятся через одни и те же промежутки времени, а именно:

1. Для определения теплоотдачи при одной топке в сутки печь топится с промежутками ровно в 24 часа (от начала одной топки до начала следующей).

2. Для определения теплоотдачи при двух топках в сутки топки производятся с промежутками ровно в 12 час.

В таких условиях печи различной теплоемкости будут вести себя по-разному.

Печь № ОС-2 (см. приложение 1), кривая для которой дана на рис. 1, к началу новой топки приходит в первоначальное состояние.

Если же взять более массивную печь, то она через 24 часа не успеет остынуть, и на ее поверхности останется некоторая

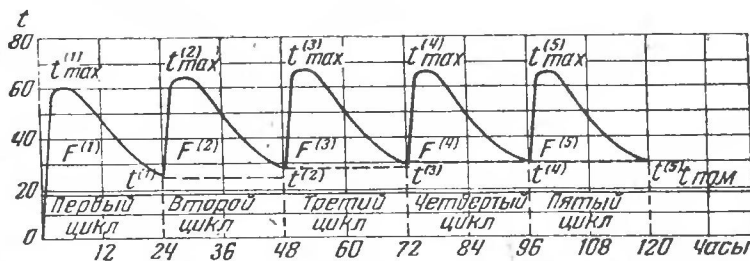


Рис. 3. Температурная кривая печи при одной топке в сутки

температура, равная $t_{кон} = t_0 + \Delta t^{(1)}$. Чем больше теплоемкость печи, тем величина $\Delta t^{(1)}$ больше.

Пусть для некоторой печи при сжигании порции топлива V кг получена температурная кривая, изображенная на рис. 3, первый цикл.

При второй топке той же порцией топлива температура на печи поднимается до более высокого уровня, т. е. $t_{max}^{(2)} > t_{max}^{(1)}$, и к началу третьей топки остаточная температура на печи будет еще больше, т. е. $\Delta t^{(2)} > \Delta t^{(1)}$.

При третьей топке повторится то же самое, т. е.:

$$t_{max}^{(3)} > t_{max}^{(2)} \text{ и } \Delta t^{(3)} > \Delta t^{(2)},$$

но увеличение t_{max} и остаточной температуры Δt будет затухать, т. е.

$$\Delta t^{(2)} - \Delta t^{(1)} > \Delta t^{(3)} - \Delta t^{(2)} > \Delta t^{(4)} - \Delta t^{(3)};$$

$$t_{max}^{(2)} - t_{max}^{(1)} > t_{max}^{(3)} - t_{max}^{(2)} > t_{max}^{(4)} - t_{max}^{(3)}.$$

Через 3—4 топки дальнейшее возрастание температур прекратится, и температура печи к началу новой топки опустится как раз до уровня, на котором она была перед началом предыдущей.

Это значит, что печь пришла в установившееся тепловом состоянии, т. е. что при дальнейших топках такими же порциями топлива тепловые циклы будут совершенно одинаковы и

$$t_{max}^{(n)} = t_{max}^{(n+1)},$$

$$t_{кон}^{(n)} = t_{кон}^{(n+1)},$$

$$F^{(n)} = F^{(n+1)}.$$

При этих условиях можно утверждать, что за промежуток времени от начала предыдущей топки до начала следующей печь отдает помещению как раз столько тепла, сколько она получила от сжигания топлива, т. е. $BQ_n^p \eta$ ккал, откуда среднечасовая теплоотдача по тепловому балансу будет равна:

$$W_{cp.c} = \frac{BQ_n^p \eta}{24} \text{ ккал/час.} \quad (5)$$

По условиям поверхностной теплоотдачи можем также написать, что:

$$\frac{W_{cp.c}}{f} = \frac{\alpha F}{24}, \quad (6)$$

Повидимому,

$$W_{cp.c} = \varphi(F).$$

Как мы уже условились, F есть площадь, ограниченная сверху температурной кривой печи, а снизу — прямой t_0 .

Следовательно, площадь $F^{(n)}$ определяется в основном положением трех точек температурной кривой, т. е.

$$t_{кон}^{(n-1)}; \quad t_{кон}^{(n)}; \quad t_{max}^{(n)}.$$

Когда мы разбирали $W_{n.m}$, то указывали, что t_{max} зависит от индивидуальных свойств каждой печи, и чем равномернее прогревается поверхность печи, тем выше для нее t_{max} . Это положение остается, конечно, справедливым и при определении $W_{cp.c}$.

Но при определении $W_{n.m}$ для всех печей величина $t_{кон} = t_0 + \Delta t = \text{const}$, и колебания $W_{n.m}$ для различных печей происходили только за счет некоторого колебания t_{max} .

При определении же $W_{cp.c}$ изменяются также и $t_{кон}$ и притом в весьма широких пределах.

Чем больше теплоемкость печи, тем больше для нее $t_{кон}$.

На рис. 4 и 5 даны кривые, полученные при испытании печей из альбома Главвоенпромстроя, изд. 1941 г. при одной и при двух топках в сутки.

Для разных печей величина $t_{max} - t_0$ колеблется в пределах от 38 до 50°, а $(t_{кон} - t_0)$ — в пределах от 0 до 18° при одной топке в сутки. Отсюда получаются и весьма большие колебания для $W_{cp.c}$.

В то время как $W_{n.m}$ колеблется для различных печей, примерно, в пределах от 275 до 325 ккал и при этом от теплоемкости печи не зависит средняя часовая теплоотдача печи «за сутки», $W_{ср.с}$ колеблется, как показывают испытания, в пределах 190—410 ккал и находится в тесной и прямой зависимости от теплоем-

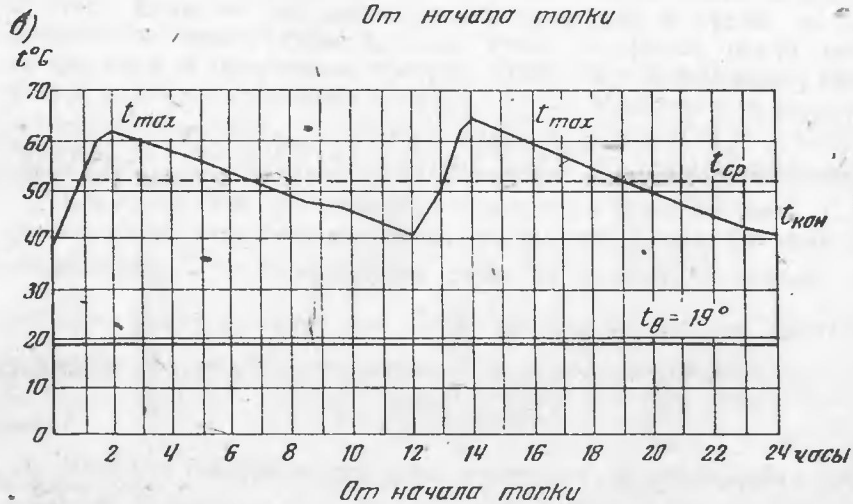
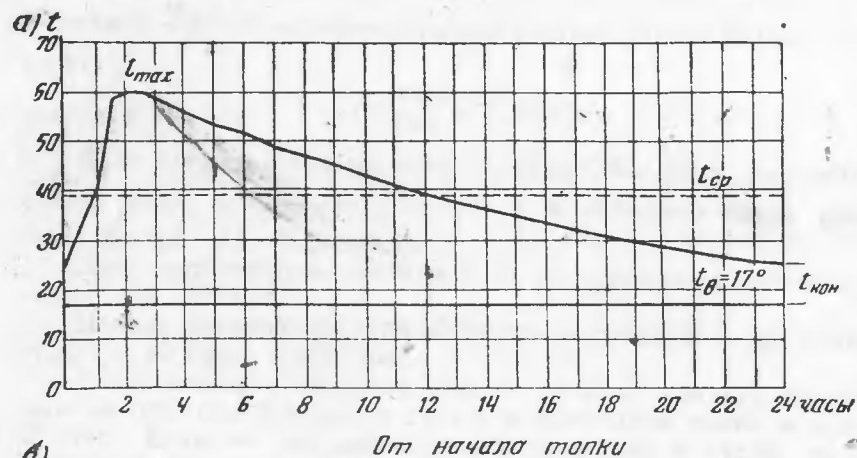


Рис. 4. Температурная кривая печи № 1: а—при одной топке в сутки, б—при двух топках в сутки

кости. Это является первой особенностью величины $W_{ср}$, определяемой как $W_{ср.с}$.

Обратимся теперь к определению коэффициента неравномерности теплоотдачи печи m .

Как мы видели из предыдущего, m зависит от t_{max} , $t_{ср}$ и $t_{кон}$. В данном случае, при определении $W_{ср.с}$, величины $t_{ср}$ и $t_{кон}$ в зависимости от теплоемкости печей колеблются в весьма широких пределах, что вызывает и резкие изменения величины m .

Для отопительных печей, помещенных в альбоме Главвоенстроя, изд. 1941 г., коэффициент m при одной топке в сутки колеблется в пределах от 1,4 до 0,36, т. е. изменяется примерно в 4 раза.

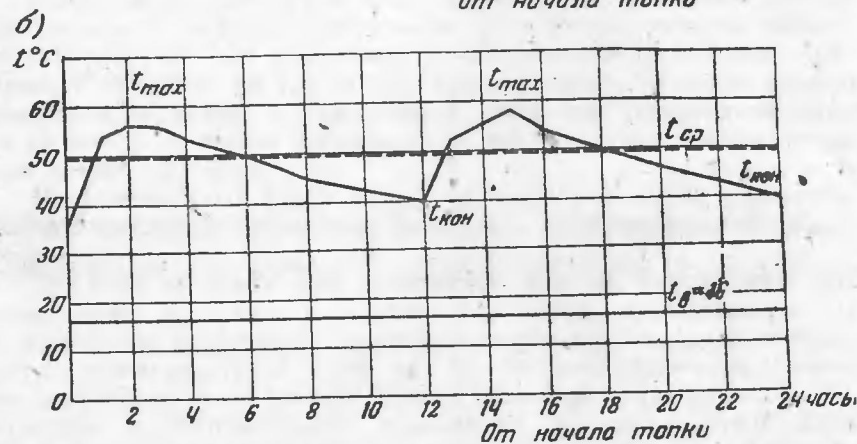
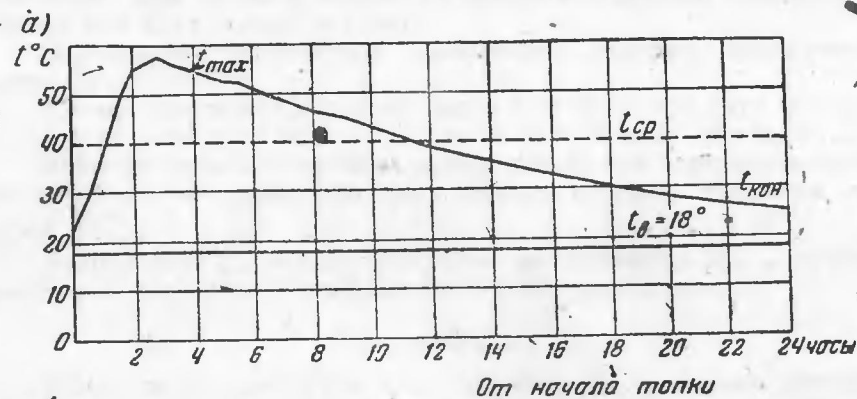


Рис. 5. Температурная кривая печи № 2: а—при одной топке в сутки, б—при двух топках в сутки

Всего вышеизложенного достаточно, чтобы сущность величин среднечасовой теплоотдачи печи за период теплоотдачи ($W_{n.m}$) и «за сутки» ($W_{ср.с}$) была ясна и понятна.

§ 4. Выбор тепловых характеристик

На основании того, что было сказано выше, покажем на конкретных примерах неприемлемость величины $W_{n.m}$ в качестве $W_{ср}$ для расчета печного отопления.

Пример I. задается определенная наружная расчетная температура для печного определения $|t_n|$, при которой отопление помещения должно быть обеспечено при одной топке в сутки.

Определяется теплотеря помещения Q и затем подбирается печь соответствующей теплоотдачи $W_{ср}$.

Возьмем $W_{n.m}$ в качестве $W_{ср}$.

Разберем два случая:

Случай 1-й. $Q = 1000$ ккал.

Потребная поверхность нагрева печи:

$$f = Q : \frac{W_{n.m}}{f}$$

Величину $\frac{W_{n.m}}{f}$ можно взять приблизительно равной 300 ккал/м² час, тогда

$$f = \frac{1000}{300} = 3,33 \text{ м}^2.$$

Если принять размеры печи в плане $0,5 \times 0,5$ м, то активная высота печи $h = \frac{f}{0,5 \cdot 0,5} = \frac{3,33}{0,25} = 13,32$ м и активный объем кладки печи $V = 0,5 \cdot 0,5 \cdot 13,32 = 3,33$ м³.

Это соответствует печи ОС-2 из альбома Главвоенпромстроя, изд. 1941 г.

Период теплоотдачи этой печи при остывании ее до температуры $t_e + 10$ будет $n = 14$ час.

Следовательно, эта печь сможет отопить комнату на самом деле не при одной топке в сутки, а при одной топке в каждые 14 час. Если же эту печь топить один раз в сутки, то она, остывая до температуры t_e , дает тепла за целые сутки около 16000 ккал, а помещение требует $1000 \cdot 24 = 24000$ ккал. Получается неувязка суточного баланса. Тепла в помещении недостает

$$100\% \frac{24000 - 16000}{24000} = 33\%.$$

Случай 2-й. Теплопотеря помещения $Q = 3000$ ккал. Повидимому, требуется большая печь, но мы уже знаем, что величина теплоотдачи $\frac{W_{n.m}}{f}$ от размеров печи не зависит, а потому, как и выше, может принять для $\frac{W_{n.m}}{f}$ некоторое среднее значение, а именно 300 ккал/м² час; тогда

$$f = \frac{3000}{300} = 10,0 \text{ м}^2.$$

Возьмем толстостенную печь в штукатурке размерами в плане $1,5 \times 1,0$ м.

Активная высота печи $h = \frac{f}{(1,5 + 1,0) \cdot 2} = 2,0$ м.

Активный объем кладки

$$V = 2 \cdot 1,5 \cdot 1,0 = 3 \text{ м}^3.$$

Для таких печей период теплоотдачи n составляет от 32 до 36 час., и эта печь обеспечит отопление помещения при топке не один раз в сутки, а один раз в 32—36 час. Если же топить ее каждые 24 часа, то она даст около $380,0$ ккал/м³ час, или за сутки $380 \cdot f \cdot 24 = 380 \cdot 10 \cdot 24 = 91000$ вместо требуемых $3000 \cdot 24 = 72000$ ккал.

$$\text{Излишек мощности печи } 100\% \frac{91000 - 72000}{72000} = 26,3\%.$$

Пример II. Задается определенная наружная температура $t_{u.o}$, т. е. такая, которая принимается при расчете центрального отопления, при которой отопление помещения должно быть обеспечено при двух топках в сутки.

Определяем теплопотерю помещения, которую обозначим через $Q_{u.o}$.

Нужно определить, сколько тепла дает печь при двух топках в сутки по известной теплоотдаче ее за период теплоотдачи $W_{n.m}$.

Искомую величину можно рассматривать как «среднечасовую теплоотдачу» за сутки при двух топках в сутки; обозначим ее через $W_{ср.c}^{II}$.

Величину $W_{ср.c}^{II}$ можно получить из величины $W_{n.m}$ путем некоторых переводных коэффициентов y по уравнению:

$$W_{ср.c}^{II} = y W_{n.m} \quad (7)$$

Ввиду искусственности этого приема мы в данном случае углубляться в анализ коэффициента y не будем, укажем только, что величина его для различных печей должна колебаться, примерно, в пределах от 1,0 до 2,0, причем первое значение должно относиться к печам с наименьшим периодом теплоотдачи (при $n = 12$ час.), а второе значение — к наиболее массивным печам (при $n = 35 - 40$ час.).

Из приведенных задач видно, что подобрать печь, удовлетворяющую заданным условиям, пользуясь характеристикой $W_{n.m}$, невозможно.

Добавим к этому еще следующее: как мы уже видели, при определении $W_{ср}$, как $W_{n.m}$, для всех печей, независимо от их теплоемкости, коэффициент неравномерности теплоотдачи m получается, примерно, один и тот же. Но из дальнейшего мы узнаем, что коэффициент m оказывает прямое влияние на постоянство температуры в отапливаемом помещении по часам суток. Если принять, что m не зависит от теплоемкости печи, то пришлось бы сделать явно неверный вывод, что печи различной теплоемкости дают одинаковый эффект в части постоянства температур в отапливаемом помещении.

Если же воспользоваться при расчете печного отопления характеристиками, отнесенными к суточному и полусуточному тепловому циклу печи, т. е. среднечасовыми теплоотдачами за сутки $W_{ср.c}$ и $W_{ср.c}^{II}$, то легко подобрать по альбому требующуюся печь.

Так, в случае 1-м примера I по альбому ГУВПС изд. 1941 г. находим, что будет достаточна печь ОС-4, для которой $W_{ср.c} = 1000$ ккал/час. При одной топке в сутки она даст в среднем 1000 ккал/час, а всего в сутки

$$1000 \cdot 24 = 24000 \text{ ккал,}$$

т. е. то, что требуется.

Коэффициент m для данной печи равен $m = 1,20$, что также соответствует режиму «при одной топке в сутки».

Для случая 2-го примера I подбирается печь, для которой $W_{ср.с} = Q = 3000$ ккал/час. Это будет, например, печь ОС-33 из того же альбома.

Можно быть уверенным, что эта печь обеспечит отопление помещения при t_n при одной топке, причем никакого избытка мощности не будет. Коэффициент m для этой печи равен 0,40.

С такой же легкостью можно решить и задачу на две топки в сутки.

Пусть при $t_{ч.о}$ теплопотеря $Q_{ч.о} = 5000$ ккал/час. Чтобы проверить, может ли печь ОС-33 отопить помещение при двух топках в сутки, надо определить среднечасовую теплоотдачу печи при двух топках в сутки, т. е. величину $W_{ср.с}^{II}$. При испытании данной печи найдено:

$$W_{ср.с}^{II} = 4500 \text{ ккал/час.}$$

Следовательно, данная печь непригодна, и следует лучше взять печь ОС-38, для которой

$$W_{ср.с}^{II} = 5300 \text{ ккал/час.}$$

Как видно, те же задачи, которые при пользовании характеристиками $W_{n.m}$ правильно решить было невозможно, естественно и легко решаются при пользовании характеристиками $W_{ср.с}$ и $W_{ср.с}^{II}$.

На практике, конечно, не будут печь топить точно через 24 или 12 час. В зависимости от наружной температуры печь топят чаще или реже. Так, например, в Москве при $t_n = -30^\circ$ печь будут топить два раза в сутки, но не обязательно через 12 час. Могут истопить утром в 10 час. и после работы вечером в 8 час.

Основная суть дела в том, что печь, подобранная по $W_{ср.с}$ и $W_{ср.с}^{II}$, обладает как раз такой мощностью, что при любых наружных температурах имеется возможность выбрать удобный режим топки, не выходя за пределы двух топков в сутки и вместе с тем не создавая излишних запасов мощности.

Если мы обратимся теперь к табл. 1, то сможем высказать суждение, как определялись теплоотдачи различными авторами.

Проф. Чаплин, повидимому, принимал для теплоотдачи при одной топке в сутки величины $W_{n.m}$. Для так называемых печей «большой теплоемкости» Чаплин, как и Павловский, дает очень низкие нормы, что отчасти может быть объяснено несовершенством старых печных конструкций.

При переходе к двум топкам в сутки он определяет теплоотдачу, пользуясь переводным коэффициентом по уравнению (7).

$$W_{ср}^{II} = yW_{n.m}$$

но величину y принимает совершенно неправильно.

Мы уже указывали выше, что y должно быть равно от 1,0 до 2,0, причем меньшее значение относится к печам с наименьшим периодом теплоотдачи, а большее значение — к наиболее массивным.

Чаплин же для первых печей берет $y = 1,82$, а для вторых $y = 1,5$. Как видно будет из дальнейшего, эти значения y близки по значениям к переводным коэффициентам для уравнения:

$$W_{ср}^{II} = yW_{ср.с} \quad (8)$$

т. е. для определения $W_{ср.с}^{II}$, исходя из «среднечасовой теплоотдачи за сутки», при одной топке в сутки.

В альбоме Цекомбанка, а также в альбоме «Конструктивные детали зданий», вып. VI, 1938 г., для $W_{ср}$ совершенно очевидно взяты также величины $W_{n.m}$. В этих альбомах теплоотдача при двух топках не указана, но принято было находить ее, пользуясь тем же уравнением (7), причем, так же как и у Чаплина, значение этого коэффициента взято неверно.

Напротив, инж. Протопопов, а также ОСТ 7805 исходили, повидимому, из характеристик $W_{ср.с}$ и $W_{ср.с}^{II}$, т. е. стояли на правильной почве. Данные проф. Аше не представляют собой интереса. В курсе, изданном в 1934 г., он дает теплоотдачи, соответствующие $W_{n.m}$ только с общим сильным занижением, повидимому, заимствуя их из старого курса отопления Павловского. В новом издании 1939 г. проф. Аше пользуется теплоотдачами по ОСТ 7805.

