

Л. А. СЕМЕНОВ
доктор технических наук

ТЕПЛОУСТОЙЧИВОСТЬ И ПЕЧНОЕ ОТОПЛЕНИЕ ЖИЛЫХ И ОБЩЕСТВЕННЫХ ЗДАНИЙ

17405

ИЗДАТЕЛЬСТВО
231079
11/11/50

ИЗДАТЕЛЬСТВО
МИНИСТЕРСТВА СТРОИТЕЛЬСТВА
ПРЕДПРИЯТИЙ МАШИНОСТРОЕНИЯ
Москва — 1950

В книге освещены основные вопросы, касающиеся теплового режима помещений при периодическом отоплении.

Установлена зависимость теплоустойчивости помещения от строительных его особенностей (планировки, конструкций ограждений и пр.).

Даны теоретические обоснования для применения отопительных печей облегченных индустриальных конструкций.

Разобраны вопросы прогрева и теплоотдачи печей и установлены основные нормы для расчета печей с повышенным прогревом поверхности.

Приведены конструкции современных печных устройств и даны практические указания по проектированию печного отопления на основе новых норм.

Книга предназначена для инженеров и техников-строителей, архитекторов и специалистов по отоплению.

ПРЕДИСЛОВИЕ

Занимаясь изучением теплового режима жилых помещений, автор пришел к убеждению, что правильное проектирование печного отопления периодического действия возможно только при условии, если печь рассматривается не отдельно взятая сама по себе, а во взаимодействии с самим отапливаемым помещением.

Идя по этому пути, автором было определено, что теплоустойчивость помещения зависит с одной стороны от «коэффициента неравномерности теплоотдачи» печи, с другой стороны от «коэффициента тепловой инерции» самого помещения.

Определение и анализ этих коэффициентов, установление связи между ними дают конкретные указания по проектированию и отопительной печи и самого жилого дома (планировка помещений, конструкции ограждений).

Следуя этим указаниям, оказывается возможным заменять наши обычные тяжелые массивные печи печами, в 2—3 раза более легкими с повышенным прогревом стенок.

Это обстоятельство коренным образом облегчает внедрение в массовое жилищное строительство индустриальных типов печей заводского изготовления, что должно повести к удешевлению печей и, главное, к значительному улучшению работы печного отопления и большой экономии в топливе.

При повсеместном распространении печного отопления, особенно в условиях наших длительных и суровых зим, это имеет, конечно, огромное значение.

Разработка индустриальных конструкций печей повышенного прогрева является принципиально новой задачей, которая сейчас поставлена перед советскими специалистами в области печного отопления.

В данной книге приведены проекты печей этого класса, разработанные за последние 2—3 года и рекомендуемые для массового применения.

Опытные работы по печному отоплению, послужившие автору основой для составления данного труда, проведены были им за период 1938—1948 гг. в лаборатории отопления и вентиляции Научно-исследовательского института по строительству Минмашстроя.

Практический метод расчета теплоустойчивости помещений, рекомендованный автором, основан на использовании научных работ в этой области проф. О. Е. Власова [1]¹.

Для производства теоретических исследований по тепловому режиму помещений использован «символический» метод расчета, детально разработанный кандидатом техн. наук А. М. Шкловером [2], исключительно удобный для этих целей.

В опытных работах 1944—1946 гг. большая помощь, обеспечивавшая постановку опытов с тонкостенными печами, была оказана автору со стороны Главного управления строительной техники Комитета по делам архитектуры при Совете министров СССР. По инициативе начальника санитарно-технического отдела Главного управления канд. техн. наук А. В. Хлудова инженером А. Л. Великовым (Академия коммунального хозяйства) были проведены опыты по проверке теории автора в практических условиях эксплуатации печного отопления.

В проведении опытов принимали непосредственное участие также инж. Н. А. Меринов, кандидат техн. наук Н. Н. Репин, кандидат техн. наук А. С. Бернштейн, инженер И. С. Майоров, мастер-конструктор С. М. Иванов, инж. В. И. Пидорченко и техник П. Н. Коновалов.

Консультации по отдельным вопросам были любезно оказаны автору со стороны: доктора технических наук проф. О. Е. Власова, профессора В. Д. Мачинского, профессора Л. К. Хозянова, кандидата технич. наук К. Ф. Фокина, кандидата технич. наук А. М. Шкловера.