Между прочим, такое положение, что одни авторы предпочли взять теплоотдачи средние «за период теплоотдачи» а, другие «за сутки», произошло в значительной мере случайно, потому что не было ясного представления об этих вопросах.

§ 5. Основы методики испытания печей

Анализ круга вопросов, связанных с теплоотдачей печей и проектированием печного отопления, заставил Главвоенпромстрой в 1939 г. отказаться от теплотехнических данных, приведенных в ранее выпущенных альбомах печей, и составить новый альбом отопительных печей («Альбом отопительных печей» изд. Главвоенпромстроя 1941 г.). Все печи, входящие в альбом, были испытаны по новой методике, которая позволила выявить данные, тесно увязанные с задачами правильного расчета печного отопления. Методика испытания предусматривала получение следующих данных:

- теплоотдачи печи при одной топке в сутки $W_{ср.с}$;
- то же при двух топках в сутки $W_{ср.с}^{II}$;
- коэффициента неравномерности теплоотдачи m при одной топке в сутки;
- то же при двух топках в сутки;
- продолжительности остывания печи n час. до температуры $t_{кон} = t_e + 10^\circ$.

Кроме того, решено было давать теплоотдачу печи не только общую, но и по отдельным стенкам.

Разные стенки у многих печей прогреваются неравномерно. Даже в печах бесканальных, при наличии пасадных труб, эта неравномерность ощутительна, в канальных же печах величины теплоотдачи отдельных стенок с 1 м² могут относиться как 1:2.

Между тем, в альбомах не давалась разбивка теплоотдачи по стенкам, и проектировщик вынуждался принимать интенсивность теплоотдачи по всем стенкам одинаковой.

Выдача проектировщику, помимо данных общей теплоотдачи печи, также и разбивки ее по отдельным стенкам позволяет правильно разместить печь в плане и обеспечить нормальное отопление каждой комнаты.

Всего в 1939—1940 гг. в Печной лаборатории Главвоенпромстроя было испытано по новой методике около 70 отопительных печей, из которых около 50% испытывались только при одной топке в сутки, а остальные 50% и при одной, и при двух топках в сутки. В результате этих испытаний выявились весьма интересные и важные закономерности, которые мы излагаем в следующей главе. Характеристики и эскизы испытанных и рекомендуемых печей приводятся в приложении.

II. АНАЛИЗ ТЕПЛОТЕХНИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ПЕЧЕЙ ПЕРИОДИЧЕСКОГО ДЕЙСТВИЯ

§ 6. Предварительные замечания

Объем данной книжки не позволил изложить методику испытания печей и обработку материалов, вследствие чего при ознакомлении с содержанием данной главы могут возникнуть недоуменные вопросы. Это заставляет нас сделать предварительно некоторые пояснения.

Прежде всего, ввиду того что мы совершенно отказались от подбора величинами среднечасовых теплоотдач за период теплоотдачи, т. е. величинами $W_{n,m}$, в дальнейшем для краткости будем применять обозначение просто W_{cp} , подразумевая под ним обязательно и только $W_{cp,c}$.

По этой же причине, во избежание какой-либо путаницы в понятиях, мы в дальнейшем отказываемся и от термина «период теплоотдачи» и заменяем его условным термином «срок остывания печи».

Продолжительность его условно принимаем от начала топки печи до того момента, когда в процессе остывания средняя температура нагрева ее поверхности не опустится до 28° при температуре помещения $t_a = 18^\circ$, или до 26° при $t_a = 16^\circ$, и выражаем в часах (n).

Срок остывания печи характеризует ее «теплоемкость» (см. об этом ниже), и только для этого мы его и применяем. При испытаниях печей он выявляется совершенно самостоятельно, никак не участвуя при вычислениях W_{cp} и W_{cp}^{II} .

Все печи, независимо от их теплоемкости («срока остывания»), для определения W_{cp} топятся один раз в сутки, т. е. ровно через 24 часа, а для определения W_{cp}^{II} — через 12 час.

Вместе с тем, как это видно из предыдущей главы, величины W_{cp} , W_{cp}^{II} и m находятся в тесной зависимости от теплоемкости печи (n), и выявление этой зависимости представляет значительный интерес, хотя прямого применения в наших расчетах и не имеет.

§ 7. Зависимость среднечасовой теплоотдачи печи от срока остывания n

Кривые для W_{cp} и W_{cp}^{II} в функции от n изображены на рис. 6. Здесь мы прежде всего замечаем, что для всех печей, при увеличении n , теплоотдача неуклонно возрастает по закону, близкому к прямой.

Из четырех типов печей два первых, т. е. печи тонкостенные в железных футлярах и печи толстостенные в штукатурке, при одном и том же n дают и одинаковую теплоотдачу как при одной,

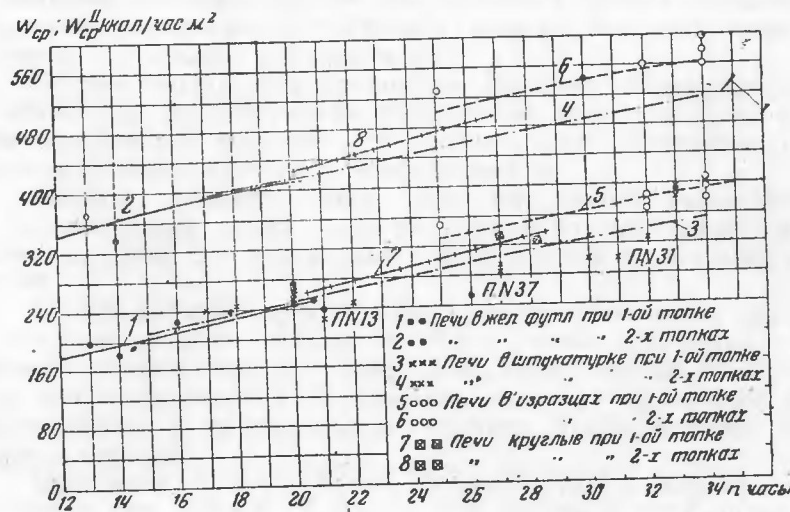


Рис. 6. Кривые для W_{cp} и W_{cp}^{II} в функции от n

так и при двух топках в сутки. Печи круглые в железных футлярах дают несколько более высокую теплоотдачу, но незначительно. Заметное увеличение теплоотдачи имеем у изразцовых печей. Это объясняется тем, что при испытании t_{max} на поверхности изразцовых печей допускалась на $5-10^\circ$ выше по сравнению с прочими печами.

§ 8. Зависимость коэффициента неравномерности теплоотдачи m от срока остывания печи (n), числа кирпичей, содержащихся в активной кладке печи (N), и от объема активной кладки (V м³)

На рис. 7 даны кривые, выражающие зависимость m от N , V и n . Как видно из рис. 7, m резко снижается при возрастании n , что вполне понятно. В пределе при $n = \infty$ мы имели бы печь с постоянной по времени теплоотдачей, и для такой печи $m = 0$.

При увеличении количества топок m также снижается, и если бы была непрерывная топка, то также было бы $m = 0$.

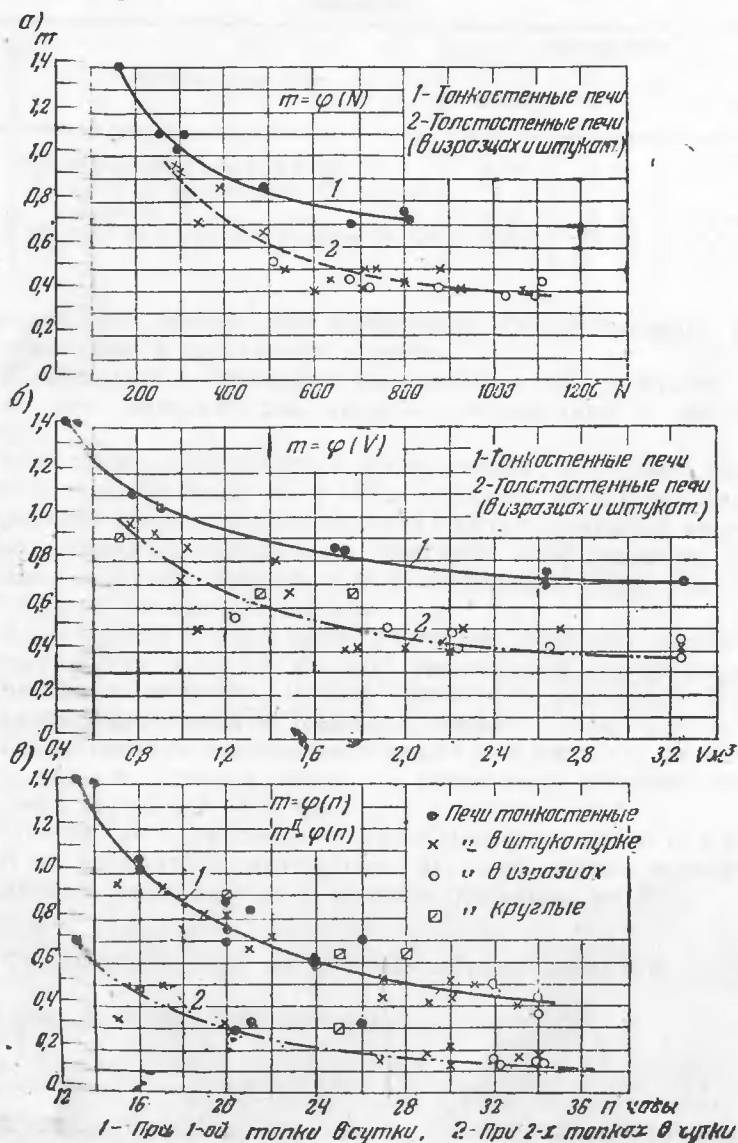


Рис. 7. Кривые зависимости коэффициента неравномерности m от: а) числа N кирпичей, содержащих в активной кладке, б) объема V m^3 активной кладки, в) от срока n остывания печи

Как и на рис. 6, и здесь кривые представляют собой только некоторые усредненные значения. Для отдельных печей, в зависимости от их индивидуальных свойств, значение m могут иметь

значительные отклонения от средних значений. Следует также заметить, что некоторые печи, имея несколько меньшую теплоемкость, обладают вместе с тем значительно большей теплоустойчивостью.

Сравним две печи, для которых значения m обозначены точками a и b (рис. 7, в). Для первой печи $n = 27$, а для второй $n = 32$. Величины же m , соответственно равны 0,40 и 0,50.

На колебание температур отапливаемого помещения по часам суток оказывает влияние как раз коэффициент m , и на этом примере мы видим, что печь с меньшим значением n , т. е. с меньшей теплоемкостью, может оказаться лучшей в отношении создания равномерного теплового режима, чем печь более теплоемкая (с большим значением n).

Следовательно, при сравнении качества отдельных печей в отношении равномерности теплоотдачи величина n не всегда дает правильные указания, и лучше всегда руководствоваться непосредственно значением коэффициента m .

Следует отметить еще, что для печей толстостенных и тонкостенных точки ложатся примерно одинаково, и это дает основание для построения одной кривой m для всех типов печей.

Совсем другую картину наблюдаем при построении кривых m в функции от числа кирпичей (N), а также в функции от активного объема печи V . Здесь для тонкостенных печей значения для m получаются значительно выше по сравнению с толстостенными, и их приходится выделить. Этого, конечно, и следовало ожидать.

Бросается в глаза также большая разбросанность точек, особенно для кривой $m = \varphi(V)$ для толстостенных печей. Это говорит о большом влиянии на коэффициент m индивидуальных свойств каждой печи.

Для тонкостенных прямоугольных печей, напротив, точки для $m = \varphi(V)$ и $m = \varphi(N)$ ложатся на кривую почти совершенно точно, и закономерность очень правильная.

На рис. 7, в приведены также данные для коэффициента неравномерности теплоотдачи при двух топках в сутки: $m^{\text{II}} = \varphi(n)$.

Величина m^{II} получается значительно ниже m , примерно в 2,5—3 раза.

Если же топить печь реже одного раза в сутки, то коэффициент m возрастает.

Так, например, при первой топке в 48 час. коэффициент неравномерности m будет примерно в 2—3 раза больше.

При этом для печей менее теплоемких это возрастание меньше, а для печей более теплоемких — больше.

Коэффициент m несколько меняется также, если уменьшать количество сжигаемого топлива, но зависимость m от этого фактора сравнительно невелика. В табл. 2 приведены данные для трех русских печей при топке их 1 раз в сутки.

Зависимость коэффициента неравномерности m от количества сжигаемого топлива

№ п/п	Наименование печи	Расход дров		
		24 кг	16 кг	8 кг
1	Обыкновенная русская печь	0,36	0,33	0,29
2	Русская печь системы Подгородникова И. С.	0,47	0,43	0,43
3	Русская печь системы Волкова И. Ф.	0,39	0,42	0,38

Следует еще указать, что коэффициент m претерпевает некоторые изменения в следующих случаях.

а) Коэффициент m несколько уменьшается при установке печи у стены, для поверхностей нагрева, обращенных в закрытую отступку.

К сожалению, специальных исследований, насколько именно уменьшается коэффициент m в этих случаях, не производилось. По отношению к теплоотдаче всей печи влияние закрытой отступки не может особенно значительно изменить коэффициент m , и это уменьшение m будем относить для помещений I рода (см. ниже § 17) в «запас прочности» расчета.

Для помещений II рода лучше отступки оставлять открытыми. При ширине их от 12 см и выше теплоотдачу поверхностями, обращенными в отступки, можно принять нормальной (100%), и заметного уменьшения m ожидать нельзя.

б) Коэффициент m уменьшается также при переходе от быстрогорящих топлив — дров и торфа — к антрациту, который вместо 1—1,5 часа горит 3,0—4,0 часа.

На основании параллельных испытаний ряда печей при топке дровами и антрацитом выяснилось, что при топке антрацитом коэффициент m уменьшается в среднем примерно на 25%.

§ 9. Теплоотдача печи на единицу объема активной кладки

На рис. 8 изображены кривые

$$\frac{W_{cp}}{V} = \varphi(V) \quad \text{и} \quad \frac{W_{cp}^{II}}{V} = \varphi(V).$$

Эти кривые показывают, как изменяется теплоотдача печи, отнесенная к 1 м³ активной кладки с изменением размеров печи (объема активной кладки V м³).

Мы видим, что ниже всего проходят кривые для печей тонкостенных в железных футлярах прямоугольной формы. Особенно это резко сказывается для печей с большим объемом кладки.

Круглые тонкостенные печи имеют высокую эффективность теплоотдачи, что, по видимому, объясняется их выгодной формой и отсутствием холодных углов.

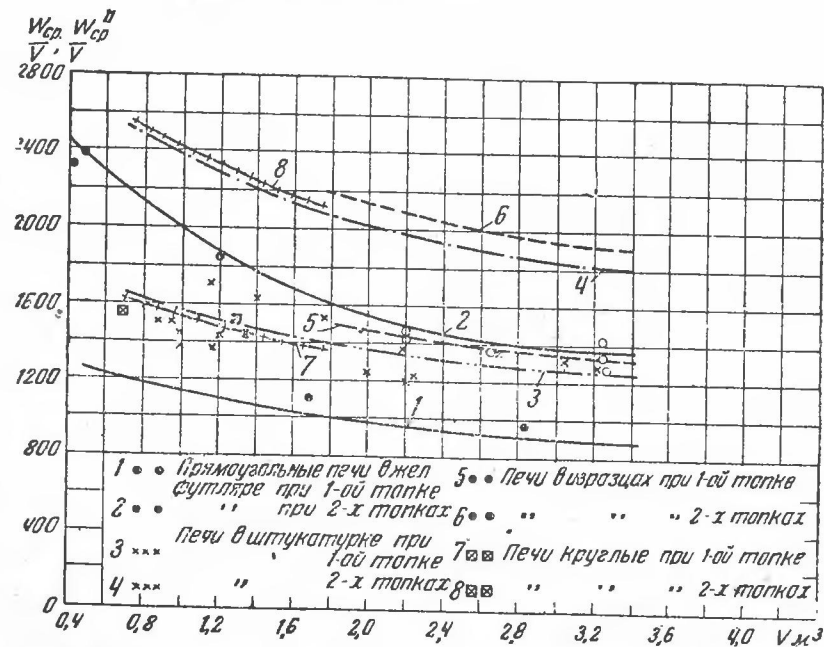


Рис. 8. Кривые зависимости теплоотдачи печи на единицу объема активной кладки ($\frac{W_{cp}}{V}$ и $\frac{W_{cp}^{II}}{V}$) от объема активной кладки

§ 10. Теплоотдача печи на единицу веса активной кладки

На рис. 9 приведены кривые теплоотдачи печи на один кирпич кладки активного объема. Для большей наглядности изображены ломаные линии, проведенные по опытным точкам. Можно заметить, что для всех печей с увеличением N , т. е. с увеличением массива активной кладки, величина $\frac{W_{cp}}{N}$ не имеет определенной тенденции к увеличению или к уменьшению.

Далее можно заметить, что у тонкостенных печей значение $\frac{W_{cp}}{N}$ в среднем несколько меньше, чем у толстостенных печей в штукатурке и печей в изразцах. Для печей тонкостенных $\frac{W_{cp}}{N} \approx 3,6$ ккал/час. Вес одного кирпича с раствором можно принять равным 4 кг.

Отсюда аккумуляция тепла на 1 кг активной кладки печи составит:

$$\frac{w}{g} = \frac{W_{cp}}{N} \cdot \frac{1}{4} \cdot n^{\circ} \text{ ккал,}$$

где n^0 — время от конца одной топки до начала следующей можно принять в 22,5 часа, тогда для печей тонкостенных имеем:

$$\frac{\omega}{g} = \frac{3,6}{4} \cdot 22,5 = 20,2 \text{ ккал/кг.}$$

При теплоемкости кирпичной кладки $c = 0,21$ разница между максимальной и минимальной температурой кладки составит:

$$\Delta t = \frac{\omega}{g} c = 20,2 : 0,21 = 96^\circ.$$

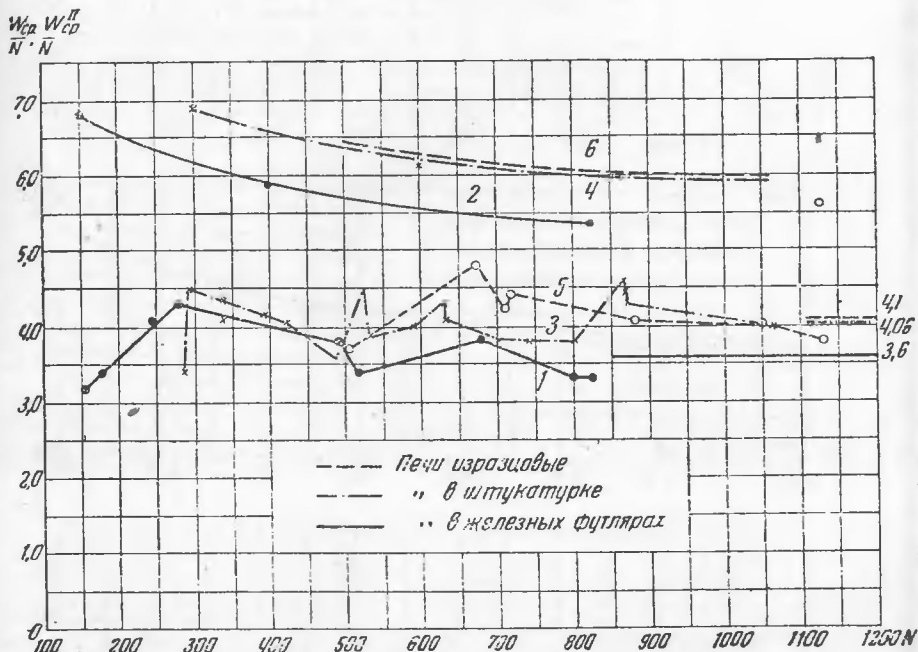


Рис. 9. Кривые зависимости теплоотдачи печи на единицу веса активной кладки (на один кирпич $\frac{W_{cp}^{\text{II}}}{N}$) от общего количества кирпичей N в активной кладке

Для печей в штукатурке имеем $\frac{W_{cp}^{\text{II}}}{N} = 4,06 \text{ ккал/час;}$

$$\frac{\omega}{g} = \frac{4,06}{4} \cdot 22,5 = 22,8 \text{ ккал/кг}$$

и

$$\Delta t = \frac{\omega}{g} : c = 22,8 : 0,21 = 108^\circ.$$

Для печей в изразцах $\frac{W_{cp}^{\text{II}}}{N} = 4,10.$

$$\frac{\omega}{g} = \frac{4,10}{4} \cdot 22,5 = 23,3 \text{ и } \Delta t = 110^\circ.$$

Между прочим, ОСТ 7805 дает для всех печей $\Delta t = 110^\circ$, что довольно близко к полученным нами величинам. Но ОСТ 7805 допускает принципиальную ошибку, давая для всех печей одну и ту же температуру в момент максимального разогрева ($t_{\text{нач}} = 150^\circ$) и после остывания к моменту следующей топки ($t_{\text{кон}} = 40^\circ$). Несомненно, что чем больше теплоемкость печи, тем выше будут значения $t_{\text{нач}}$ и $t_{\text{кон}}$ (хотя их разность и останется приблизительно постоянной). Этим и обуславливается более высокая средняя температура поверхности нагрева печи за тепловой цикл и более высокая теплоотдача печи большой теплоемкости с 1 м^3 поверхности нагрева.

При двух топках в сутки картина, повидимому, должна получиться несколько иная. При меньшем массиве кладки теплоотдача в этом случае увеличивается сильнее, чем при большом массиве, и использование кирпича в малых печах получается несколько более эффективное, чем в больших печах.

Это видно из того же рис. 9, где построены кривые

$$\frac{W_{cp}^{\text{II}}}{N} = \varphi(N).$$

Эти кривые построены, исходя из средних значений $\frac{W_{cp}^{\text{II}}}{N}$ и пользуясь кривой для $y = \varphi(N)$, где $y = W_{cp}^{\text{II}} : W_{cp}$ (см. ниже § 11).

Произведем еще следующий расчет.

Вес 1 м^3 кладки можно принять $\gamma = 1650 \text{ кг}$, тогда аккумуляция тепла на 1 м^3 сплошной кладки печи будет:

а) для печей тонкостенных

$$\frac{\omega}{V} = 20,2 \cdot 1650 = 33400 \text{ ккал/м}^3,$$

б) для печей в штукатурке

$$\frac{\omega}{V} = 22,8 \cdot 1650 = 37500 \text{ ккал/м}^3,$$

в) для печей в изразцах

$$\frac{\omega}{V} = 23,3 \cdot 1650 = 38500 \text{ ккал/м}^3.$$

ОСТ 7805 для всех печей дает одинаковую величину, равную 37000 ккал .

В приведенных расчетах для изразцовых печей в изразцах «рустик» формата $130 \times 205 \text{ мм}$ изразцы переведены на кирпичи. Один стеновой изразец принят за 0,7 кирпича, а один угловой изразец за 1 кирпич.

§ 11. Определение коэффициента $y = W_{cp}^{\text{II}} : W_{cp}$

На рис. 10 даны кривые зависимости коэффициента увеличения теплоотдачи y в функции от количества кирпичей активной кладки (N), от объема активной кладки (V) и срока остывания или теплоемкости печи (n).

Для $y = \varphi(N)$ и $y = \varphi(n)$ для всех типов печей получаются очень близкие значения, и можно построить одну кривую.

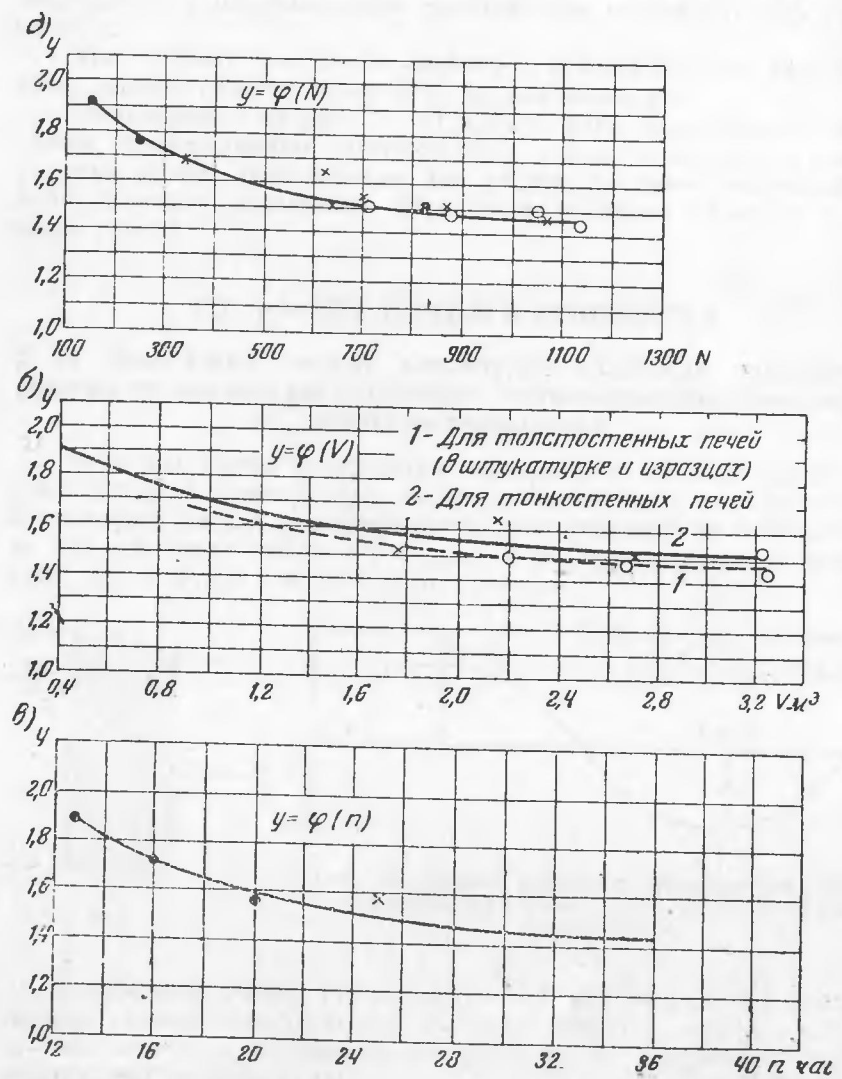


Рис. 10. Кривые зависимости y —коэффициента увеличения теплоотдачи при двух топках в сутки: а) от количества кирпичей N , б) от объема активной кладки V и в) срока остывания печи n

В функции от (V) значения y для тонкостенных печей получаются значительно выше, чем у толкостенных, и поэтому даются две кривые.

§ 12. Зависимость теплоотдачи печи $\frac{W_{cp}}{f}$ от коэффициента неравномерности m

Кривая $\frac{W_{cp}}{f} = \varphi(m)$ изображена на рис. 11.

При уменьшении m средняя теплоотдача печи будет приближаться к максимальной.

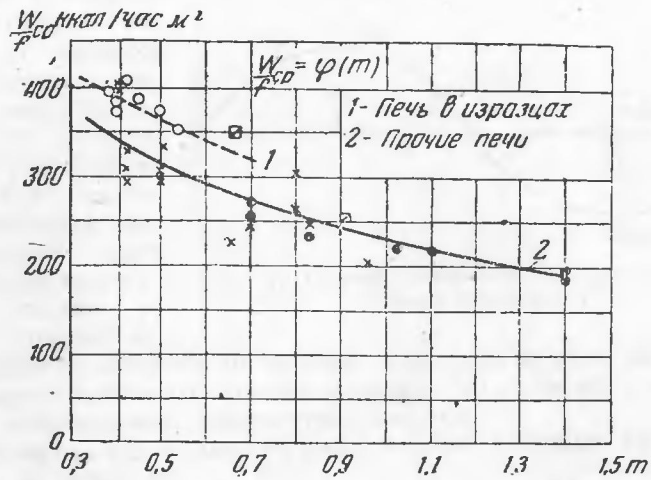


Рис. 11. Зависимость теплоотдачи печи $\frac{W_{cp}}{f}$ от коэффициента неравномерности m

Если бы $m=0$, что возможно осуществить, например, при непрерывной топке печи, то величина $\frac{W_{cp}}{f}$ достигла бы своего максимума, т. е. $W_{cp} = W_{max} = W_{min}$. Это следует непосредственно из уравнения (3), если принять $m=0$.

§ 13. Выводы

На основании рассмотренных нами тепловых характеристик можно сделать ряд важных выводов.

1. При заданных габаритах печи, с целью получения максимальной теплоотдачи печи W_{cp} и W_{cp}^{II} , значительно выгоднее устанавливать толкостенную печь по сравнению с тонкостенной.
2. Для получения лучших условий в помещении (например, в жилых комнатах), в отношении постоянства температур по часам суток предпочтительнее устанавливать толкостенные печи.
3. С точки зрения эффективного использования материала (кирпича) большой разницы между печами большими и малыми нет. В этом отношении также мало отличаются и печи толкостенные от тонкостенных.

4. Для получения более комфортных условий желательно две малые печи заменить одной большой, так как при этом коэффициент неравномерности теплоотдачи m значительно уменьшается.

Так, вместо того чтобы ставить в каждой комнате отдельную печь, можно ставить одну печь на две комнаты.

Приведенные на рис. 7—11 кривые дают возможность с некоторым приближением получить все теплотехнические характеристики печей, необходимые для расчета печного отопления без лабораторного испытания печи, если известны объем ее и толщина стенок.

III. РАСЧЕТ ПЕЧНОГО ОТОПЛЕНИЯ

§ 14. Зависимость между амплитудой колебаний температуры воздуха и амплитудой колебаний теплопоглощения омываемой воздухом поверхности

Если мы имеем однородную стенку (рис. 12), по одну сторону которой температура воздуха будет t_a , а по другую — t_n и температуры эти поддерживаются постоянными, то температуры на поверхностях стены и в толще ее распределяются по кривой (рис. 12) и будут постоянны по времени.

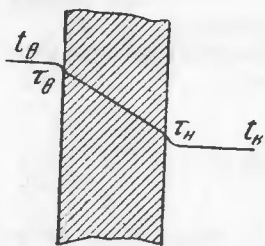


Рис. 12.

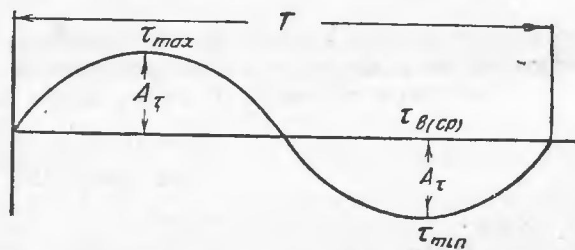


Рис. 13. Кривая колебания температуры воздуха в помещении при равномерной топке через равные промежутки

Количество тепла, поглощаемое в 1 час внутренней поверхностью стенки площадью в 1 м^2 , будет равно $q_{cp} = \alpha (t_a - \tau_a)$, где τ_a — температура внутренней поверхности, α — коэффициент теплопроводности поверхности.

Если же температура воздуха в помещении будет изменяться по времени от величины $t_{max} = t_a + A_t$ до $t_{min} = t_a - A_t$, то и температура внутренней поверхности будет также меняться от $\tau_{max} = \tau_a + A_\tau$ до $\tau_{min} = \tau_a - A_\tau$.

В случае отопления помещения печами периодического действия как раз имеет место периодическое колебание температуры воздуха помещения.

Если топить печи через равные промежутки T времени, например через 24 часа, и одинаковыми порциями топлива, то

колебания температуры воздуха будут иметь закономерный характер по некоторой кривой, близкой к синусоиде (рис. 13).

Величина T выражается в часах и равна промежутку времени от начала одной топки до начала следующей.

Колебание температуры на внутренней поверхности ограждения будет происходить по такому же закону (рис. 14).

Колебания температуры поверхности несколько отстают по времени от колебания температуры воздуха, но для наших дальнейших рассуждений это значения не имеет.

Количество тепла, которое будет поглощаться поверхностью стенки от воздуха помещения, также будет колебаться по кривой (рис. 15), причем максимумы и минимумы теплового потока совпадут по времени с максимумами и минимумами температуры воздуха.

Максимальный и минимальный тепловые потоки будут определяться из формул:

$$q_{max} = q_{cp} + A_q,$$

$$q_{min} = q_{cp} - A_q.$$

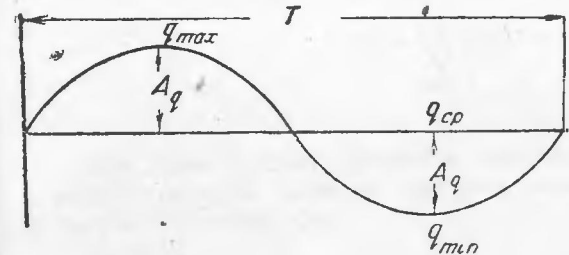


Рис. 15. Кривая колебания количества тепла, поглощаемого поверхностью стены

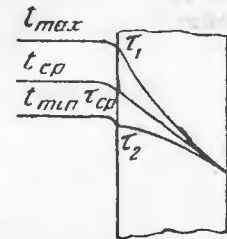


Рис. 16. t_{cp} , t_{max} , t_{min} — средняя, наивысшая и наименьшая температура воздуха; τ — средняя температура поверхности; τ_1 , τ_2 — температуры поверхности, соответствующие t_{max} и t_{min} воздуха

Нашей задачей является в первую очередь определение величины A_q .

Можно составить следующие уравнения (рис. 16):

$$q_{max} = (t_{max} - \tau_1) \alpha, \quad (9)$$

$$q_{cp} = (t_{cp} - \tau_{cp}) \alpha, \quad (10)$$

$$A_q = q_{max} - q_{cp}. \quad (11)$$

Зная конструкцию ограждения и температуры наружного и внутреннего воздуха, мы легко можем определить q_{cp} и τ_{cp} . Коэффициент α нам также известен, и, следовательно, в уравнениях (9), (10) и (11) получаются только 4 неизвестных, а именно: q_{max} , t_{max} , τ_1 и A_q .

Причем эти неизвестные входят только в два уравнения (9) и (11). Чтобы выразить зависимость A_q только от одной из этих величин, необходимо иметь еще одно уравнение.

Искомое уравнение можно составить, пользуясь выведенным проф. О. Е. Власовым коэффициентом теплоусвоения поверхности S_e ккал/м² час. Известно, что

$$S_e = \frac{A_q}{A_z} \quad (12)$$

Применительно к нашему случаю можем написать:

$$A_q = (\tau_1 - \tau_{cp}) S_e \quad (13)$$

Решая совместно уравнения (9), (11), (12), (13), можем получить:

$$A_q = \frac{t_{max} - t_{cp}}{\frac{1}{\alpha} + \frac{1}{S_e}} \quad (14)$$

Рассмотрим теперь случай внутреннего ограждения, например внутреннюю стену или междуэтажное перекрытие, и определим A_q .

По обе стороны внутреннего ограждения температуру можно принять одинаковой, вследствие чего потеря тепла из помещения через это ограждение будет равна 0, и можно принять

$$q_{cp} = 0.$$

Тогда из уравнения (10) получаем:

$$\tau_{cp} = t_{cp},$$

а из уравнения (11):

$$A_q = q_{max}.$$

Из уравнения (13):

$$A_q = (\tau_1 - \tau_{cp}) S_e \quad (15)$$

Из уравнения (9):

$$A_q = (t_{max} - \tau_1) \alpha \quad (16)$$

Пользуясь уравнениями (15) и (16), определяем:

$$\frac{A_q}{S_e} = \tau_1 - t_{cp} \quad \text{и} \quad \frac{A_q}{\alpha} = t_{max} - \tau_1.$$

Складывая, получаем:

$$A_q \left(\frac{1}{\alpha} + \frac{1}{S_e} \right) = t_{max} - t_{cp}$$

и, наконец, приходим к тому же уравнению (14):

$$A_q = \frac{t_{max} - t_{cp}}{\frac{1}{\alpha} + \frac{1}{S_e}}.$$

Формула (14) дает нужную нам зависимость между амплитудой колебания теплового потока (A_q) и амплитудой колебания температуры воздуха помещения ($A_t = t_{max} - t_{cp}$). Она имеет одинаковый вид как для наружных, так и для внутренних поверхностей, что весьма удобно для практических расчетов.

Величина A_q выражается в калориях на 1 м²/час.

Если мы имеем дело с поверхностью площадью F^0 м², то колебание теплового потока по отношению ко всей этой поверхности будет $A_q F^0$.

Отсюда легко перейти к амплитуде колебания теплового потока по отношению ко всему помещению (A_Q). Для этого нужно определить величину $A_q F^0$ для каждого ограждения: окон, внутренних и наружных стен, дверей, пола, потолка. Суммируя величины $A_q F^0$ для всех поверхностей, получаем:

$$A_Q = A_{q1} F_1^0 + A_{q2} F_2^0 + \dots + A_{qn} F_n^0 = \sum A_q F^0,$$

или

$$A_Q = \sum \frac{t_{max} - t_{cp}}{\frac{1}{\alpha} + \frac{1}{S_e}} F^0 \quad (17)$$

Величину $t_{max} - t_{cp} = A_t$ как постоянную для всех ограждений можно вынести за знак суммы и уравнение (17) можем переписать в следующем виде:

$$A_Q = A_t \sum \frac{F^0}{\frac{1}{\alpha} + \frac{1}{S_e}} \text{ ккал/час.} \quad (18)$$

Если известно A_Q , то можно определить A_t из уравнения:

$$A_t = \frac{A_Q}{\sum \frac{F^0}{\frac{1}{\alpha} + \frac{1}{S_e}}} \quad (19)$$

Для практических расчетов величину A_Q удобнее выражать в виде некоторой доли от средней величины теплового потока, которую обозначим Q_{cp} .

Пусть

$$\frac{A_Q}{Q_{cp}} = m_0.$$

Тогда

$$A_Q = m_0 Q_{cp}.$$

Величина m_0 есть коэффициент неравномерности теплового потока или неравномерности теплопоглощения внутренних поверхностей помещения (см. ниже § 16).

Пользуясь уравнением (18), можно написать:

$$m_0 = \frac{A_t}{Q_{cp}} \sum \frac{F^0}{\frac{1}{a} + \frac{1}{S_e}} \quad \text{и} \quad A_t = \frac{m_0 Q_{cp}}{\sum \frac{1}{\frac{1}{a} + \frac{1}{S_e}}} \quad (20)$$

Q_{cp} есть теплопотеря помещения в условиях установившегося теплового потока и вычисляется по обычным правилам, применяющимся при проектировании отопления.

Как известно:

$$Q_{cp} = \sum KF(t_s - t_n) = (t_s - t_n) \sum KF,$$

где K — коэффициент всеобщей теплоотдачи конструкции;
 F — площадь наружного ограждения;

t_s и t_n — внутренняя и наружная температуры.

Частное значение A_q из уравнения (14), когда $t_{max} - t_{cp} = 1$, обозначим через A'_q , т. е.

$$A'_q = \frac{1}{\frac{1}{a} + \frac{1}{S_e}}, \quad (21)$$

тогда уравнение (20) переписывается в следующем виде:

$$A_t = \frac{m_0(t_s - t_n) \sum KF}{\sum A'_q F^0}. \quad (22)$$

В таком виде выражение для A_t наиболее удобно для решения практических задач, и его мы используем в главе V для решения ряда примеров.

§ 15. Коэффициент тепловой инерции помещения

Чтобы яснее представить себе зависимость A_t от планировки помещения и конструктивных особенностей его внутренних и наружных ограждений, произведем дальнейшее преобразование уравнения (22).

Отношение $\frac{\sum A'_q F^0}{\sum KF}$ обозначим через ψ , тогда:

$$A_t = \frac{m_0(t_s - t_n)}{\psi}; \quad (23)$$

величина

$$\psi = \frac{\sum A'_q F^0}{\sum KF} \quad (24)$$

зависит только от теплотехнических свойств помещения, и мы назовем ее коэффициентом тепловой инерции помещения.

Чем больше ψ , тем меньше будет, при всех прочих равных условиях, амплитуда колебания температуры помещения A_t .

Величина F^0 (в числителе) определяется по внутренним размерам помещения, т. е. без учета толщины стены и перекрытий.

При вычислении величины F (в знаменателе) обмеры поверхностей производятся по правилам, изложенным в ОСТ 90008-39.

Как потом видно будет из дальнейшего, величина ψ для отдельных помещений колеблется в очень широких пределах.

Так, помещение в задаче № 1 имеет $\psi = 15,5$, а в задаче № 2 — $\psi = 3,59$ (см. главу V). Отношение $15,5 : 3,59 = 4,33$.

В зависимости от этажности здания, его конструкции и размеров помещения величина ψ изменяется следующим образом:

а) Помещения в одноэтажных домах имеют меньший коэффициент ψ по сравнению с такими же помещениями в двух- и многоэтажных домах.

Меньший коэффициент ψ имеют также угловые помещения по сравнению с такими же, но неугловыми помещениями. Происходит это за счет увеличения знаменателя в уравнении (24).

б) Коэффициент ψ возрастает при переходе от легких каркасных ограждений к более массивным деревянным рубленым и в особенности каменным стенам. Происходит это за счет увеличения величины A'_q в числителе.

в) Коэффициент ψ возрастает при переходе от больших помещений к малым, при прочих равных условиях. Происходит это за счет относительного увеличения $\sum A'_q F^0$ (см. задачи № 5 и 6, глава V).

Между прочим, на тепловую инерцию помещения оказывают влияние не только ограждения, но также и мебель, находящаяся в этом помещении, и в особенности различные крупные массивные предметы (тяжелая мебель, мраморные статуи и пр.). Влияние этих предметов может быть учтено таким же образом, как и поверхности ограждения.