Всем упомянутым лицам автор выражает свою искреннюю благодарность.

ГЛАВА ПЕРВАЯ

ОБЩИЕ ТРЕБОВАНИЯ, ПРЕДЪЯВЛЯЕМЫЕ К ОТОПИТЕЛЬНОЙ ПЕЧИ

Климат большей части СССР отличается длительными и суровыми зимами. Отопительный сезон длится у нас 6—7 месяцев и более, вследствие чего население вынуждено большую часть года проводить в закрытых помещениях с интенсивно работающим искусственным отоплением.

Отсюда понятны те высокие требования, которые предъявляются у нас к приборам отопления и, в частности, к отопительным печам как в санитарно-гигиеническом, так и в экономическом отношении.

Санитарно-гигиенические требования прежде всего ограничивают предельный нагрев поверхности печи. При чрезмерном нагреве печь начинает интенсивно выделять лучистое тепло, что обычно оказывает неприятное действие на людей, находящиеся вблизи. При этом происходит также разложение органической пыли, оседающей из воздуха на поверхности печи. Исходя из этих соображений, в качестве предельной температуры для отопительных печей в жилых помещениях у нас были приняты нормы нагрева поверхности, равные 80—90°.

Кроме того, к отопительной печи предъявляется также требование выделять тепло достаточно равномерно (по времени) с тем, чтобы температура помещения в течение суток не претерпевала значительных колебаний. Если эти колебания превышают $\pm 2,5$ —3°, то этим вызываются уже вполне законные жалобы на работу системы отопления.

Хорошая работа отопительной печи имеет важное значение и в деле поддержания и сохранения самих ограждений помещения в нормальном сухом состоянии. Если система отопления не обеспечивает устойчивого теплового режима в помещении, то этим самым создаются благоприятные условия для отсыревания стен и перекрытий и развития грибка.

Печи умеренного прогрева

Русские инженеры в технике печного отопления шли своим особым путем. Отопительные печи наших отечественных конструкций отличались от заграничных (Западной Европы, США)

¹ См. указатель литературы, приложенный к книге.

значительно более высокими санитарно-гигиеническими и экономическими качествами.

Если взять такую страну, как Германия, то там перед второй мировой войной 50% всех находившихся в эксплуатации печей составляли легкие металлические печи с тонкой футеровкой. Во время топки эти печи быстро нагреваются, а затем столь же быстро остывают. Температура стенок печи достигает 250° и выше.

Значительно лучшими по своим показателям являются германские изразцовые печи, но и они весьма далеки от требований комфорта, так как прогрев их стенок достигает обычно 180° и выше.

Наши печи отличались массивностью конструкции и умеренным прогревом стенок (до 80—90°), что обеспечивало поддержание ровной температуры помещения.

Однако при высоких качествах наших больших массивных печей они имеют один весьма существенный недостаток, заключающийся в том, что кладка их весьма трудоемка и не поддается механизации. Вследствие этого печные работы пришли в противоречие с требованиями новой строительной техники. Крайнего выражения это противоречие достигло в условиях сборного заводского домостроения: большая кирпичная печь с трудоемким мокрым процессом, поставленная в доме индустриальной конструкции, выглядит как явный анахронизм.

Затем кладка кирпичных печей, особенно с облицовкой изразцами, очень сложна. Для того, чтобы печь хорошо работала, необходимо, чтобы кладка ее была выполнена абсолютно правильно. Один неверно положенный кирпич может изменить ход газов и сделать печь никуда негодной.

Между тем, технический надзор за кладкой внутренних частей печи практически трудно выполним и по необходимости в этом деле приходится целиком полагаться на печника.

Исправление же неправильно или плохо выложенной печи в большинстве случаев невозможно без коренной ее переделки.

Перекладка больших печей требует значительных расходов и весьма неприятна для живущих, так как сопровождается загрязнением помещения и загромождением его кирпичом и глиной. Неприятность положения усугубляется еще в том случае, если ставятся общие печи для отопления 2—3 комнат или эти печи выходят своим зеркалом в общий коридор и т. п.

В двухэтажных домах часто печи второго этажа ставят на печь первого этажа и затем на верхнюю печь опирают общую дымовую трубу.

Ввиду изложенных обстоятельств к перекладке печей на практике прибегают только в крайних случаях, годами мирясь с пережогом топлива и недоотопом квартир, причем конструкции зданий отсыревают и разрушаются.