Если «условная толщина» предмета менее 2^1 , то следует рассчитывать на полную прогреваемость этих предметов. Обычная меблировка жилых помещений такова, что учет ее прогрева мало влияет на величину тепловой инерции, и можно относить ее в запас прочности расчета.

§ 16. Зависимость между коэффициентом неравномерности теплоотдачи нагревательного прибора m и коэффициентом неравномерности теплопоглощения внутренних поверхностей помещения m_0

При устройстве центрального водяного или парового отопления и надлежащей его эксплуатации можно получить:

$$m_0 = 0$$

по уравнению (20) $A_t = 0$, т. е. температура помещения будет постоянна круглые сутки.

Установочная мощность, например, водяного отопления при-

¹ См. К. Ф. Фокин, Строительная теплотехника, 1937.

нимается такой, чтобы как раз компенсировать тепловые потери помещения, т. е.

$$W = Q_{cp}.$$

Таким образом следует поступать и при проектировании печного отопления, но, учитывая неравномерность теплоотдачи печи, приходится принимать $W_{cp} = Q_{cp}$, где W_{cp} есть среднечасовая величина теплоотдачи печи при одной топке в сутки.

Амплитуду колебания теплоотдачи печи обозначим через A_w , тогда:

$$A_w = mW_{cp},$$

где m — знакомый нам коэффициент неравномерности теплоотдачи печи.

Рассмотрим теперь зависимость между m и m_0 .

Перенос теплоты с поверхности печи на внутренние поверхности ограждения комнаты происходит двумя путями.

Во-первых, лучеиспусканием. Так как воздух является средой лучепрозрачной, то передача лучистого тепла происходит непосредственно. Вследствие этого в каждый момент количество лучистого тепла, полученное внутренними поверхностями помещения, в точности равно количеству лучистого тепла, выделенного печью.

Второй путь передачи тепла от печи — конвекция. Здесь мы имеем дело с посредником, которым является движущийся воздух. Печь отдает тепло сперва воздуху, который омывает поверхность печи и уже потом, при своем дальнейшем движении, отдает тепло потолку, стенам и полу помещения. При этом воздух может отдать не все полученное им тепло, а часть его удержать в себе.

Таким образом здесь полного равенства между отдачей тепла печью и получением тепла внутренними поверхностями ограждения нет. Но легко показать, что разница в этих величинах очень невелика и по отношению к общему тепловому потоку не имеет практического значения.

Пусть печи топятся два раза в сутки и, следовательно, период нагрева помещения каждый раз длится 6 час., и пусть при этом $A_t = 3^\circ$.

Следовательно, каждый час воздух в помещении нагревается на

$$\Delta t = \frac{2A_t}{6} = 1^\circ.$$

При этом он аккумулирует тепла

$$\Delta W = \Delta t \cdot 0,306 = 0,306 \text{ ккал/час м}^3.$$

Между тем средняя отдача тепла печью для компенсации теплопотерь помещения обычно должна быть не менее $10-15 \text{ ккал/час м}^3$ а для небольших одноэтажных зданий и больше. Следовательно, ΔW составит всего не более 2—3% от W_{cp} , и этим можно, безусловно, пренебречь.

Точно так же можно пренебречь и отставанием по времени между тепловыделением печи и поглощением этого тепла внутренними поверхностями ограждений.

На основании изложенных соображений можем считать, что не только $W_{cp} = Q_{cp}$, но также и $m = m_0$, а отсюда:

$$\begin{aligned} A_w &= A_Q, \\ W_{\max} &= Q_{\max}, \\ W_{\min} &= Q_{\min}. \end{aligned}$$

§ 17. Температурный режим помещений

По мнению гигиенистов, в помещениях с постоянным пребыванием людей температура по часам суток должна меняться только в пределах до 6° , т. е. $A_t \leq 3^\circ$. Эти помещения назовем помещениями I рода.

Для других помещений, как, например, различные служебные помещения, в которых люди находятся менее 24 час., определенных норм не дается. Назовем эти помещения помещениями II рода. Будем считать, что вышеприведенное гигиеническое требование может быть распространено только на те часы, когда помещение занято людьми. Остальное время, когда в помещении никого нет, температура может выходить за пределы $t_{cp} \pm 3^\circ$.

С другой стороны, чрезмерное понижение температуры в ночные часы может повести к появлению сырости и промерзанию некоторых частей конструкций.

Разберем сравнительно частые случаи, когда помещение II рода занято людьми 12 час. в сутки. При этом расчетная внутренняя температура $t_s = 18^\circ$.

Пусть топка печи производится 1 раз в сутки, тогда температура t_s будет изменяться в течение 24 час. по кривой, изображенной на рис. 17.

Как мы указывали ранее, эта кривая близка к синусоиде. Уравнение синусоиды

$$y = \sin x.$$

Средняя ордината синусоиды равна:

$$y_m = \frac{1}{\pi} \int_0^\pi \sin x dx = \frac{1}{\pi} \left| -\cos x \right|_0^\pi = \frac{2}{\pi} \approx 0,64. \quad (25)$$

Примем $A_t = \pm 3^\circ$, тогда средняя ордината будет:

$$A_t^* = A_t \cdot 0,64 = 1,92^\circ.$$

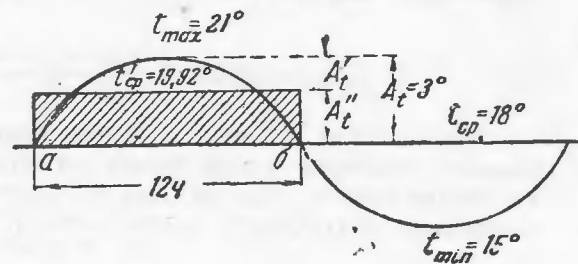


Рис. 17.

Пусть начало занятий в помещении совпадает с точкой *a*, тогда конец занятий совпадет с точкой *b*, и средняя температура в помещении за период пребывания людей получится равной:

$$t'_{cp} = t_{cp} + 0,64 A_t = 18 + 1,92 = 19,92^\circ,$$

что выше требуемой. Кроме того, колебание температуры за это время происходит в пределах только 3° .

На рис. 18 изображен один из таких возможных температурных режимов помещения.

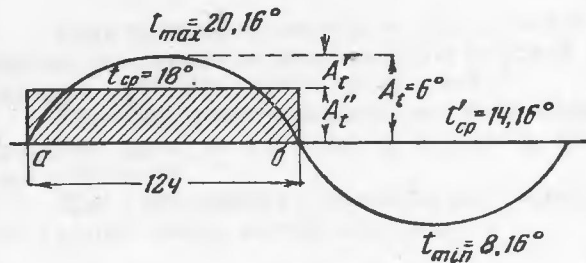


Рис. 18.

Здесь выполнено требование, чтобы период колебания температуры не выходил за пределы 6° , но, как мы видим, амплитуда колебания A_t' вышла за пределы 3° , и, следовательно, против такого температурного режима могут быть возражения, так как условие, чтобы температура помещения находилась в пределах $t_e \pm 3^\circ = 18^\circ \pm 3^\circ$, не выполнено. Чтобы удержать амплитуду колебания в пределах 3° , возьмем температурный режим по рис. 19. Здесь за время пребывания людей температура в помещении колеблется от 15° до 21° , т. е. в пределах $t_e \pm 3^\circ = 18 \pm 3^\circ$, что и требуется по условию, хотя средняя температура за период пребывания людей здесь будет равна:

$$t_{cp} = 15^\circ + 0,64 \cdot 6^\circ = 15 + 3,84 = 18,84^\circ;$$

т. е. несколько выше расчетной величины.

Сравним теперь теплотери помещения при различных режимах.

При режиме по рис. 17 среднесуточная температура помещения $t_{cp} = 18^\circ$, и потери тепла за сутки будут:

$$\sum Q = 24 \sum K (t_{cp} - t_n) F,$$

а среднечасовые за сутки

$$Q_{cp} = \sum K (t_{cp} - t_n) F = \sum K (18 - t_n) F.$$

Величина в скобках является постоянной, и ее можно вынести за знак суммы, тогда

$$Q_{cp} = (18 - t_n) \sum KF.$$

При режиме по рис. 19

$$Q_{cp} = (15 - t_n) \sum KF.$$

Во втором случае получается экономия, которая может быть выражена в %

$$\frac{Q_{cp} - Q'_{cp}}{Q_{cp}} \cdot 100\% = \frac{18 - t_n - 15 + t_n}{18 - t_n} \cdot 100\% = \frac{300}{18 - t_n} \%$$

Если перейдем от одной топке в сутки к двум топкам, то 12-часовой период пребывания людей будет включать полный цикл колебаний температуры от t_{max} до t_{min} , и независимо от амплитуды колебания A_t среднесуточная температура помещения должна быть равна расчетной, т. е.

$$t_{cp} = 18^\circ.$$

Из всего изложенного можно сделать следующие выводы.

1. Для отопления помещений I рода должны устанавливаться печи возможно более массивные, с меньшим коэффициентом неравномерности теплоотдачи m , чтобы уменьшить амплитуду колебания температуры помещения A_t до возможного минимума.

2. Для помещений II рода в целях снижения суточной теплотери помещения и экономии топлива желательно устанавливать печи с таким коэффициентом m , чтобы при одной топке в сутки получить $A_t \approx \pm 6^\circ$.

§ 18. Величина возможной экономии топлива при отоплении помещений II рода

Предельную наружную температуру, при которой отопление будет еще обеспечено только при одной топке в сутки, обозначим через t_n ; среднюю температуру за часть отопительного периода, исключая дни с температурами ниже t_n (т. е. когда уже одной топке в сутки недостаточно), обозначим через t_{ncp} , и число дней той части отопительного периода через N .

Отсюда найдем нормальный расход топлива за эту часть отопительного периода:

$$B = \frac{(t_e - t_{ncp}) 24N \sum KF}{Q_n \eta} \quad (27)$$

Вернемся теперь к уравнению (20):

$$A_t = \frac{m Q_{cp}}{\sum \frac{1}{\frac{1}{a} + \frac{1}{S_e}}}$$

В этом уравнении величина Q_{cp} соответствует теплопотере:

$$Q_{cp} = \sum K (t_e - t_n) F = (t_e - t_n) \sum KF.$$

Величина коэффициента m определяется при испытании печи, когда печь топится максимальной порцией топлива и дает максимальную среднечасовую теплоотдачу.

Выше мы уже указывали, что если печь топится уменьшенной порцией дров, то коэффициент m хотя и изменяется, но в небольших пределах.

Для упрощения дальнейших выводов примем величину $m = \text{const}$, тогда можем написать:

$$\frac{m}{\sum \frac{1}{\frac{1}{a} + \frac{1}{S_e}}} = \text{const} = B$$

и уравнение (20) переписывается в таком виде:

$$A_t = B Q_{cp}.$$

Теперь обратимся к температурному режиму помещения, изображенному на рис. 18.

Для помещений II рода среднесуточная температура помещения вместо t_e принимается t'_{cp} , и теплопотери обозначаются через Q'_{cp} , причем

$$Q'_{cp} = \sum K (t'_{cp} - t_n) F = \sum K \left(t_e - \frac{A_t}{2} - t_n \right) F \quad \text{и} \quad A_t = B Q'_{cp}. \quad (28)$$

Так как $t_e - \frac{A_t}{2} - t_n = \text{const}$, то выносим это выражение за знак суммы

$$Q'_{cp} = \left(t_e - \frac{A_t}{2} - t_n \right) \sum KF$$

или

$$Q'_{cp} = \left(t_e - \frac{B Q'_{cp}}{2} - t_n \right) \sum KF.$$

Отсюда

$$Q'_{cp} = \frac{(t_e - t_n) \sum KF}{2 + B \sum KF}.$$

Для помещения I рода

$$Q_{cp} = (t_e - t_n) \sum KF.$$

Найдем отношение

$$p = \frac{Q'_{cp}}{Q_{cp}} = \frac{(t_e - t_n) \sum KF}{2 + B \sum KF} \cdot \frac{1}{(t_e - t_n) \sum KF} = \frac{1}{2 + B \sum KF} = \text{const}.$$

Расход топлива за часть отопительного периода для помещения II рода составит $B' = pB$, следовательно, экономия топлива равна:

$$\Delta B = B(1 - p) = B \left(1 - \frac{1}{2 + B \sum KF} \right) = B \frac{B \sum KF}{2 + B \sum KF}.$$

Величина B может быть определена из пограничных условий, а именно при $t_n = t'_n$ можно принять $A_t = 6^\circ$, и из уравнения (28)

$$B = \frac{A_t}{Q'_{cp}} = \frac{6}{(t'_{cp} - t'_n) \sum KF}. \quad (29)$$

Подставляем это значение в предыдущее уравнение:

$$\Delta B = B \frac{6}{(t'_{cp} - t'_n) \sum KF} \cdot \frac{\sum KF}{2 + \frac{6 \sum KF}{(t'_{cp} - t'_n) \sum KF}} = B \frac{3}{t_e - t'_n}.$$

Наконец, заменяем величину B ее значением из уравнения (27) и получаем:

$$\Delta B = \frac{(t_e - t'_{n, cp}) 24N \sum KF}{Q_n^2 \eta} \cdot \frac{3}{t_e - t'_n}$$

или, выделяя постоянные величины:

$$\Delta B = C \frac{t_e - t'_{n, cp}}{t_e - t'_n} N. \quad (30)$$

Максимальная экономия в топливе ΔB_{max} будет соответствовать такой наружной температуре t'_n , при которой выражение

$$\frac{t_e - t'_{n, cp}}{t_e - t'_n} N = \frac{\Delta B}{C} = \text{max}. \quad (31)$$

Определим величину t'_n для условий г. Москвы. На основании метеорологических данных нами построены три кривые. На рис. 20 изображена кривая количества дней N в отопительном периоде с наружной температурой, равной t_n и выше, а на рис. 21—кривая количества дней в году с температурой t_n и ниже.

На рис. 22 изображена кривая средней температуры $t_{n, cp}$ только за те дни отопительного периода, в которые температура наружная была равна t_n и выше. Эти кривые позволяют очень легко найти величину t'_n , при которой ΔB достигает максимума. Для этого зададимся рядом значений t_n и будем определять величину одночлена из уравнения (31), приняв $t'_n = t_n$.

По найденным величинам построена кривая на рис. 23.

Из этой кривой можно заключить, что максимальная экономия в топливе будет в том случае, когда наружная температура для расчета печного отопления будет взята в пределах от -13° до -20° .

За пределами этих температур кривая быстро падает.

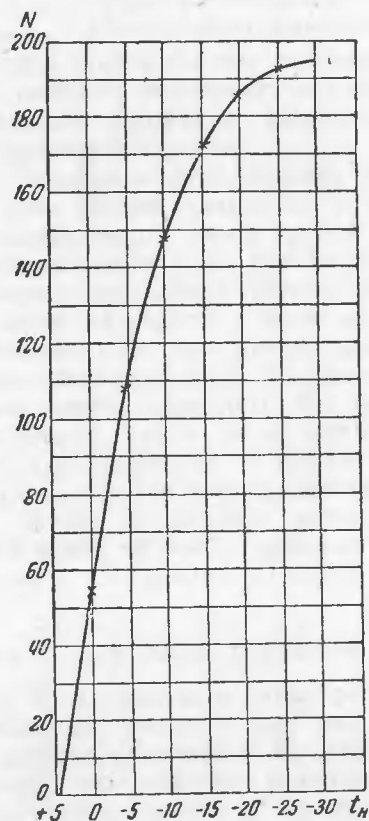


Рис. 20. Кривая количества дней N (в отопительном периоде) с наружной температурой t_n и выше (в районе Москвы)

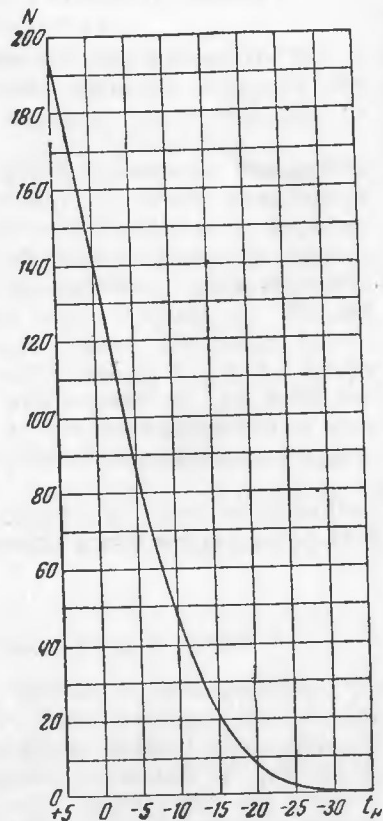


Рис. 21. Кривые количества дней N (в отопительном периоде) с наружной температурой t_n и ниже (в районе Москвы)

Определим теперь для условий г. Москвы максимально возможный процент экономии топлива (при $t'_n = -15^\circ$) по отношению ко всему отопительному периоду.

Применив уравнение (27) ко всему отопительному периоду, для чего вместо N возьмем $N_{o.n}$ и вместо $t_{n.c.p.} - t_{c.p.o.n.}$, получив значение расхода топлива B_0 — за весь отопительный период

и на основании уравнения (30) находим:

$$\frac{\Delta B}{B_0} \cdot 100\% = \frac{72 \Sigma KF (t_e - t_{n.c.p.}) N}{Q_n^p \eta (t_e - t'_n)} \cdot \frac{Q_n^p \eta \cdot 100}{24 (t_e - t_{c.p.o.n.}) N_{o.n} \Sigma KF} =$$

$$= \frac{3 (t_e - t'_{n.c.p.}) N}{t_e - t'_n} \cdot \frac{100}{(t_e - t_{c.p.o.n.}) N_{o.n}} = \frac{300 \cdot 111}{(18 + 5,3) 194} = 7,4\%$$

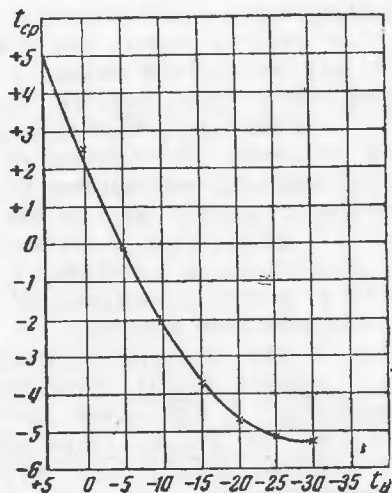


Рис. 22. Кривая средней температуры $t_{n.c.p.}$ за те дни отопительного периода, в которых наружная температура t_n и выше

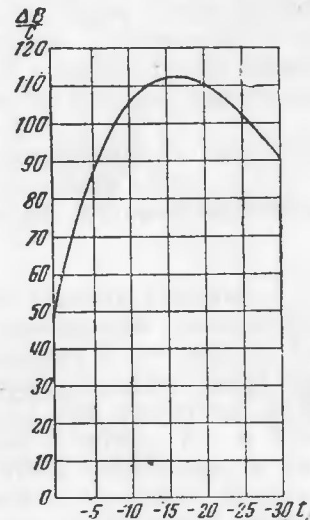


Рис. 23. Кривая значений $\frac{\Delta B}{C}$ в зависимости от t_n

Здесь $t_{c.p.o.n.}$ — средняя температура отопительного периода;
 $N_{o.n}$ — полное количество дней отопительного периода;
 B_0 — расход топлива за весь отопительный период.

IV. ПРЕДПОСЫЛКИ ДЛЯ РАСЧЕТА ПЕЧНОГО ОТОПЛЕНИЯ

§ 19. Выбор расчетной температуры

Известно, что для расчета системы отопления при определении теплопотерь помещения принимается в расчет не наименьшая температура наружного воздуха, или так называемый абсолютный минимум ($t_{абс.м}$), а некоторая более высокая температура. Это делается из тех соображений, что температуры, близкие к абсолютному минимуму, бывают весьма редко и длятся очень короткое время, не более 1—2 дней подряд.

Обычные кирпичные или деревянные рубленые здания, обладающие большой тепловой инерцией, не успевают прийти в стационарное тепловое состояние, соответствующее этим кратковременным наружным температурам, и поэтому последние не оказывают полного влияния на температурный режим помещения.

При выборе расчетной температуры t_n всегда существовала известная условность, не обоснованная точными техническими соображениями и расчетами. Официальные нормы (ОСТ 90008-39) дают для вычисления t_n формулу:

$$t_n = 0,4 t_{c. x} + 0,6 t_{абс. м},$$

где $t_{c. x}$ — средняя температура — самого холодного месяца;
 $t_{абс. м}$ — абсолютно-минимальная температура.

Эта норма должна применяться как для центрального, так и для печного отопления, так как по самой сущности вопроса нет никакого основания менять t_n при переходе от центрального отопления к печному.

Отдельные специалисты, занимающиеся изучением теплового режима зданий, стараются уточнить выбор t_n , чтобы отказаться от приведенной выше грубой эмпирической формулы и перейти к определению t_n на основании более или менее точных расчетов, которые позволяет делать сейчас строительная теплотехника. Укажем на работы в этом направлении инж. Муромова. Вполне возможно, что при новом издании норм старая традиция (установленная еще проф. Чаплиным) будет отменена и для t_n будут даны другие величины. Но опять же эти величины, по всей вероятности, будут даны одинаковые и для центрального и для печного отопления, и все наши последующие рассуждения в принципе останутся справедливыми.