Итак, большие кирпичные печи не отвечают требованиям современного массового жилищного строительства; здесь необходимо идти по пути применения менее сложных и трудоемких конструкций, притом таких, чтобы качество печи, как отопительного агрегата, менее зависело от квалификации и личных качеств печника.

Необходимость индустриализации процесса печестроения стала очевидной еще в начале первой пятилетки, и отсюда возникла идея устройства сборных печей из блоков.

Был разработан целый ряд конструкций блочных печей. Однако сколько-нибудь значительного распространения сборные печи не получили вследствие того, что по своим размерам и массивности они являлись конями обычных кирпичных печей и при средней тепловой мощности имели значительный вес — около 2—3 тонн.

При таких размерах печей количество блоков (весом до 40—50 кг) получалось очень большим, а сборка их оставалась по-прежнему сложной и трудоемкой.

Печи повышенного прогрева

Опыт со сборными печами массивных конструкций показал, что необходимой предпосылкой для успешной индустриализации печестроения должно быть значительное снижение веса печей и уменьшение их размеров.

Последнее требует прежде всего повышения норм прогрева печей, чтобы иметь возможность повысить теплоотдачу с единицы поверхности.

При рассмотрении этого вопроса в органах Государственной санитарной инспекции было признано возможным допустить на отдельных участках поверхности нагрева печи кратковременное повышение температуры до 120°, при средней температуре всей поверхности не свыше 90°.

При этом исходили из тех соображений, что работа печи в санитарно-гигиеническом отношении выгодно отличается от работы радиатора центрального отопления.

Как показали проведенные нами опыты, указанное повышение норм прогрева повышает теплоотдачу печи в 2—2,5 раза, и вес печей соответственно снижается.

Для отопления массового малоэтажного строительства требуются, в основном, печи с теплоотдачей 1000—3000 ккал/час, и печи повышенного прогрева получают весом всего в пределах 1 т, что коренным образом облегчает решение вопроса индустриализации строительства печей, применения более высококачественных материалов для их устройства, более дорогой отделки их и т. д.

Конструирование печей повышенного прогрева является принципиально новой задачей, которая возникла в настоящее время перед нашими конструкторами.

Печей этого класса у нас раньше не было и не могло быть, поскольку нагрев стенок печи выше 80°—90° по нормам не допускался.

Нет возможности использовать в этом деле и заграничный опыт. Во-первых, как указывалось выше, печи заграничных типов допускают накал 150° и выше, что у нас не может быть допущено по санитарно-гигиеническим условиям. Во-вторых, теория тепло-

устойчивости выдвигает дополнительные, принципиально новые требования к конструкции печи, а именно, чтобы печь при соблюдении всех прочих требований, касающихся ее физической теплоемкости, теплоотдачи и др., имела по возможности минимальную величину коэффициента неравномерности теплоотдачи. Только при этом условии может быть удовлетворительно решен вопрос о теплоустойчивости помещений.

Как показывают опыты, этот коэффициент находится в большой зависимости от формы печи, толщины стенок ее и процента внутренних пустот.

Таким образом, конструкции новых печей должны разрабатываться на базе передовой советской науки по отоплению.

ГЛАВА ВТОРАЯ

КОЛЕБАНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ ПОМЕЩЕНИЯ ПРИ ПЕРИОДИЧЕСКОМ ОТОПЛЕНИИ

Коэффициент теплопоглощения поверхности ограждения

Пусть в помещении установлен отопительный прибор, который выделяет тепловой поток, изменяющийся во времени по закону правильной гармонической функции. Под его влиянием температура воздуха помещения также будет испытывать гармонические колебания с тем же периодом.

Последние в свою очередь вызовут колебания температуры внутренней поверхности ограждения и колебания теплового потока, поглощаемого ограждением.

Колебания температуры воздуха во времени изображены на рис. 1 кривой t , температуры поверхности ограждения — кривой τ , а теплового потока от воздуха на поверхность — кривой q .

Через $t_{\text{ср}}$, $\tau_{\text{ср}}$ и $q_{\text{ср}}$ обозначены средние значения этих величин, а через A_t , A_τ и A_q — амплитуды их колебаний.

Кривые эти сдвинуты одна по отношению к другой, причем кривая поглощения тепла q опережает кривую температуры помещения t на угол φ_1 , а кривую температуры поверхности на угол φ_2 .

Значения величины t , τ и q в некоторый момент времени T могут быть выражены формулами:

$$q = q_{\text{ср}} + A_q \sin 15 T, \quad (1)$$

$$t = t_{\text{ср}} + A_t \sin (15 T - \varphi_1), \quad (2)$$

$$\tau = \tau_{\text{ср}} + A_\tau \sin (15 T - \varphi_2). \quad (3)$$

Между этими величинами существуют следующие зависимости:

$$q = (t - \tau) \alpha_n, \quad (4)$$

$$q_{\text{ср}} = (t_{\text{ср}} - \tau_{\text{ср}}) \alpha_n. \quad (5)$$

Пользуясь формулами 1, 2, 3, 4, получаем:

$$q_{\text{ср}} + A_q \sin 15 T = (t_{\text{ср}} - \tau_{\text{ср}}) \alpha_n + [A_t \sin (15 T - \varphi_1) - A_\tau \sin (15 T - \varphi_2)] \alpha_n \quad (6)$$

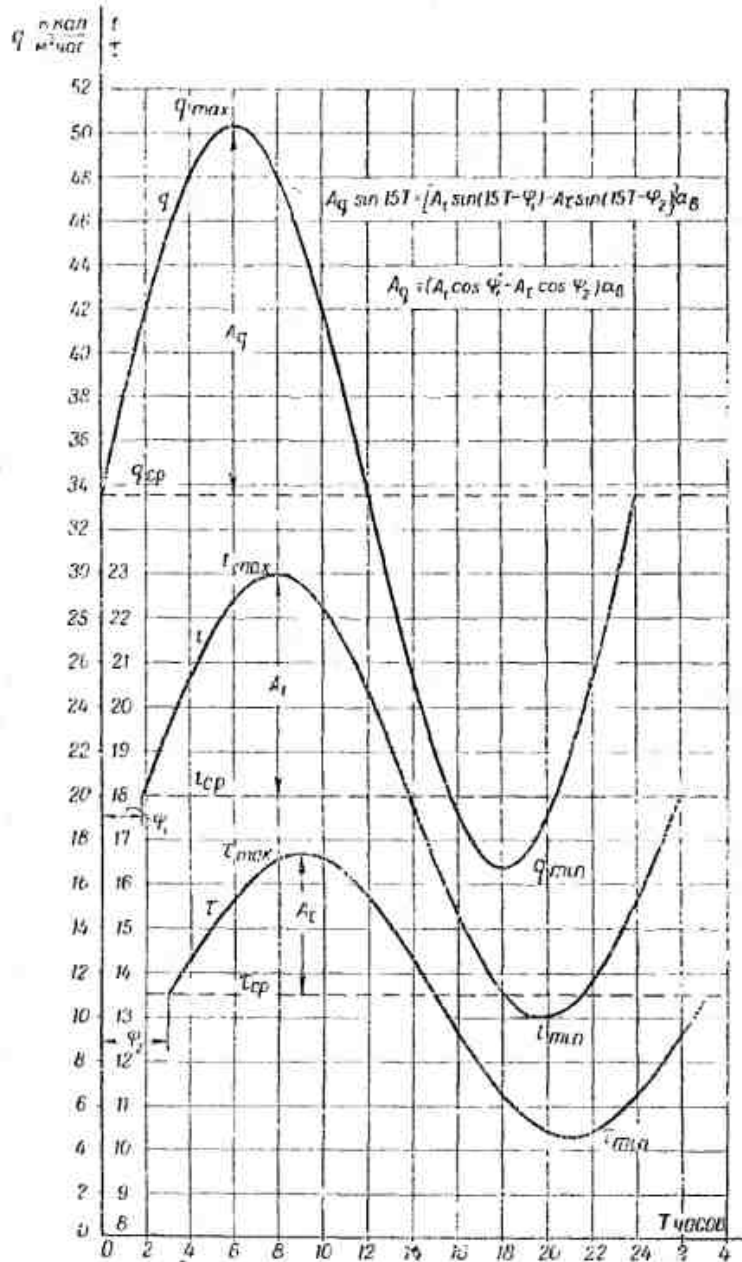


Рис. 1. Зависимость между t , τ и q с учетом сдвига фаз (углов φ_1 и φ_2).