Итак, для расчета печного отопления мы считаем правильным взять ту же t_n , которая принимается для центрального отопления. Обозначим ее через $t_{ц. о}$.

§ 20. Оптимальное число топков печи в сутки

В предыдущем параграфе мы пришли к заключению, что мощность печного отопления должна быть такова, чтобы при $t_{ц. о}$ было обеспечено нормальное отопление здания. Эту предпосылку мы считаем совершенно точной, главной и основной. Углубляясь далее в специфику печного отопления, мы сталкиваемся с такими особенностями печного отопления, которые не позволяют иметь объективно точных предпосылок и допускают различные толкования. Дело в том, что центральное отопление (водяное или паровое — все равно) при $t_{ц. о}$ работает на предельной мощности и не допускает уже никаких форсировок. Напротив, при печном отоплении печь периодического действия на предельную мощность никогда не рассчитывается по той причине, что эксплуатация печи при этих условиях была бы очень хлопотливой и неудобной.

Дадим пояснение.

Если печь топить один раз в сутки, то она даст какую-то среднечасовую теплоотдачу W_{cp} , которую будем считать за 100%. Если вместо одного топить два раза, то та же печь может дать тепла уже больше, например 150%; при трех топках в сутки

теплоотдача уже увеличится и достигнет, скажем, 180%; при четырех топках 200% и т. д. Иначе говоря, при увеличении числа топков в сутки, теплоотдача печи все время увеличивается, но по затухающей кривой. При бесконечно большом количестве топков (непрерывная топка) W_{cp} достигнет своего возможного максимума.

Таким образом для одной и той же печи мы имеем различную величину W_{cp} , в зависимости от того, какое будет принято количество топков в сутки — z . Все факторы, влияющие на выбор z , можно разбить на две группы. К первой группе отнесем такие, которые побуждают увеличивать z с целью увеличения теплоотдачи W_{cp} , а именно:

- 1) уменьшение размеров печи и уменьшение ее стоимости;
- 2) уменьшение площади пола, занятого под печь.

Ко второй группе относятся факторы, которые заставляют стремиться к понижению z , а именно:

- 1) удобства эксплуатации;
- 2) повышение к. п. д. и уменьшение расхода топлива.

По условиям эксплуатации среди большинства специалистов существует мнение, что в любых условиях z не должно быть более двух. Иначе говоря, печи должны обладать такой мощностью, чтобы при $t_{ц. о}$ для поддержания t_c на расчетном уровне требовалось топить их не более 2 раз в сутки. Но и 2 раза в сутки топить печи представляет известное неудобство, и число дней в году с двухтопчным режимом стараются насколько возможно ограничить. Вокруг этого вопроса всегда и происходит дискуссия.

Здесь могут быть два следующих крайних решения:

Первое решение — поставить такие печи, которые обеспечили бы отопление помещения при $t_{ц. о}$ одной топкой в сутки. Этим путем мы наилучшим образом решаем эксплуатационный вопрос, но вынуждены ставить печи максимальных размеров или увеличивать их число.

Второе решение — ставить печи такого размера, чтобы при $t_{ц. о}$ требовалась максимальная их производительность, которую они могут дать при двух топках в сутки.

В этом случае полностью используется мощность печи при двухтопчном режиме, и, следовательно, печи получают минимального размера. Но число дней в году с двухтопчным режимом при таком расчете окажется максимальным и притом для разных печей неодинаковым. Как можно видеть из рис. 10, большие и массивные печи увеличивают свою теплоотдачу при двух топках в сутки в $y = 1,4 - 1,5$, а печи малых размеров и тонкостенные — до $y = 1,90$ раз. Следовательно, первые из них будут иметь дней с двухтопчным режимом меньше, чем вторые.

Не отразится ли увеличение количества двойных топков в сутки на расходе топлива? Существовало такое мнение, что при переходе на более частые топки, когда к моменту новой топки печь не успевает остывать, температура отходящих газов сильно повышается и к. п. д. печи падает.

Таблица 3

Основные теплотехнические характеристики конструкций

№ типов	Описание конструкции	S_0	α	A'_{θ}
1	Наружная кирпичная стена с известковой штукатуркой	7,7	7,5	3,81
2	Наружная стена деревянная рубленая или брусковая без штукатурки	3,95	7,5	2,6
3	То же с известковой штукатуркой 2 см по драни	5,04	7,5	3,00
4	Внутренняя кирпичная стена с известковой штукатуркой	7,25	7,5	3,71
5	Внутренняя деревянная стена или перегородка толщиной более 4 см, без штукатурки	3,49	7,5	2,38
6	То же с известковой штукатуркой 2 см по драни	4,53	7,5	2,85
7	Перекрытие: а) штукатурка по войлоку и по драни б) подшивка из досок 2 см в) воздушный прослойк г) деревянный накат	3,83	7,5	2,54
8	То же, но без войлока	4,43	7,5	2,8
9	Деревянный пол на лагах над холодным подпольем	3,9	7,0	2,5
10	Деревянный половой настил в междуэтажном перекрытии толщиной не менее 4 см	3,49	7,0	2,28
11	Бетонный пол	10,7	7,0	4,25
12	Асфальтовый пол толщиной 2 см по бетонной подготовке	10,7	7	4,25
13	Наружная каркасная стена: а) сухая штукатурка 2 см по рейкам б) воздушный прослойк в) Плиты «Экспанзит»	1,21	7,5	1,05
14	Перегородка из сухой штукатурки 2 см по деревянным рейкам с воздушным прослойком и т. д.	2,32	7,5	1,78
15	Перекрытие с подшивкой листами сухой штукатурки по рейкам вразбежку. Воздушный прослойк. Деревянный накат	2,4	7,5	1,82

В то время как, например, коэффициент всеобщей теплопередачи K определяется в зависимости от всей конструкции ограждения в целом, коэффициент теплоусвоения S_0 зависит только от конструкции так называемого «слоя резких колебаний».

Все то, что находится за пределами этого слоя, влияния на величины S_0 не оказывает.

Так, например, если взять кирпичную стену, то в зависимости от ее толщины величина K будет иметь разные значения.

Между тем слой резких колебаний для кирпичной стены при одной топке в сутки равен всего около 8 см и, следовательно, для всех стен с толщиной от полкирпича и более величина S_0 останется постоянной.

Мало того, если мы, оставив изнутри слой в полкирпича, заменим остальную часть конструкции ограждения слоями из других материалов, то S_0 также останется неизменным.

Это свойство коэффициента S_0 представляет большие удобства в том отношении, что уменьшает количество вариантов конструкций, подлежащих расчету для определения S_0 .

По этой же причине в табл. 3 мы не приводим полных данных о конструкциях, а указываем только ряд слоев, находящихся в пределах «слоя резких колебаний».

В нижеприведенных задачах № 1—21 задаемся следующими общими данными:

1. Наружная температура $t_{u.o.} = -30^\circ$.
2. Внутренняя температура $t_o = 18^\circ$.
3. Высота помещений 3,2 м.
4. Толщина пола на лагах 0,05 м.
5. Толщина перекрытия $h_2 = 0,3$ м.
6. Размеры окон $1,5 \times 2$ м.
7. Добавка на «страны света» к теплопотерям через стены и окна принимаем 8%.
8. Добавок на ветер и вентиляцию не делаем.
9. Печи подбираем по альбому отопительных печей изд. Главвоенпромстроя при СНК СССР 1941 (см. приложение 1).
10. При установке печей у стен и устройстве закрытых отступок теплоотдачу поверхностей печей, обращенных в эти отступки, принимаем в 50% от теплоотдачи открытыми поверхностями.

§ 23. Задачи для помещений I рода

Задача № 1. Дано помещение, изображенное на рис. 25: 1—пол асфальтовый по бетонным сводам; 2—потолок—кирпичные сводики по железным балкам; 3—стены кирпичные с известковой штукатуркой; 4—помещение жилое, находится во втором этаже трехэтажного здания и имеет только одну наружную стену. Требуется рассчитать печное отопление.

Решение.

1. Определим теплопотери помещения:

а) через окно

$$Q_0 = KF\Delta t = 2,3 \cdot 1,5 \cdot 2 \cdot 48 = 330 \text{ ккал/час,}$$

б) через наружную стену

$$Q_{cm} = KF\Delta t = 0,9(4,4 \cdot 3,5 - 3,0)48 = 535 \text{ ккал/час.}$$

Всего с добавкой на страны света

$$Q_{ч.о} = (330 + 535)1,08 = 940 \text{ ккал/час}$$

по альбому выбираем печь ОС-1. Она имеет следующую характеристику:

- а) теплоотдача при двух топках в сутки $W_{cp}^{II} = 960 \text{ ккал/час}$,
- б) теплоотдача при одной топке в сутки $W_{cp} = 500 \text{ ккал/час}$,
- в) $\gamma = 1,92$,
- г) $m = 1,4$.

Следовательно, отопление помещения одной топкой в сутки будет обеспечено только при

$$t_n = t_e - \frac{t_e - t_{ч.о}}{Q_{ч.о}} W_{cp} =$$

$$= t_e - \frac{48 \cdot 500}{940} = -7,5^\circ.$$

Теплопотери помещения при этих условиях равны:

$$Q_{cp} = W_{cp} = 500 \text{ ккал/час.}$$

2. Проверим, не выходит ли колебание температуры помещения по часам суток за пределы санитарной нормы.

Для этого воспользуемся уравнением (20).

Здесь

$$m = 1,4,$$

$$Q_{cp} = 500.$$

Определим сперва $\sum A_q F^o$:

а) наружная стена $F^o = 4,0 \cdot 3,2 - 3 = 9,8 \text{ м}^2$

$$A_q F^o = 3,81 \cdot 9,8 = 37,2;$$

б) внутренние стены (площадь двери вычитаем)

$$F^o = (4 + 4 + 4)3,2 - 0,8 \cdot 2,0 = 36,8 \text{ м}^2,$$

$$A_q F^o = 3,7 \cdot 36,8 = 136;$$

в) потолок

$$F^o = 4,0 \cdot 4,0 = 16 \text{ м}^2,$$

$$A_q F^o = 3,7 \cdot 16 = 59,2;$$

г) пол

$$F^o = 16 \text{ м}^2,$$

$$A_q F^o = 4,25 \cdot 16 = 68;$$

д) окно $F^o = 1,5 \text{ м}^2$ (ввиду того что окно не обладает теплоемкостью, принимаем для него $A_q' F^o = K = 2,3$).

$$A_q' F^o = 2,3 \cdot 1,5 = 3,45.$$

$$\sum A_q' F^o = 37,2 + 136 + 59,2 + 68 + 3,45 = 304.$$

Отсюда находим:

$$A_t = \frac{m Q_{cp}}{\sum A_q' F^o} = \frac{1,4 \cdot 500}{304} = 2,3^\circ < 3^\circ.$$

Следовательно A_t не выходит за пределы санитарной нормы. Найдем максимально допустимое колебание теплового потока, даваемого печью.

Для этого воспользуемся уравнением (20), приняв при нем $A_t = 3^\circ$:

$$m = \frac{A_t}{Q_{cp}} \sum A_q' F = \frac{3}{500} \cdot 304 = 1,83 \approx 2,0.$$

Проанализируем полученную величину m .

Если представить себе, что $m_1 = m_2$, то по уравнениям (см. выше § 2)

$$m_1 = \frac{Q_{max} - Q_{cp}}{Q_{cp}} = 2, \text{ откуда } Q_{max} = 3Q_{cp},$$

$$m_2 = \frac{Q_{cp} - Q_{min}}{Q_{cp}} = 2, \text{ откуда } Q_{min} = -Q_{cp} [1].$$

Повидимому, в некоторые часы суток печь из прибора, дающего тепло, должна превращаться в прибор, поглощающий теплоту. Такого положения, конечно, не может быть.

Q_{min} никогда не может приобретать отрицательные значения. Крайнее значение $Q_{min} = 0$, откуда крайнее значение для m_2 будет:

$$m_2 = \frac{Q_{cp} - Q_{min}}{Q_{cp}} = 1,0.$$

Наконец, для того чтобы получить $m = 2$, при $m_2 = 1,0$ надо иметь $m_1 = 3,0$, откуда $Q_{max} = 4 Q_{cp}$.

Мы еще раз указываем, что при значительном расхождении между m_1 и m определение m как средней арифметической величины $m = \frac{m_1 + m_2}{2}$ является не совсем точным.

При пользовании альбомом печей ГУВПС вопрос этот не имеет большого значения, так как для этих печей (за исключением 2—3 из них) разница в значениях между m_1 и m_2 не велика.

Задача № 2. Дано помещение, изображенное на рис. 26: 1—пол деревянный на лагах; 2—потолок с подшивкой сухой штукатуркой; 3—внутренние перегородки—деревянный каркас, обшитый с двух сторон листами сухой штукатурки; 4—наружные стены—каркасные, изнутри сухая штукатурка; воздушный прослойка; плиты «Экспанзит» $K = 0,85$; 5—здание одноэтажное, жилое. Требуется рассчитать печное отопление.

Решение

1. Теплопотери помещения по расчету (здесь его не приводим):

$$Q_{ч.о} = 3120 \text{ ккал/час.}$$

По альбому выбираем печь ОС-24. Характеристика печи:
Теплоотдача при одной топке в сутки $W_{ср} = 2780 \text{ ккал/час.}$
Теплоотдача при двух топках в сутки $W_{ср}^{II} = 4200 \text{ ккал/час.}$
Коэффициент неравномерности $m = 0,4$.

Задней и боковой стенками печь приставляем к стене с устройством закрытой отступки, вследствие чего теплоотдача этими стенками падает на 50%.

Учитывая это, будем иметь:

$$W_{ср} = 2050 \text{ ккал/час,}$$

$$W_{ср}^{II} = 3120 \text{ ккал/час,}$$

т. е. как раз то, что нам требуется.

При одной топке в сутки отопление помещения будет обеспечено при $t_n = -14^\circ$.

2. Определение A_t . Находим

$$\sum A_q F^0:$$

- а) окна $A_q F^0 = 2,3 \cdot 3 = 6,9$;
- б) наружные стены за вычетом окон $A_q F^0 = 1,05 \cdot 27,2 = 28,5$;
- в) внутренние стены $A_q F^0 = 1,8 \cdot 30,2 = 54,5$;
- г) пол $A_q F^0 = 1,82 \cdot 25 = 97,5$;
- д) потолок $A_q F^0 = 1,82 \cdot 25 = 45,5$.

Тогда

$$\sum A_q F^0 = 233,0$$

и

$$A_t = \frac{m Q_{ср}}{\sum A_q F^0} = \frac{0,4 \cdot 2050}{233,0} = 3,5^\circ > 3^\circ.$$

Повидимому, данная печь непригодна, так как колебания температуры по часам суток выходят за пределы санитарной нормы.

Между тем значение $m = 0,4$ является почти предельно минимальным даже для толстостенных больших печей. Отсюда можно сделать вывод, что надлежащее отопление подобного рода помещений с легкими конструкциями ограждений дровяными печами периодического действия выполнить довольно затруднительно. В некоторых случаях удовлетворительное решение такой задачи может оказаться невозможным, как это получилось в данном случае, и для того, чтобы A_t не выходила за пределы нормы (т. е. 3°), нужно переходить к двум топкам в сутки при температурах t_n более высоких, чем -14° .

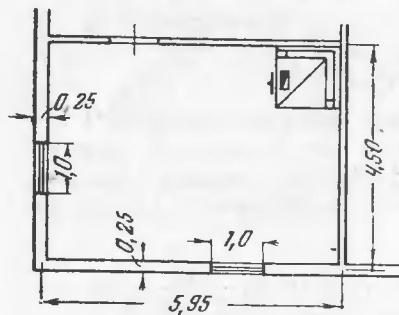


Рис. 26.

Задача № 3. Дано помещение, изображенное на рис. 27: 1 — пол деревянный; 2 — внутренние и наружные стены кирпичные, оштукатуренные; 3 — потолок деревянный подшивной из досок 2 см со штукатуркой известковой 2 см; воздушный прослойок 10 см, деревянный накат; 4 — помещение жилое, находится во втором этаже трехэтажного дома и имеет только одну наружную стену; требуется рассчитать печное отопление.

Решение

1. Теплопотери помещения $Q_{ч.о} = 940 \text{ ккал/час.}$

По альбому подбираем печь ОС-1. Она имеет следующую характеристику:

Теплопередача при двух топках в сутки $W_{ср}^{II} = 960 \text{ ккал/час.}$

Теплопередача при одной топке в сутки $W_{ср} = 500 \text{ ккал/час.}$

Следовательно, отопление помещения, при одной топке в сутки, как и в задаче № 1, будет обеспечено только при $t_n = -7,5^\circ$.

Теплопотери помещения при этих условиях равны:

$$Q_{ср} = W_{ср} = \text{ккал/час.}$$

2. Определение колебания температуры помещения по часам суток.

Находим $\sum A_q F^0$:

- а) окна $A_q F^0 = 2,3 \cdot 3 = 6,9$;
- б) наружные стены (за вычетом окон) $A_q F^0 = 3,81 \cdot 9,8 = 37,3$;
- в) внутренние стены (без вычета дверей)

$$A_q F^0 = 3,7 \cdot 38,4 = 142;$$

- г) пол $A_q F^0 = 2,28 \cdot 16 = 36,5$;
- д) потолок $A_q F^0 = 2,8 \cdot 16 = 45$.

Тогда

$$\sum A_q F^0 = 268.$$

Отсюда

$$A_t = \frac{m Q_{ср}}{\sum A_q F^0} = \frac{1,4 \cdot 500}{268} = 2,6^\circ < 3^\circ.$$

Следовательно, A_t не выходит за пределы санитарной нормы.
Задача № 4. Даны два помещения (рис. 28), каждое из которых аналогично помещению, рассмотренному в задаче № 3. Требуется рассчитать общую печь на две комнаты, устанавливаемую у внутренней стены.

Решение

1. Теплопотери составляют $940 \cdot 2 = 1880 \text{ ккал/час.}$ По альбому ближайшей по теплоотдаче печью с коренной трубой будет печь ОС-20 в изразцах. Учитывая, что одна боковая стена печи

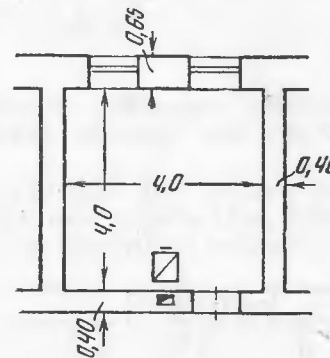


Рис. 27.

целиком войдет в закрытую отступку, а другая боковая стенка наполовину, теплоотдача составит:

$$\begin{aligned} \text{при двух топках в сутки } W_{\text{ср}}'' &= 2000 \text{ ккал/час}; \\ \text{при одной топке в сутки } W_{\text{ср}} &= 1270 \text{ ккал/час}; \\ y &= 1,57; \quad m = 0,54. \end{aligned}$$

Данная печь может обеспечить отопление помещения одной топкой в сутки при $t_n = -14,4^\circ$.

Теплопотери помещений составят при этом 1270 ккал/час. Одно помещение теряет $\frac{1270}{2} = 635$ ккал/час.

2. Определение

$$A_t = \frac{mQ_{\text{ср}}}{\sum A_q F^0} = \frac{0,54 \cdot 635}{268} = 1,25 < 3.$$

Результат получим значительно лучше, чем в предыдущем случае. Во-первых, t_n вместо $-7,5^\circ$ равно $-14,4^\circ$, и, следовательно, уменьшилось количество дней с двухтопочным режимом; во-вторых, уменьшилось значение A_t .

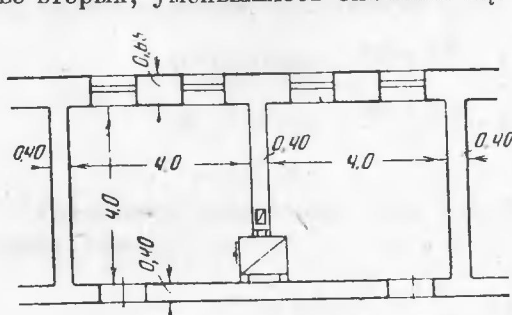


Рис. 28.

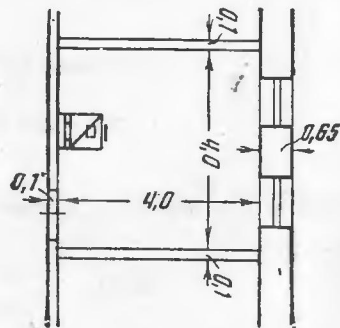


Рис. 29.

Задача № 5. Дано помещение, изображенное на рис. 29: 1 — пол деревянный на лагах; 2 — наружные стены кирпичные оштукатуренные; 3 — внутренние стены — перегородки из досок со штукатуркой; 4 — перекрытие — подшивной потолок из 2-см досок со штукатуркой 2 см; воздушный прослойка 10 см; деревянный накат; 5 — здание жилое, одноэтажное, имеется чердак; требуется рассчитать печное отопление.