или, учитывая формулу 5:

$$A_q \sin 15T = [A_1 \sin(15T - \varphi_1) - A_2 \sin(15T - \varphi_2)] \alpha_B \quad (7)$$

Если вместо наружной стены возьмем внутреннюю стену, за которой находится отапливаемое помещение с такой же температурой, то в этом случае будем иметь:

$$t_{ср} = \tau_{ср} \text{ и } q_{ср} = 0.$$

В результате мы приходим к той же формуле (7), которая, следовательно, справедлива как для наружных, так и для внутренних ограждений.

Примем теперь $T = 6$, тогда $15^\circ T = 90^\circ$ и формула (7) примет следующий вид:

$$A_q = [A_1 \sin(90^\circ - \varphi_1) - A_2 \sin(90^\circ - \varphi_2)] \alpha_B.$$

Учитывая, что

$$\sin(90^\circ - x) = \cos x,$$

получаем:

$$A_q = (A_1 \cos \varphi_1 - A_2 \cos \varphi_2) \alpha_B \quad (8)$$

Здесь α_B — коэффициент теплопоглощения внутренней поверхности ограждения.

Из теории теплоустойчивости проф. О. Е. Власова [1], имеем следующую формулу:

$$\frac{A_q}{A_1} = Y_n, \quad (9)$$

где Y_n — коэффициент теплоусвоения внутренней поверхности ограждения $\text{kcal/m}^2 \text{ час } ^\circ\text{C}$. Он равен амплитуде колебания теплопоглощения поверхности ограждения при амплитуде колебания температуры поверхности $A_1 = 1^\circ$.

Величина Y_n зависит от конструкции ограждения и периода колебаний теплового потока. Метод определения Y_n подробно изложен ниже.

Примем в формуле (8) $A_2 = \frac{A_q}{Y_n}$,

тогда

$$A_q = (A_1 \cos \varphi_1 - \frac{A_q}{Y_n} \cos \varphi_2) \alpha_B;$$

отсюда получим следующую зависимость между A_q и A_1 :

$$A_q = \frac{A_1 \cos \varphi_1}{\frac{1}{\alpha_B} + \frac{\cos \varphi_2}{Y_n}} \quad (10)$$

Из формулы (10) можем написать:

$$\frac{A_q}{A_1} = \frac{\cos \varphi_1}{\frac{1}{\alpha_B} + \frac{\cos \varphi_2}{Y_n}} = B. \quad (11)$$

По аналогии с величиной Y_n величина B названа коэффициентом теплопоглощения поверхности ограждения. Он равен амплитуде колебаний теплопоглощения поверхности ограждения при амплитуде колебаний температуры воздуха $A_t = 1^\circ$ и выражается в тех же единицах, как и Y_n ($\text{ккал/м}^2 \text{ час } 1^\circ$).

Если пренебречь сдвигом фаз между q , t и τ , т. е. принять в формуле (11) $\varphi_1 = \varphi_2 = 0$, то получим очень простую формулу, по которой можно определить приближенное значение B

$$B = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_n} + \frac{1}{Y_n}} \quad (12)$$

В таком виде эта формула для определения B была выведена нами несколько иным путем и опубликована в нашей книге [3].

В настоящее время, пользуясь работой канд. техн. наук А. М. Шкловера [2], имеется возможность определить точное значение B с учетом сдвига фаз.

Для этого А. М. Шкловер предложил определять величину Y_n в комплексном выражении:

$$\bar{Y}_n = a + bi.$$

(Черточка над буквенным обозначением впредь будет обозначать, что данная величина выражена комплексным числом).

Подставляя это значение Y_n в формулу (12), значение B получим также в комплексном выражении:

$$\bar{B} = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_n} + \frac{1}{\bar{Y}_n}} \quad (13)$$

В этом случае формулы (9) и (11) примут следующий вид:

$$\frac{A_q}{A_t} = \text{мод } Y_n \quad (14)$$

$$\frac{A_q}{A_t} = \text{мод } \bar{B} \quad (15)$$

Углы сдвига фаз могут быть определены по формулам:

$$\varphi_1 = \text{arg } \bar{B}, \quad (16)$$

$$\varphi_2 = \text{arg } \bar{Y}_n \quad (17)$$

Определение коэффициентов теплоусвоения поверхности ограждения Y_n и \bar{Y}_n

а) Определение Y_n (по проф. О. Е. Власову).

Ознакомимся сначала со следующими тремя величинами.