Решение

1. Теплопотери помещения $Q_{\text{ч.о}} = 1560$ ккал/час.

Ближайшей по теплоотдаче печью по альбому является печь ОС-5.

При установке ее задней стеной к стене помещения с устройством закрытой отступки теплоотдача печи составит:

$$\begin{aligned} \text{при двух топках в сутки } W_{\text{ср}}'' &= 1820 - \frac{500}{2} = 1570 \text{ ккал/час}; \\ \text{при одной топке в сутки } W_{\text{ср}} &= 970 - \frac{250}{2} = 845 \text{ ккал/час}; \\ y &= 1,86; \quad m = 0,96. \end{aligned}$$

Данная печь может обеспечить отопление помещения при одной топке в сутки при $t_n = -8^\circ$.

Теплопотери помещения при этом равны:

$$Q_{\text{ср}} = 845 \text{ ккал/час.}$$

2. Определение A_t . Находим $\sum A_q F^0$:

- а) окна $A_q F^0 = 2,3 \cdot 3 = 6,9$;
- б) наружные стены $A_q F^0 = 3,81 (4 \cdot 3,2 - 3) = 37,4$;
- в) перегородки $A_q F^0 = 2,85 \cdot 4,3 \cdot 3,2 = 110$;
- г) пол $A_q F^0 = 2,5 \cdot 16 = 40$;
- д) потолок $A_q F^0 = 2,8 \cdot 16 = 44,8$.

$$\text{Всего } \sum A_q F^0 = 239.$$

$$A_t = \frac{mQ_{\text{ср}}}{\sum A_q F^0} = \frac{0,96 \cdot 845}{239} = 3,4^\circ > 3^\circ.$$

Результат не удовлетворителен.

Необходимо поставить печь больших размеров, обеспечить отопление этой печью также и соседних комнат, как это было сделано в предыдущей задаче.

Задача № 6. В помещении, которое было рассмотрено в предыдущей задаче № 5, устроена внутренняя перегородка, которая разделила это помещение пополам на две отдельные комнаты. Требуется рассчитать печное отопление этих помещений при установке одной общей печи (рис. 30).

Решение

1. Определение теплопотерь помещения. Согласно предыдущей задаче $Q_{\text{ч.о}} = 1560$ ккал/час. Оставляем выбранную ранее печь ОС-5.

В данном случае в отступку выходит боковая стенка печи, но теплоотдача печи изменяется незначительно.

$$\text{Теплоотдача при двух топках } W_{\text{ср}}'' = 1820 - \frac{440}{2} = 1600 \text{ ккал/час.}$$

$$\text{Теплоотдача при одной топке } W_{\text{ср}} = 970 - \frac{240}{2} = 850 \text{ ккал/час.}$$

2. Определение A_t .

Величина $\sum A_q F^0$ возросла за счет дополнительной перегородки на величину:

$$\Delta A_q F^0 = 2,85 \cdot 4 \cdot 3,2 \cdot 2 = 73$$

и равна величине:

$$\sum A_q F^0 = 239 + 73 = 312$$

$$A_t = \frac{0,96 \cdot 850}{312} = 2,6^\circ < 3^\circ.$$

Результат удовлетворительный.

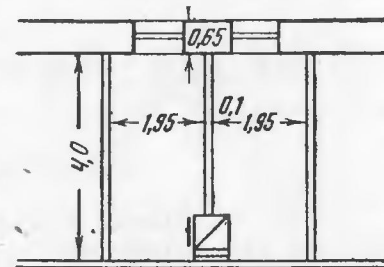


Рис. 30.

Задача № 7. Дано помещение, изображенное на рис. 31: 1 — пол — деревянный; 2 — наружные стены — деревянные рубленые без штукатурки; 3 — внутренние стены — дощатые переборки без штукатурки; 4 — перекрытие — доски 3 см, тепловая изоляция; 5 — помещение жилое во втором этаже двухэтажного здания; требуется рассчитать печное отопление.

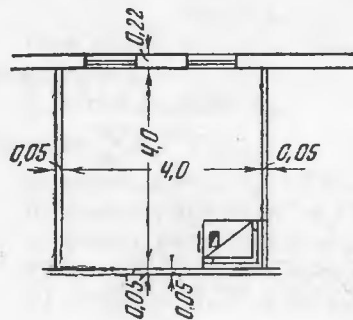


Рис. 31.

Решение

1. Теплопотери помещения $Q_{ч.о} = 1205$ ккал/час.

По конструктивным условиям в данном случае мы должны поставить печь с коренной трубой.

Ближайшей по тепловой мощности будет печь ОС-7 в железном футляре.

При установке ее в углу с устройством отступок у боковой и задней стенок получим теплоотдачу печи:

$$W_{ср}^{II} = 2000 - \frac{325 + 675}{2} = 1500 \text{ ккал/час};$$

$$W_{ср} = 1230 - \frac{200 + 415}{2} = 920 \text{ ккал/час};$$

$$m = 1,05;$$

Отопление помещения при одной топке в сутки обеспечивается при

$$t_n = t_e - \frac{\Delta t_{ч.о} \cdot 920}{1205} = 18^\circ - \frac{48 \cdot 920}{1205} = -18,8^\circ.$$

2. Определение A_1 .

Находим величину $\sum A_q F^0$:

- а) окна $A_q F^0 = 2,3 \cdot 3 = 6,9$;
- б) наружные стены $A_q F^0 = 2,6 \cdot 12 = 31,2$;
- в) внутренние перегородки $A_q F^0 = 2,38 \cdot 36 = 85,5$;
- г) потолок $A_q F^0 = 2,6 \cdot 16 = 41,6$;
- д) пол $A_q F^0 = 2,6 \cdot 16 = 38$.

Отсюда

$$\sum A_q F^0 = 203$$

$$A_1 = \frac{m Q_{ср}}{\sum A_q F^0} = \frac{1,05 \cdot 920}{203} = 4,75^\circ > 3^\circ.$$

Результат получился совершенно неудовлетворительный. Причина этого отчасти та, что мы получили очень низкую расчетную температуру для одной топки в сутки ($-18,8^\circ$).

Проверим, при какой t_n величина A_1 будет равна 3° .

Для этого определим:

$$Q_{ср} = \frac{A_1 \sum A_q F^0}{m} = \frac{3 \cdot 203}{1,05} = 580,$$

$$t_n = t_e - \frac{\Delta t_{ч.о} \cdot 580}{1205} = -4,3^\circ.$$

Следовательно, при установке этой печи пришлось бы при $t_n \leq -5^\circ$ топить ее 2 раза в сутки, что вызвало бы в эксплуатации печи излишние неудобства, и поэтому рекомендовать нельзя.

Задача № 8. Даны два помещения, аналогичные помещению, данному в задаче № 7.

Требуется рассчитать печное отопление с установкой общей печи.

Решение

1. Выбираем печь ОС-20.

При установке ее у стены (коренной трубы) с обращением боковой стенки в отступку теплоотдача печи выразится:

$$W_{ср}^{II} = 2930 - \frac{940}{2} = 2430 \text{ ккал};$$

$$W_{ср} = 1850 - \frac{600}{2} = 1550 \text{ ккал};$$

$$m = 0,54.$$

Отопление помещения при одной топке в сутки будет обеспечено при $t_n = -12,8^\circ$.

2. Определение A_1 .

$$A_1 = \frac{m Q_{ср}}{\sum A_q F^0} = \frac{0,54 \cdot 1550}{2 \cdot 203} = 2,06^\circ.$$

Видим, что A_1 не выходит за пределы нормы.

Задача № 9. Дано помещение, изображенное на рис. 32: 1 — высота помещения 2,8 м; 2 — стены наружные — деревянные рубленые ($K = 0,83$); 3 — внутренние стены — дощатые перегородки; 4 — пол на лагах; 5 — потолок — деревянный без штукатурки.

Рассчитать печное отопление.

Решение

1. Теплопотери помещения $Q_{ч.о} = 2750$ ккал/час.

По альбому выбираем печь ОС-25.

Печь устанавливаем в углу. Правая стена обращена в закрытую отступку, а задняя стенка выходит в соседнюю комнату.

Теплоотдача печи при двух топках

$$W_{ср}^{II} = 4200 - 1000 - \frac{1050}{2} \approx 2700 \text{ ккал/час}.$$

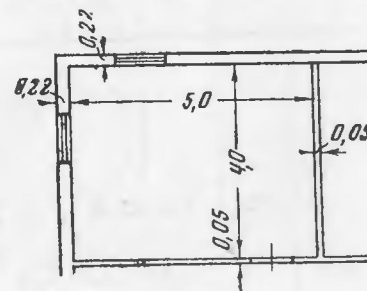


Рис. 32.

Теплоотдача печи при одной топке

$$W_{cp} = 2780 - 630 - \frac{700}{2} = 1800 \text{ ккал/час};$$

$$m = 0,4.$$

При одной топке в сутки печь обеспечивает отопление помещения при $t_n = -13^\circ$.

2. Определение A_t .

Находим $\sum A_q F^0$:

- а) окна $A_q F^0 = 2,3 \cdot 3,5 = 8,0$;
- б) стены наружные $A_q F^0 = 2,6 \cdot 25,2 = 65,5$;
- в) стены внутренние $A_q F^0 = 2,38 \cdot 25,2 = 60,0$;
- г) пол $A_q F^0 = 2,5 \cdot 20 = 50$;
- д) потолок $A_q F^0 = 2,6 \cdot 20 = 52$;

$$\sum A_q F^0 = 235.$$

Отсюда

$$A_t = \frac{m Q_{cp}}{\sum A_q F^0} = \frac{0,4 \cdot 1800}{235} = 3,07 \approx 3^\circ.$$

Задача № 10. Как изменится в предыдущей задаче A_t , если оштукатурить наружные стены, потолок и внутренние перегородки известковой штукатуркой в 2 см по драги.

Решение

Находим $\sum A_q F^0$:

- а) стены наружные $A_q F^0 = 3,0 \cdot 25,2 = 75,6$;
- б) стены внутренние $A_q F^0 = 2,85 \cdot 25,5 = 71,5$;
- в) потолок $A_q F^0 = 2,8 \cdot 20 = 56$;
- г) пол $A_q F^0 = 2,5 \cdot 20 = 50$;

$$\sum A_q F^0 = 253,$$

откуда

$$A_t = \frac{0,4 \cdot 1800}{253} = 2,82^\circ < 3^\circ < 3,07^\circ.$$

Задача № 11. Как изменится величина A_t , если в задаче № 9 при выборе печи заменить принятую толстостенную печь ОС-25 тонкостенной такой же тепловой мощности.

Решение

Вместо печи ОС-25 можно взять печь в железном футляре ОС-28, имеющую почти такую же теплоотдачу.

Но для этой печи коэффициент $m = 0,7$.

Отсюда

$$A_t = \frac{m Q_{cp}}{\sum A_q F^0} = \frac{0,7 \cdot 1800}{235} = 5,35^\circ.$$

Задача № 12. Дано спальное помещение одноэтажной деревянной казармы. Длина 25,15 м, ширина 13,10 м, высота 3,4 м, площадь пола 293 м². 1 — стены наружные — деревянные рубленые ($K = 0,83$); 2 — пол — деревянный на лагах; 3 — потолок — деревянный ($K = 0,7$). Рассчитать печное отопление.

Решение

1. Теплопотери помещения $Q_{u.o} = 26600 \text{ ккал/час}$.
Устанавливаем 5 печей ОС-41.

Теплоотдача каждой печи, при условии, что одна задняя стенка обращена в отступку, составит:

$$\text{при двух топках в сутки } W'_{cp} = 6000 - \frac{1140}{2} = 5430 \text{ ккал/час};$$

$$\text{при одной топке в сутки } W_{cp} = 4180 - \frac{800}{2} = 3780 \text{ ккал/час}.$$

При одной топке в сутки отопление помещения обеспечивается при

$$t_n = 18 - \frac{48 \cdot 3780 \cdot 5}{26600} = -16^\circ.$$

2. Определение A_t .

По расчету (которого здесь также не приводим)

$$\sum A_q F^0 = 2050,$$

откуда

$$A_t = \frac{m Q_{cp}}{\sum A_q F^0} = \frac{0,36 \cdot 3780 \cdot 5}{2050} = 3,3^\circ > 3^\circ.$$

Мы видим, что A_t выходит за пределы норм, но в данном случае с таким результатом можно мириться, если учесть, что можно не все печи топить одновременно, а, например, три печи утром, а остальные две — днем, или, еще лучше, — вечером. Это значительно уменьшает величину m по отношению к общему потоку тепла, даваемому всеми печами, а соответственно уменьшается также и величина A_t .

Основные показатели, полученные при решении задач № 1—12, помещены в табл. 4.

Таблица 4

Основные показатели, полученные при решении задач 1—12

№ за-дач	Описание помещения	$\sum A_q F^0$	$\sum KF$	ψ	m	$t_o - t_n$	A_t
1	Площадь 16 м ² во втором этаже трехэтажного каменного дома.	304	19,6	15,5	1,4	25°	2,26°
2	Угловое помещение 25,6 м ² в одноэтажном доме каркасного типа с легкими конструкциями и ограждений.	233	65	3,59	0,4	32°	3,5°
3	Площадь 16 м ² во втором этаже трехэтажного каменного дома.	268	19,6	13,7	1,4	25°	2,56°
4	То же.	268	19,6	13,7	0,54	32,4°	1,26°
5	Площадь 16 м ² в одноэтажном каменном доме.	239	32,6	7,35	0,96	26°	3,4°

Продолжение							
№ за- дач	Описание помещения	$\Sigma A_q F^0$	ΣKF	ψ	m	$t_{\theta} - t_{\theta_0}$	A_t
6	Площадь 7,8 м ² ; помещение взято из задачи № 5 и разделено перегородкой на две части	156	16,3	9,6	0,96	26°	2,6°
7	Площадь 16 м ² во втором этаже двухэтажного деревянного дома	203	25	8,13	1,05	36,8°	4,75°
8	То же	203	25	8,13	0,54	30,8°	2,06°
9	Угловое помещение 20 м ² в одноэтажном деревянном доме	235	57,5	4,1	0,4	31°	3,07°
10	То же с оштукатуренными стенами и перегородками	253	57,5	4,40	0,4	31°	2,82°
11	Как в задаче № 9	235	57,5	4,1	0,7	31°	5,35°
12	Спальня в деревянной одноэтажной казарме, площадь 293 м ²	2 050	555	3,7	0,36	34°	3,3°

§ 24. Задачи для помещений II рода

Рассмотрим теперь серию задач на расчет печного отопления помещений II рода. Для этих помещений, в целях экономии топлива, желательно иметь величину A_t , равную или во всяком случае близкую 6°.

Отсюда будет определяться значение коэффициента неравномерности m , по которому будет подбираться печь. Расчетную теплопотерю будем принимать $Q_{cp} = \frac{Q_{\theta_0}}{1,5}$.

Это значит, что печь будем подбирать, исходя из того, чтобы ее максимальная теплоотдача при двух топках в сутки соответствовала теплопотере помещения при наружной температуре, равной t_{θ_0} , и чтобы ее переводный коэффициент был равен $\gamma = 1,5$.

Прежде всего рассмотрим те помещения, которые мы имели в предыдущих 12 задачах, и будем предполагать, что эти помещения не жилые, а, например, служебные, занятые только днем 12 час. в сутки.

Задача № 13. Для помещения, рассмотренного в задаче № 1, определить m при $A_t = 6^\circ$.

При решении задачи № 1 были получены теплопотери и

$$Q_{\theta_0} = 940 \text{ ккал/час и } \Sigma A_q F^0 = 304,$$

отсюда

$$m = \frac{A_t \Sigma A_q F^0 \cdot 1,5}{Q_{\theta_0}} = \frac{6 \cdot 304 \cdot 1,5}{940} = 2,97.$$

Задача № 14. Для помещения, рассмотренного в задаче № 2, определить m при $A_t = 6^\circ$.

Теплопотери $Q_{\theta_0} = 3120 \text{ ккал/час}$,

$$\Sigma A_q F^0 = 233,$$

откуда

$$m = \frac{6 \cdot 233 \cdot 1,5}{3120} = 0,69.$$

Задача № 15. Для помещения, рассмотренного в задаче № 3, определить m при $A_t = 6^\circ$.

Теплопотери

$$Q_{\theta_0} = 940 \text{ ккал/час и}$$

$$\Sigma A_q F^0 = 268,$$

откуда

$$m = \frac{6 \cdot 268 \cdot 1,5}{940} = 2,56.$$

Задача № 16. Для помещения, рассмотренного в задаче № 5, определить m при $A_t = 6^\circ$.

Теплопотери $Q_{\theta_0} = 1560 \text{ ккал/час}$ и

$$\Sigma A_q F^0 = 239,$$

откуда

$$m = \frac{6 \cdot 239 \cdot 1,5}{1560} = 1,38.$$

Задача № 17. Для помещения, рассмотренного в задаче № 7, определить m при $A_t = 6^\circ$.

Теплопотери $Q_{\theta_0} = 1205 \text{ ккал/час}$ и

$$\Sigma A_q F^0 = 203,$$

откуда

$$m = \frac{6 \cdot 203 \cdot 1,5}{1205} = 1,51.$$

Задача № 18. Для помещения, рассмотренного в задаче № 9, определить m при $A_t = 6^\circ$.

Теплопотери $Q_{\theta_0} = 2750 \text{ ккал/час}$ и

$$\Sigma A_q F^0 = 235,$$

$$m = \frac{6 \cdot 235 \cdot 1,5}{2750} = 0,78.$$

Задача № 19. Для помещения, рассмотренного в задаче № 12, определить m при $A_t = 6^\circ$.

Теплопотери $Q_{\theta_0} = 26600 \text{ ккал/час}$ и

$$\Sigma A_q F^0 = 2050,$$

откуда

$$m = \frac{6 \cdot 2050 \cdot 1,5}{26600} = 0,69.$$

Задача № 20. Дано помещение, изображенное на рис. 33: 1 — стена наружная — кирпичная, 2 — стены внутренние — кирпичные; 3 — пол — деревянный на лагах; 4 — потолок — деревянный подшивной со штукатуркой по войлоку; 5 — здание двухэтажное; помещение — аудитория находится в первом этаже; 6 — $t_e = 16^\circ$; требуется определить m при $A_t = 6^\circ$.

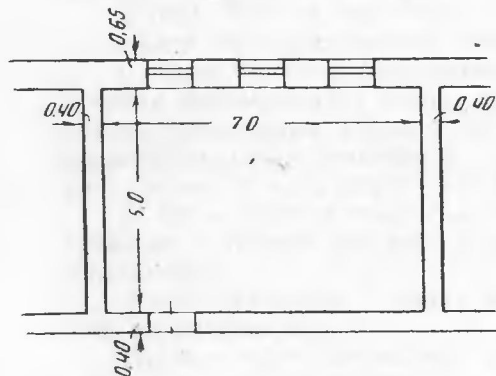


Рис. 33.

Задача № 21. Дано помещение, изображенное на рис. 34: 1 — стена наружная — деревянная рубленая; 2 — стены внутрен-

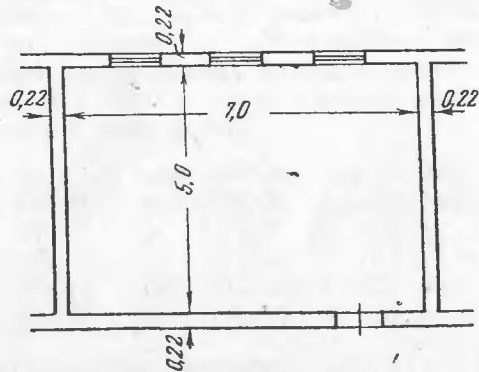


Рис. 34.

ние — деревянные; 3 — пол — деревянный на лагах; 4 — потолок — деревянный; 5 — здание двухэтажное, помещение находится в первом этаже; 6 — $t_e = -16^\circ$; требуется определить m при $A_t = 6^\circ$.

Решение

1. Теплопотери помещения $Q_{ч.о} = 1765$ ккал/час.

2. Определяем $\Sigma A_q F^0$:

а) окна $A_q F^0 = 2,3 \cdot 4,5 = 10,3$;

б) наружная стена $A_q F^0 = 2,6 \cdot 17,9 = 46,5$;

Решение

1. Теплопотери помещения:

$Q_{ч.о} = 1890$ ккал/час.

2. Определим $\Sigma A_q F^0$:

а) окна $A_q F^0 = 2,3 \cdot 4,5 = 10,3$;

б) наружная стена $A_q F^0 = 3,81 \cdot 17,60 = 68$;

в) внутренние стены $A_q F^0 = 3,70 \cdot 54,4 = 200$;

г) пол $A_q F^0 = 2,5 \cdot 35 = 87,5$;

д) потолок $A_q F^0 = 2,54 \cdot 35 = 89$;

$\Sigma A_q F^0 = 455$;

$m = \frac{6 \cdot 455 \cdot 1,5}{1890} = 2,17$.

в) внутренние стены $A_q F^0 = 2,38 \cdot 17,32 = 129$;

г) пол $A_q F^0 = 2,5 \cdot 35 = 87,5$;

д) потолок $A_q F^0 = 2,38 \cdot 35 = 83,5$.

$\Sigma A_q F^0 = 357$;

$m = \frac{6 \cdot 357 \cdot 1,5}{1765} = 1,82$.

Основные показатели, полученные при решении задач 13 — 21, помещены в табл. 5.

Таблица 5

Основные показатели, полученные при решении задач 13 — 21

№ задач	Описание помещения	A_t	Потребная величина m при $Q_{ср} = \frac{Q_{ч.о}}{1,5}$
13	Площадь 16 м ² , во втором этаже трехэтажного каменного дома	6°	3,22
14	Угловое помещение 25,6 м ² в одноэтажном доме каркасного типа с легкими конструкциями ограждений	6°	0,69
15	Площадь 16 м ² , во втором этаже трехэтажного каменного дома	6°	2,63
16	Площадь 7,8 м ² в одноэтажном каменном доме	6°	1,37
17	Площадь 16 м ² во втором этаже двухэтажного дома	6°	1,45
18	Угловое помещение площадью 20 м ² в одноэтажном деревянном доме	6°	0,77
19	Спальня в деревянной одноэтажной казарме площадью 293 м ²	6°	0,69
20	Аудитория 35 м ² в первом этаже двухэтажного каменного дома	6°	2,17
21	Аудитория 35 м ² в первом этаже двухэтажного каменного дома	6°	1,82

VI. О ТЕПЛОЕМКОСТИ ПЕЧЕЙ

§ 25. Деление печей по теплоемкости

Строго придерживаясь определения физики, под понятием «Теплоемкость печи» следовало бы подразумевать способность печи аккумулировать то или иное количество тепла.

Но по отношению к отопительным печам под теплоемкостью условно принято понимать длительность остывания печи (см. выше, § 6).

Кирпичные печи периодического действия принято разделять на печи большой теплоемкости (п. б. т.) и печи средней теплоемкости (п. ср. т.).

Несмотря на то, что это деление печей по теплоемкости прочно укоренилось в науке о печах, до сего времени оно остается неясным и неточным.

Покажем это на конкретных примерах, причем ограничимся рассмотрением только двух источников.

В ОСТ 7805 на странице 3 сказано следующее:

«Печи по теплоемкости делятся на 3 группы:

1. Печь большой теплоемкости, которая при топке один раз в сутки аккумулирует тепло, потребное для возмещения теплопотерь помещения ($Q_{расч}$ § 12 ОСТ) до следующей топки, и теплоотдача при равномерном остывании поддерживает требуемую внутреннюю температуру помещения.

2. Печь средней теплоемкости, которая дает те же результаты, но с топкой два раза в сутки, т. е. с полусуточной аккумуляцией» . . .

Далее говорится о печах малой теплоемкости, которые нас уже не интересуют.

Прежде всего приходится обратить внимание на неудачную редакцию первого пункта.

Вместо «равномерного остывания», повидимому, следует понимать поддержание равномерной внутренней температуры помещения.

Мы уже условились, что в этой части будем считать условия удовлетворенными, если колебания температуры по часам суток будут происходить в пределах 6° .

Если теперь обратимся к решенным нами примерам 1—12, то видим, что величина $A_t > 3^\circ$ в задачах № 2, 5, 7, 9, 11 и 12. Следовательно, примененные в этих задачах печи должны быть отнесены по ОСТ 7805 к печам средней теплоемкости.

Вот выборка этих печей:

Задача № 2	Печь ОС-24	$n = 32$	$m = 0,4$
» № 5	» ОС-5	$n = 16$	$m = 0,96$
» № 7	» ОС-7	$n = 18$	$m = 1,02$
» № 9	» ОС-25	$n = 32$	$m = 0,4$
» № 11	» ОС-28	$n = 24$	$m = 0,7$
» № 12	» ОС-41	$n = 36$	$m = 0,36$

В прочих задачах амплитуда колебания температуры $A_t = 3^\circ$, и, следовательно, как будто бы следует считать, что имеем дело с печами большой теплоемкости.

Даем их выборку:

Задача № 1	Печь ОС-1	$n = 13$ час.	$m = 1,4$
» № 3	» ОС-1	$n = 13$ »	$m = 1,4$
» № 4	» ОС-20	$n = 25$ »	$m = 0,54$
» № 6	» ОС-5	$n = 16$ »	$m = 0,96$
» № 8	» ОС-20	$n = 25$ »	$m = 0,54$
» № 10	» ОС-25	$n = 32$ »	$m = 0,4$

Что мы получили?

Во-первых, видим, что две печи, а именно ОС-5 и ОС-25, попали в обе рубрики, т. е. в одном случае приходится отнести их к печам большой, в другом случае — средней теплоемкости.

Далее, печь ОС-1, имеющая самый короткий срок остывания, т. е. сравнительно наименьшую теплоемкость, попала в рубрику печей большей теплоемкости.

Напротив, самая большая и самая теплоемкая печь ОС-41 попала в рубрику печей средней теплоемкости.

Это свидетельствует о несостоятельности предложенного ОСТ 7805 способа деления печей по теплоемкости.

Правда, следует указать, что в этих задачах расчетная наружная температура t_n колебалась в пределах от $-7,5^\circ$ до -18° , в то время как по ОСТ 7805 мы должны брать везде (для условий г. Москвы) $t_n = -10,8^\circ$.

Но принципиально это не изменит положения.

Порочность ОСТ 7805 в отношении деления печей по теплоемкости заключается в том, что это деление производится по признаку даваемого печью отопительного эффекта. Между тем эффект работы отопительной печи зависит не только от свойств самой печи, но в равной мере и от тепловой инерции отапливаемого помещения (ψ , см. выше § 15), которая для различных помещений может колебаться в весьма широких пределах (см. табл. 4).

Инж. Протопопов («Печное дело», 1934 г.) к печам большой теплоемкости относит печи с периодом теплоотдачи 24 часа и более, а к печам средней теплоемкости — печи с периодом теплоотдачи приблизительно 12 час.

Печи с периодом теплоотдачи от 12 до 23 час., повидимому, хотя это и не сказано прямо, Протопопов относит также к печам средней теплоемкости.

Принятое Протопоповым деление печей по теплоемкости является более правильным, так как величина n получается для каждой печи вполне определенной и зависит только от ее индивидуальных свойств.

За конец периода теплоотдачи печи Протопопов принимает тот момент, когда средняя температура поверхности нагрева печи опустится до 30° при $t_e = +18^\circ$.

В последующих параграфах мы придерживаемся деления, принятого Протопоповым, только за конец периода теплоотдачи принимаем тот момент, когда средняя температура поверхности нагрева печи опустится до $t_{кон} = t_e + 10^\circ$.

§ 26. Расчет печного отопления при установке печей средней теплоемкости

В этом вопросе также существуют различные методы.

За расчетную температуру t_n ОСТ 7805 и Протопопов предлагают принимать среднюю температуру наиболее холодного месяца ($t_{ср.х}$).

Проф. Чаплин предлагает определять t_n из соотношения:

$$y(t_e - t_n) = (t_e - t_{u.o}),$$

где y есть коэффициент увеличения теплоотдачи печи при переходе к двум топкам.

Для печей большой теплоемкости Чаплин принимает $y = 1,5$ и, следовательно:

$$t_n = t_e - \frac{t_e - t_{u.o}}{1,5},$$

что очень близко к $t_{ср.х}$.

Для печей средней теплоемкости Чаплин принимает $y = 1,82$ и

$$t_n = t_e - \frac{t_e - t_{u.o}}{1,82}.$$

Далее, при t_n Протопопов и ОСТ 7805 предлагают печи большой теплоемкости рассчитывать на одну топку, а печи средней теплоемкости — на две топки в сутки. Проф. Чаплин предлагает все печи, как большой, так и средней теплоемкости рассчитывать на одну топку в сутки. Мы лично солидаризируемся с проф. Чаплиным и не согласны с предложением Протопопова и ОСТ 7805.

В самом деле, если печи средней теплоемкости уже при t_n рассчитывать на две топки в сутки, то сколько же раз придется топить эти печи при более низких температурах, например, при $t_{u.o}$. Протопопов, а также ОСТ 7805 никаких ответов на этот вопрос не дают и обходят его молчанием. Повидимому, печи средней теплоемкости при $t_{u.o}$ пришлось бы топить до четырех раз.

Увеличение количества топок выше двух с точки зрения элементарных житейских удобств безусловно недопустимо. В самом деле, в этом случае пришлось бы топить печь даже ночью.

На «удлинение» процесса топки, о котором говорит, например, проф. Аше (курс «Отопление», изд. 1934 г.), можно рассчитывать только при топке минеральным топливом. При топке же дровами в печах с простыми топливниками замедлять процесс горения можно только в небольших пределах, практически не играющих роли. Удлинять же процесс горения за счет увеличения порции сжигаемого топлива («форсировать» топку) недопустимо. Дело в том, что при испытании печи в лаборатории топка ее производится максимально допустимой порцией топлива, при которой температуры на поверхности достигают предельного по санитарным условиям максимума. Дальнейшая «форсировка» топки вызовет прежде всего повышение температуры на печи за пределы санитарной нормы.

Поскольку такой метод считается недопустимым, например, в центральном водяном отоплении, нет основания допускать его и в отоплении печном.

Допускается форсировка работы генераторов тепла (котлов), но не нагревательных приборов, температура которых достигает предельного по санитарным условиям максимума только при $t_{u.o}$.

Во-вторых, и это, пожалуй, является главным, форсировка топки печи угрожает ее целостости, особенно это относится к толсто-стенным печам в штукатурке, а отчасти и к печам в изразцах. Практика испытания этих печей в лаборатории показывает, что предельно допустимый прогрев этих печей по условиям сохранения самой печи от растрескивания и разрушения уже близок к предельно допустимому прогреву по условиям санитарным.

На этом основании мы и считаем метод, рекомендуемый инж. Протопоповым и ОСТ 7805, неправильным и считаем, как и проф. Чаплин, что при t_n следует принимать как для печи большой теплоемкости, так и для печи средней теплоемкости одну топку в сутки.

Мы предлагаем, как это было изложено выше, делать расчет теплопотерь при $t_{u.o}$ и подбирать печи по их тепловой мощности при двух топках в сутки. Подобранные по такому способу печи обеспечат отопление помещения при одной топке в сутки при t_n , определяемой из уравнения $y(t_e - t_n) = (t_e - t_{u.o})$, т. е. получаем такую же формулу, как и по методу Чаплина, только исходной данной по Чаплину является теплоотдача печи при одной топке в сутки ($W_{ср}$) и расчетная температура t_n , а по нашему методу теплоотдача при двух топках ($W_{ср}^{II}$) и расчетная температура $t_{u.o}$.

§ 27. Условия применения печей большой и средней теплоемкости

Обратимся теперь к последнему вопросу, связанному с расчетом печного отопления, а именно: в каких случаях рекомендовать применение печей большой теплоемкости и в каких случаях средней теплоемкости.

По всем вышеуказанным авторитетным источникам (Протопопов, ОСТ 7805, Чаплин) рекомендуется устанавливать печи большой теплоемкости в помещениях с постоянным пребыванием людей (которые нами названы «помещения I рода»), а печи средней теплоемкости — в помещениях с временным пребыванием людей (помещения II рода). Так, например, Протопопов указывает:

а) Печи большой теплоемкости применяются в тех случаях, когда требуется иметь в помещениях по возможности ровную температуру в течение суток.

б) Печи средней теплоемкости желательно применять в помещениях с временным пребыванием людей.

В ОСТ 7805 делаются следующие указания: «В зависимости от назначения здания, конструкции его ограждений, климатических условий местности, применяется соответствующий по теплоемкости тип печи:

а) Для жилых и общественных зданий, у которых коэффициент теплоустойчивости ограждающих конструкций соответствует ОСТ 7038, ВСКХ $\frac{7}{8}$ следует применять печи большой теплоемкости.

Примечание. Во вспомогательных помещениях (ванные, уборные и пр.) могут быть установлены печи средней теплоемкости.

а) В зданиях с пониженным коэффициентом теплоустойчивости ограждающих конструкций, где требуется поддерживать постоянную

нормальную температуру (временные жилые постройки, коммунальные здания и пр.), применять печи большой теплоемкости.

В этих случаях рекомендуется принимать особые меры для равномерной теплоотдачи печи, как, например, применять камеры, производить длительную топку при антраците и коксе.

в) В помещениях с временным периодическим пребыванием людей (зрительные залы, фойэ, вестибюли и пр.) следует применять печи средней теплоемкости и даже малой. Последние преимущественно при медленно сгорающем топливе (кокс, уголь и антрацит).

г) В помещениях, где поддержание нормальной температуры не требуется в течение круглых суток (школы—только днем, спальни общежития—только вечером), могут быть применены печи средней теплоемкости.

д) В местностях с переменчивым климатом (приморские районы) и в южных районах СССР (где температура января не ниже -6°) следует применять преимущественно для условий п. «а» этого раздела печи с тонкими стенками в полкирпича...

В принципе мы не возражаем против этих установок, но они весьма неточны и не отвечают на сегодня в полной мере задачам проектирования печного отопления.

В наших задачах № 2, 9 и 12 были применены печи большой теплоемкости, однако, результаты работы этих печей оказываются неудовлетворительными, так как получили $A_t > 3^{\circ}$.

Следовательно, изложенное в ОСТ 7805 правило о применении для отопления жилых помещений печей большой теплоемкости само по себе недостаточно, чтобы во всех случаях гарантировать хорошую работу печного отопления. Это первое.

Второе, на что мы хотим обратить особое внимание, это—полная несостоятельность запрещения применения печей средней теплоемкости для отопления помещений с постоянным пребыванием людей (помещения жилые и пр.)¹.

Это имеет большое практическое значение для проектирования отопления небольших жилых комнат в квартирных домах. Такие комнаты очень часто (задачи № 1, 3) имеют очень небольшую теплоотдачу, для возмещения которой подобрать соответствующую по мощности печь большой теплоемкости обычно бывает невозможно, даже если ставить общую печь на две комнаты (см. задачу № 6).

Если строго выполнять предложения ОСТ 7805, который заставляет ставить в такого рода помещениях обязательно печи большой теплоемкости, то повсюду пришлось бы без всякой нужды устанавливать излишне громоздкие печи с завышенной теплоотдачей.

Расчет и практика печного отопления показывают, что маленькие жилые комнаты в каменных двух- и трехэтажных домах почти во всех случаях могут вполне успешно отапливаться печами средней теплоемкости без всякой проверки величины A_t .

¹ Помимо указанных выше источников см. по этому поводу также статью инж. Коробанова Л. А. и Мединского Н. В. в журнале «Военно-строительный сборник» № 3 за 1940 г., где требование о недопустимости установки печей средней теплоемкости в жилых помещениях высказано особенно резко.

При установке печей в жилых комнатах одноэтажных каменных домов, в особенности в угловых помещениях, требуется эту проверку производить всегда даже и при установке в них печей большой теплоемкости.

Таким образом мы приходим к следующему заключению:

1. Общее правило о желательности устанавливать в помещениях с постоянным пребыванием людей печи большой теплоемкости считать в принципе правильным.

2. Мнение о том, что для отопления жилых помещений печи средней теплоемкости непригодны, совершенно не обосновано и неверно.

Всякие правила и нормы, запрещающие установку печей средней теплоемкости в жилых помещениях, следует считать вредными, поскольку в огромном числе случаев этим самым заставляют проектировщика совершенно напрасно устанавливать излишне громоздкие, дорогие и занимающие много места печи большой теплоемкости.

3. Само деление печей периодического действия на печи большой и средней теплоемкости является бесполезным и ненужным, так как не может быть конкретно использовано для теплотехнических расчетов по определению A_t .

4. В силу большого колебания коэффициента неравномерности теплоотдачи у различных печей (m), с одной стороны, и большого разнообразия коэффициента тепловой инерции (ψ) различных помещений, с другой стороны, единственным надежным способом проверки правильности выбора печи является проверка A_t , исходя из коэффициента m для данной печи, что можно сделать, например, по разработанным нами простейшим методам.

Рассмотрим теперь отопление помещений II рода.

В целях экономии топлива желательно иметь $A_t = 6^{\circ}$. Возможно ли практически во всех случаях подобрать такие печи, которые могли бы обеспечить получение такой величины A_t ?

Указания по этому поводу дает нам решение задач № 13—21.

В качестве расчетной температуры наружного воздуха мы выбрали t , определяемую из уравнения:

$$t_e - t_n = \frac{2}{3} (t_e - t_{n.0}),$$

так как

$$Q_{cp} = \frac{Q_{y.o}}{1,5}.$$

В табл. 5 в последнем столбце выписаны потребные значения коэффициента m , необходимые для того, чтобы обеспечить получение $A_t = 6^{\circ}$.

Как видно, m колеблется в весьма широких пределах, от $m = 0,69$ (задача № 19) до $m = 3,22$ (задача № 13).

Это первое, что мы должны отметить.

Далее, в пяти случаях из девяти величина m превышает 1,4, каковое значение соответствует печи самых малых размеров и самой малой теплоемкости из всех печей, которые когда-либо оуб-

ликовывались в типовых альбомах печей. Практически из кирпича мы не можем сконструировать печи с большим значением m .

Таким образом при условии пользования нашими обычными кирпичными печами в пяти случаях из девяти мы никак не сможем получить $A_1 = 6^\circ$.

Из оставшихся четырех случаев мы должны исключить задачу № 14, где взято помещение с исключительно легкими ограждениями, едва ли могущими иметь практическое применение.

Исключительный характер имеет также помещение, рассмотренное в задаче № 19.

Таким образом только в одном случае (задача № 18) мы практически можем выполнить условие $A_1 = 6^\circ$ и получить значительную экономию топлива. В остальных случаях, например в задачах № 20 и 21 (школьные помещения), даже при установке самых маленьких печей ОС-1 из альбома Главвоенстроя 1941 г. получится $A_1 = 3,9 - 4,6^\circ$.

Отсюда необходимо сделать следующие два вывода:

1. Помещение II рода желательно устраивать с легкими конструкциями наружных и внутренних ограждений, с номинальными значениями коэффициента тепловосприятия, чтобы уменьшить коэффициент тепловой инерции помещений.

2. Необходимо поставить вопрос о создании новых типов печей для отопления помещений II рода, с большими коэффициентами неравномерности m .

Но, как можно видеть из тепловых характеристик печей, с увеличением m уменьшается среднесуточная теплоотдача печи.

Эффективность теплоотдачи будет сильно падать и вследствие этого конструкции печей получатся нерациональными.

Выходом из положения будет отказ для помещений II рода от санитарной нормы прогрева наружной поверхности печи (80°) и допущение более высоких температур порядка $150 - 160^\circ$, т. е. температур, соответствующих, например, центральному паровому отоплению высокого давления. Для таких печей возможно получить $m = 1,5 - 2,0$ при высокой эффективности теплоотдачи.

Пояснения к приложению 1 основных характеристик рекомендуемых печей

В первом столбце указан порядковый номер печи с индексом ОС (опытная станция).

Во втором столбце — облицовка печи.

В третьем — номера стенок печи.

В четвертом и пятом — указана среднечасовая теплоотдача печи W_{cp} и W_{cp}^{II} по отдельным стенкам и суммарная. Там же внизу указаны коэффициенты полезного действия k и срок остывания печи n в часах.

В шестом столбце представлен эскиз печи в плане с указанием размеров печи и места расположения топочной дверки и дымохода. Кроме того, там же указаны высота печи H и высота h расположения патрубка, отводящего дым от печи в коренную трубу, над уровнем пола помещения. Все размеры в см. Там же указан вес печи в кг (без трубы).

ПРИЛОЖЕНИЕ 1 ОСНОВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ РЕКОМЕНДУЕМЫХ ПЕЧЕЙ, ИСПЫТАННЫХ В ЛАБОРАТОРИИ ГЛАВВОЕНПРОМСТРОЯ

№ печи	Облицовка	№ стенок	Теплоотдача в ккал/час		Эскиз печи
			при одной топке в сутки	при двух топках в сутки	
ОС-1	Железный футляр	I	125	240	
		II	125	240	
		III	125	240	
		IV	125	240	
			500 $k = 0,80$	960 $k = 0,78$	$n = 14$ час. $H = 180$ см $h = 98$ "
ОС-2	Железный футляр	I	155	300	
		II	155	300	
		III	155	300	
		IV	155	300	
			620 $k = 0,84$	1 200 $k = 0,80$	$n = 15$ час. $H = 205$ см $h = 112$ "
ОС-3	Железный футляр	I	580	900	
		II	520	850	
		III	—	—	
		IV	—	—	
			1 100 $k = 0,79$	1 750 $k = 0,74$	$n = 22$ час. $H = 252$ см $h = 127$ "
ОС-4	Железный футляр	I	250	450	
		II	250	450	
		III	250	450	
		IV	250	450	
			1 000 $k = 0,83$	1 800 $k = 0,81$	$n = 19$ час. $H = 244$ см $h = 133$ "
					Вес = 1 950 кг

№ печи	Облицовка	№ стенок	Теплоотдача в ккал/час		Эскиз печи
			при одной топке в сутки	при двух топках в сутки	
ОС-5	Штукатурка	I	240	440	
		II III IV	240 250 240	440 500 440	
			970	1 820	
			$k = 0,83$	—	
			$n = 19$ час. $H = 231$ см Вес = 1 400 кг		
ОС-6	Штукатурка	I	250	500	
		II III IV	240 240 240	440 440 440	
			970	1 820	
			$k = 0,83$	$k = 0,80$	
			$n = 19$ час. $H = 231$ см Вес = 1 400 кг		
ОС-7	Железный футляр	I	200	325	
		II III IV	415 200 415	675 325 675	
			1 230	2 000	
			$k = 0,84$	—	
			$n = 20$ час. $H = 252$ см $h = 120$ » Вес = 1 700 кг		
ОС-8	Штукатурка	I	215	315	
		II III IV	450 215 450	655 315 655	
			1 330	1 900	
			$k = 0,82$	—	
			$n = 22$ час. $H = 252$ см Вес = 1 600 кг		

№ печи	Облицовка	№ стенок	Теплоотдача в ккал/час		Эскиз печи
			при одной топке в сутки	при двух топках в сутки	
ОС-9	Штукатурка	I	215	315	
		II III IV	450 215 450	655 315 655	
			1 330	1 940	
			$k = 0,82$	$k = 0,81$	
			$n = 22$ час. $H = 252$ см Вес = 1 600 кг		
ОС-10	Штукатурка	I	400	690	
		II III IV	320 380 300	120 670 520	
			1 400	2 400	
			$k = 0,81$	—	
			$n = 29$ час. $H = 252$ см Вес = 1 750 кг		
ОС-11	Штукатурка	I	410	670	
		II III IV	320 410 310	520 690 520	
			1 450	2 400	
			$k = 0,80$	$k = 0,84$	
			$n = 27$ час. $H = 252$ см Вес = 1 750 кг		
ОС-12	Штукатурка	I	230	370	
		II III IV	590 210 590	960 350 960	
			1 620	2 640	
			$k = 0,90$	—	
			$n = 23$ час. $H = 252$ см Вес = 2 020 кг		

№ печи	Облицовка	№ стенок	Теплоотдача в ккал/час		Эскиз печи
			при одной топке в сутки	при двух топках в сутки	
ОС-13	Штукатурка	I	180	280	
		II	690	1 100	
		III	180	280	
		IV	690	1 100	
			1 740	2 750	
			$k = 0,86$	—	
			$n = 26$ час. $H = 252$ см Вес = 2 500 кг		
ОС-14	Железный футляр	I	490	790	
		II	440	730	
		III	380	580	
		IV	440	730	
			1 750	2 830	
			$k = 0,86$	$k = 0,85$	
			$n = 26$ час. $H = 252$ см Вес = 2 860 кг		
ОС-15	Штукатурка	I	600	900	
		II	600	900	
		III	600	900	
		IV	600	900	
			2 400	3 600	
			$k = 0,80$	—	
			$n = 35$ час. $H = 252$ см Вес = 2 870 кг		
ОС-16	Железный футляр	I	380	580	
		II	440	730	
		III	490	790	
		IV	440	730	
			1 750	2 830	
			$k = 0,85$	—	
			$n = 25$ час. $H = 252$ см Вес = 2 850 кг		

№ печи	Облицовка	№ стенок	Теплоотдача в ккал/час		Эскиз печи
			при одной топке в сутки	при двух топках в сутки	
ОС-17	Железный футляр	I	1 060	1 700	
		II	1 010	1 820	
		III	—	—	
		IV	—	—	
			2 070	3 320	
			$k = 0,79$	—	
			$n = 28$ час. $H = 252$ см $h = 14$ » Вес = 2 380 кг		
ОС-18	Железный футляр	I	440	710	
		II	490	790	
		III	440	710	
		IV	490	790	
			1 860	3 000	
			$k = 0,88$	—	
			$n = 24$ часа $H = 252$ см $h = 14$ » Вес = 2 510 кг		
ОС-19	Штукатурка	I	800	1 210	
		II	100	1 000	
		III	700	970	
		IV	700	1 000	
			2 900	4 180	
			$k = 0,84$	$k = 0,81$	
			$n = 32$ часа $H = 252$ см Вес = 2 730 кг		
ОС-20	Израицы	I	325	510	
		II	600	940	
		III	325	510	
		IV	600	940	
			1 850	2 900	
			$k = 0,79$	—	
			$n = 30$ час. $H = 252$ см $h = 112$ » Вес = 2 250 кг		

№ печи	Облицовка	№ стенок	Теплоотдача в ккал/час		Эскиз печи
			при одной топке в сутки	при двух топках в сутки	
ОС-21	Штукатурка	I	320	180	
		II	640	960	
		III	400	900	
		IV	640	960	
			2 000	3 000	
			$k = 0,80$	—	
			$n = 32$ часа $H = 260$ см Вес = 2 620 кг		
ОС-22	Штукатурка	I	400	600	
		II	640	960	
		III	320	480	
		IV	640	960	
			2 000	3 000	
			$k = 0,80$	—	
			$n = 32$ часа $H = 260$ см Вес = 2 620 кг		
ОС-23	Штукатурка	1-й этаж			
		I	630		1 000
		II	700	1 050	
		III	750	1 100	
		IV	700	1 050	
			2 780	4 200	
			$k = 0,87$	$k = 0,81$	
			$n = 23$ час. $H = 252$ см Вес = 2 470 кг		
		2-й этаж			
		I	580	870	
		II	710	1 070	
		III	680	1 030	
		IV	680	1 030	
			2 650	4 000	
			$k = 0,84$	—	
			$n = 38$ час. $H = 590$ см Вес = 8 400 кг		

№ печи	Облицовка	№ стенок	Теплоотдача в ккал/час		Эскиз печи
			при одной топке в сутки	при двух топках в сутки	
ОС-24	Штукатурка	I	630	1 000	
		II	700	1 050	
		III	750	1 100	
		IV	700	1 050	
			2 780	4 200	
			$k = 0,87$	$k = 0,81$	
			$n = 38$ час. $H = 252$ см Вес = 3 560 кг		
ОС-25	Штукатурка	I	750	1 400	
		II	700	1 050	
		III	630	1 000	
		IV	700	1 050	
			2 780	4 200	
			$k = 0,87$	$k = 0,81$	
			$n = 38$ час. $H = 252$ см Вес = 3 560 кг		
ОС-26	Штукатурка	I	300	490	
		II	930	1 520	
		III	170	470	
		IV	930	1 520	
			2 330	3 800	
			$k = 0,82$	—	
			$n = 23$ час. $H = 252$ см Вес = 2 470 кг		
ОС-27	Израцы	I	700	1 040	
		II	775	1 160	
		III	900	1 340	
		IV	775	1 160	
			3 150	4 700	
			$k = 0,83$	$k = 0,78$	
			$n = 42$ час. $H = 252$ см Вес = 3 500 кг		

№ печи	Облицовка	№ стенок	Теплоотдача в ккал/час		Эскиз печи
			при одной топке в сутки	при двух топках в сутки	
ОС-28	Железный футляр	I II III IV	430	680	
			825	1 250	
			520	820	
			825	1 250	
			2 600	4 000	
			$k = 0,91$	—	
			$n = 30$ час. $H = 252$ см Вес = 3 780 кг		
ОС-29	Железный футляр	I II III IV	540	820	
			800	1 250	
			460	680	
			800	1 250	
			2 600	4 000	
			$k = 0,91$	—	
			$n = 32$ часа $H = 252$ см Вес = 4 350 кг		
ОС-30	Штукатурка	I II III IV V	570	850	
			320	485	
			720	1 070	
			780	1 160	
			360	535	
			2 750	4 100	
			$k = 0,85$	$k = 0,79$	
			$n = 36$ час. $H = 252$ см Вес = 3 250 кг		
ОС-31	Штукатурка	I II III IV	330	490	
			1 060	1 570	
			350	520	
			1 060	1 570	
			2 800	4 150	
			$k = 0,85$	—	
			$n = 37$ час. $H = 252$ см Вес = 3 800 кг		

№ печи	Облицовка	№ стенок	Теплоотдача в ккал/час		Эскиз печи
			при одной топке в сутки	при двух топках в сутки	
ОС-32	Штукатурка	I II III IV	730	1 075	
			720	1 075	
			710	1 075	
			720	1 075	
			2 880	4 300	
			$k = 0,87$	$k = 0,81$	
			$n = 37$ час. $H = 252$ см Вес = 3 350 кг		
ОС-33	Штукатурка	I II III IV V	800	1 210	
			250	370	
			780	1 160	
			850	1 270	
			340	490	
			3 020	4 500	
			$k = 0,87$	—	
			$n = 40$ час. $H = 252$ см Вес = 4 020 кг		
ОС-34	Израацы	I II III IV V	320	1 220	
			360	530	
			780	1 160	
			740	1 100	
			350	520	
			3 050	4 530	
			$k = 0,84$	—	
			$n = 38$ час. $H = 252$ см Вес = 3 200 кг		
ОС-35	Израацы	I II III IV	810	1 200	
			810	1 200	
			810	1 200	
			810	1 200	
			3 240	4 800	
			$k = 0,85$	—	
			$n = 35$ час. $H = 252$ см $h = 14$ » Вес = 3 200 кг		

№ печи	Облицовка	№ стенок	Теплоотдача в ккал/час		Эскиз печи
			при одной топке в сутки	при двух топках в сутки	
ОС-36	Израацы	I	900	1340	
		II	775	1160	
		III	700	1040	
		IV	775	1160	
			3150 $k = 0,89$	4700 $k = 0,78$	
			$n = 40$ час. $H = 252$ см Вес = 3500 кг		

№ печи	Облицовка	№ стенок	Теплоотдача в ккал/час		Эскиз печи
			при одной топке в сутки	при двух топках в сутки	
ОС-37	Железный футляр	I	590	790	
		II	810	1210	
		III	510	850	
		IV	810	1210	
			2720 $k = 0,86$	4060 $k = 0,85$	
			$n = 32$ часа $H = 266$ см $h = 14$ » Вес = 5300 кг		

№ печи	Облицовка	№ стенок	Теплоотдача в ккал/час		Эскиз печи
			при одной топке в сутки	при двух топках в сутки	
ОС-38	Израацы	I	1000	1475	
		II	260	380	
		III	970	1425	
		IV	1030	1520	
		V	340	500	
			3600 $k = 0,88$	5300	
			$n = 38$ час. $H = 252$ см Вес = 4050 кг		

№ печи	Облицовка	№ стенок	Теплоотдача в ккал/час		Эскиз печи
			при одной топке в сутки	при двух топках в сутки	
ОС-39	Штукатурка	I	350	490	
		II	1500	2220	
		III	380	570	
		IV	1500	2220	
			3730 $k = 0,84$	5500 $k = 0,82$	
			$n = 34$ часа $H = 252$ см Вес = 4900 кг		

№ печи	Облицовка	№ стенок	Теплоотдача в ккал/час		Эскиз печи
			при одной топке в сутки	при двух топках в сутки	
ОС-40	Израацы	I	880	1270	
		II	1280	1850	
		III	710	1030	
		IV	1280	1850	
			4150 $k = 0,88$	6000	
			$n = 47$ час. $H = 252$ см Вес = 5100 кг		

№ печи	Облицовка	№ стенок	Теплоотдача в ккал/час		Эскиз печи
			при одной топке в сутки	при двух топках в сутки	
ОС-41	Штукатурка	I	680	980	
		II	1350	1940	
		III	800	1140	
		IV	1350	1940	
			4180 $k = 0,86$	6000	
			$n = 48$ час. $H = 252$ см Вес = 4840 кг		

№ печи	Облицовка	№ стенок	Теплоотдача в ккал/час		Эскиз печи
			при одной топке в сутки	при двух топках в сутки	
ОС-42	Штукатурка	I	880	1240	
		II	1330	1880	
		III	710	1000	
		IV	1330	1880	
			4250 $k = 0,87$	6000	
			$n = 46$ час. $H = 252$ см Вес = 4900 кг		

№ печи	Облицовка	№ стенок	Теплоотдача в ккал/час		Эскиз печи
			при одной топке в сутки	при двух топках в сутки	
ОС-43	Штукатурка	I	850	1190	
		II	1275	1830	
		III	850	1190	
		IV	1275	1830	
			4250 $k = 0,87$	6040 $k = 0,84$	
			$n = 46$ час. $H = 252$ см $h = 14$ » Вес = 4850 кг		

№ печи	Облицовка	№ стенок	Теплоотдача в ккал/час		Эскиз печи
			при одной топке в сутки	при двух топках в сутки	
ОС-44	Израцы	I	810	1 150	
		II	1 330	1 900	
		III	810	1 150	
		IV	1 330	1 900	
			4 280	6 100	
			$k = 0,90$	—	
			$n = 48$ час. $H = 252$ см $h = 14$ » Вес = 4 850 кг		
ОС-45	Израцы	I	940	1 370	
		II	1 260	1 820	
		III	940	1 370	
		IV	1 260	1 840	
			4 400	6 400	
			$k = 0,90$	—	
			$n = 48$ час. $H = 266$ см $h = 14$ » Вес = 6 500 кг		
ОС-46	Израцы	I	720	1 020	
		II	1 370	1 945	
		III	840	1 190	
		IV	1 370	1 945	
			4 300	6 100	
			$k = 0,87$	—	
			$n = 47$ час. $H = 252$ см Вес = 5 100 кг		
ОС-47	Железный футляр	I	210	320	
		II	1 970	2 760	
		III	650	900	
		IV	1 970	2 760	
			4 800	6 750	
			$k = 0,84$	—	
			$n = 44$ часа $H = 242$ см Вес = 6 300 кг		

№ печи	Облицовка	№ стенок	Теплоотдача в ккал/час		Эскиз печи
			при одной топке в сутки	при двух топках в сутки	
ОС-48	Штукатурка		1 200	1 900	
			$k = 0,81$	—	
			$n = 22$ часа $H = 252$ см Вес = 1 700 кг		
ОС-49	Штукатурка	I	1 000	1 600	
		II	320	510	
		III	400	640	
		IV	280	450	
			2 000	3 200	
			$k = 0,87$	—	
			$n = 23$ часа $H = 238$ см Вес = 2 300 кг		

К приложению 1

Коэффициент неравномерности теплоотдачи печей (при одной топке в сутки)

№ печи	m	№ печи	m	№ печи	m	№ печи	m
ОС-1	1,40	ОС-13	0,65	ОС-25	0,40	ОС-37	0,70
ОС-2	1,40	ОС-14	0,95	ОС-26	0,80	ОС-38	0,40
ОС-3	0,95	ОС-15	0,40	ОС-27	0,45	ОС-39	0,45
ОС-4	1,20	ОС-16	0,90	ОС-28	0,70	ОС-40	0,40
ОС-5	1,05	ОС-17	0,65	ОС-29	0,80	ОС-41	0,36
ОС-6	1,05	ОС-18	0,90	ОС-30	0,45	ОС-42	0,40
ОС-7	1,05	ОС-19	0,40	ОС-31	0,50	ОС-43	0,40
ОС-8	0,94	ОС-20	0,55	ОС-32	0,45	ОС-44	0,45
ОС-9	0,94	ОС-21	0,50	ОС-33	0,45	ОС-45	0,40
ОС-10	0,70	ОС-22	0,50	ОС-34	0,50	ОС-46	0,40
ОС-11	0,70	ОС-23	0,40	ОС-35	0,45	ОС-47	0,45
ОС-12	0,80	ОС-24	0,40	ОС-36	0,40		

ПРИНЯТЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ

t_a	— температура помещения.
t_n	— температура наружного воздуха.
$t_{ср.г.}$	— средняя наружная температура наиболее холодного месяца.
$t_{абс.м}$	— абсолютно-минимальная наружная температура.
$t_{ц.о.}$	— расчетная наружная температура для проектирования центрального отопления.
$t_{кон}$	— средняя температура поверхности нагрева печи в конце теплового цикла.
$t_{ср.о.п.}$	— средняя наружная температура за отопительный период.
t_a	— температура внутренней поверхности ограждения.
K	— коэффициент всеобщей теплопередачи конструкции.
ξ и k	— к. п. д. печи.
S_a	— коэффициент теплоусвоения внутренней поверхности ограждения в $\text{ккал/м}^2 \text{ час}$.
ψ	— коэффициент тепловой инерции помещения.
c	— теплоемкость материала в ккал/кг град .
a	— коэффициент теплоотдачи от воздуха на поверхность или обратно в $\text{ккал/м}^2 \text{ час град}$.
y	— коэффициент увеличения теплоотдачи печи при переходе от одной топки к двум топкам в сутки.
m	— коэффициент неравномерности теплоотдачи печи при одной топке в сутки.
m^{II}	— то же при двух топках в сутки.
g	— вес активной кладки печи в кг.
$Q_{н.р.}^p$	— низшая теплотворная способность рабочего топлива.
$N_{о.п.}$	— количество дней всего отопительного периода.
$N'_{о.п.}$	— количество дней части отопительного периода, когда отопление помещения обеспечивается при одной топке в сутки.
h	— активная высота печи в м.
n	— период теплоотдачи печи или условный «срок остывания печи» в часах.
F	— расчетная поверхность наружного ограждения при вычислении теплопотерь в м^2 .
F^o	— площадь внутренней поверхности ограждения м^2 .
f	— поверхность нагрева печи м^2 .
V	— объем активной кладки печи м^3 .
N	— количество кирпичей в активной кладке печи.
z	— количество топок в сутки.
$W_{ср}$	— среднечасовая теплоотдача печи в ккал/час при одной топке в сутки.
$W_{п.т}$	— среднечасовая теплоотдача печи за период теплоотдачи в ккал/час .
$W_{ср.с}$	— среднечасовая теплоотдача печи за сутки при одной топке в сутки в ккал/час .
$W_{ср.с}^{II}$	— среднечасовая теплоотдача печи за сутки при двух топках в сутки в ккал/час .
$q_{ср}$	— количество тепла (среднее по времени), которое передается от воздуха на 1 м^2 стенки в 1 час в ккал/час м^2 .
$Q_{ср}$	— средняя величина теплового потока при наружной температуре, равной t_n в ккал/час .
$Q_{ц.о.}$	— теплопотери помещения при наружной температуре, равной $t_{ц.о.}$.
w	— аккумуляция тепла печью в ккал .
A_t	— амплитуда колебания температуры помещения.
A_q	— амплитуда колебания теплового потока в ккал/час м^2 .
AQ	— амплитуда колебания теплового потока по отношению ко всему помещению в ккал/час .

ОГЛАВЛЕНИЕ

редисловие	Стр. 1
I. Теплоотдача отопительных печей	
1. Пестрота данных по теплоотдаче печей	2
2. Определение теплоотдачи печи $W_{ср}$ как «среднечас. за период теплоотдачи» ($W_{а.т}$)	—
3. Определение теплоотдачи печи $W_{ср}$ как «среднечас. за сутки» ($W_{ср.с}$)	8
4. Выбор тепловых характеристик	11
5. Основы методики испытания печей	15
Анализ технологических характеристик печей периодического действия	
6. Предварительные замечания	16
7. Зависимость среднечасовой теплоотдачи печи от срока остывания n	17
8. Зависимость коэффициента неравномерности теплоотдачи m от срока остывания n , числа кирпичей, содержащихся в активной кладке печи N , и от объема активной кладки $V \text{ м}^3$	—
9. Теплоотдача печи на единицу объема активной кладки	20
0. Теплоотдача печи на единицу веса активной кладки	21
1. Определение коэффициента $y = \frac{W_{ср}^{II}}{W_{ср}}$	23
2. Зависимость теплоотдачи печи $\frac{W_{ср}}{f}$ от коэффициента m	25
3. Выводы	—
III. Расчет печного отопления	
1. Зависимость между амплитудой колеб. температуры воздуха и амплитудой колеб. теплопоглощения омываемой воздухом поверхности	26
5. Коэффициент тепловой инерции помещения	30
6. Зависимость между коэффициентом неравномерности теплоотдачи нагревательного прибора m и коэффициентом неравномерности теплопоглощения внутренних поверхностей помещения m_0	31
7. Температурный режим помещений	33
8. Величина возможной выномина топлива при отоплении помещения II рода	35
IV. Предпосылки для расчета печного отопления	
9. Выбор расчетной температуры	39
0. Оптимальное число топок печи в сутки	40
1. Расчет печей по $W_{ср}^{II} = Q_{ц.о.}$	42
V. Примеры расчета печного отопления	
2. Данные для расчета	43
3. Задачи для помещений I рода	45
4. Задачи для помещений II рода	56
VI. О теплоемкости печей	
5. Деление печей по теплоемкости	59
6. Расчет печного отопления при установке печей средней теплоемкости	61
7. Условия применения печей большой и средней теплоемкости	63
и л о ж е н и я. 1. Основные характеристики печей	67
2. Принятые обозначения	80