1. Удельный коэффициент теплоусвоения материала y , определяемый по формуле:

$$y = \sqrt{\frac{c\gamma 2\pi}{z}}, \quad (18)$$

где: c — теплоемкость материала, $\text{ккал кг } 1^\circ$;

γ — объемный вес материала, кг м^3 ;

λ — коэффициент теплопроводности материала данного ограждения, $\text{ккал/м час } 1^\circ$;

z — период колебаний (час).

При $z = 12$ часов

$$y = 0,72 \sqrt{c\gamma\lambda},$$

при $z = 24$ часа

$$y = 0,5 \sqrt{c\gamma\lambda}.$$

2. Сопротивление теплопроницанию слоя ограждения R , определяемое по формуле:

$$R = \frac{\delta}{\lambda}, \quad (19)$$

где δ — толщина слоя, м.

3. Условная толщина слоя D , определяемая по формуле:

$$D = R \cdot y. \quad (20)$$

Она является величиной отвлеченной.

Переходим теперь к определению Y_n .

Расчет начинают с определения условной толщины первого слоя ограждения, принимая нумерацию слоев от внутренней поверхности ограждения. Здесь возможны следующие случаи.

Случай 1-й

Условная толщина первого слоя D_1 получается равной или больше единицы (в этом случае ограждение называется «толстым»).

Тогда

$$Y_n \doteq y_1, \quad (12)$$

т. е. коэффициент теплоусвоения внутренней поверхности ограждения равен удельному коэффициенту теплоусвоения материала первого слоя, и последующие слои ограждения никакого влияния на величину Y_n уже не оказывают.

Для некоторых строительных материалов толщина слоя δ м, соответствующая условной толщине $D = 1,0$ (так называемый «слой резких колебаний»), при $z = 24$ и $z = 12$ час., т. е. при одной и при двух топках в сутки, приведена в табл. 1.

Таблица 1

| № пп. | М а т е р и а л ы | γ $\frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$ | Толщина слоя резких колебаний в м | |
|-------|--|---|-----------------------------------|----------|
| | | | $z = 24$ | $z = 12$ |
| 1 | Бетон трамбованный | 2000 | 0,105 | 0,074 |
| 2 | Кирпичная кладка в наружных стенах | 1700 | 0,088 | 0,062 |
| 3 | То же, во внутренних ограждениях . . | 1650 | 0,082 | 0,059 |
| 4 | Сосна и ель наперек волокон в наружных ограждениях | 600 | 0,0394 | 0,028 |
| 5 | Пробковые плиты | 250 | 0,046 | 0,0325 |

Случай 2-й

Условная толщина первого слоя меньше единицы. В этом случае («тонкие ограждения») производится определение условной толщины второго слоя ограждения (D_2).

Если теперь $D_1 + D_2 > 1,0$, то определение Y_n производится по формуле:

$$Y_n = \frac{R_1 y_1^2 + y_2}{1 + R_1 y_2}, \quad (22)$$

где y_2 — удельный коэффициент теплоусвоения материала второго слоя ограждения.

Случай 3-й

Если $D_1 + D_2 < 1,0$, то переходят к расчету следующих слоев ограждения и к условной толщине 1-го и 2-го слоев прибавляют условные толщины 3-го, 4-го слоев и т. д., пока их сумма не составит единицу или не будет больше ее.

Если при этом потребовалось взять m слоев ограждения, то расчет начинают с определения коэффициента теплоусвоения внутренней поверхности $m-1$ слоя ограждения по формуле:

$$Y_{m-1} = \frac{R_{m-1} y_{m-1}^2 + y_m}{1 + R_{m-1} y_m}. \quad (23)$$

Затем для $m-2$ слоя:

$$Y_{m-2} = \frac{R_{m-2} y_{m-2}^2 + Y_{m-1}}{1 + R_{m-2} Y_{m-1}} \quad (24)$$

и т. д. по направлению к внутренней поверхности ограждения, для которой, наконец, получим

$$Y_1 = Y_n = \frac{R_1 y_1^2 + Y_2}{1 + R_1 Y_2}. \quad (25)$$

Случай 4-й

Сумма условных толщин всех слоев ограждения меньше единицы.

В этом случае начинают расчет с последнего n -ого слоя ограждения, по формуле:

$$Y_n = \frac{R_n y_n^2 + a_n}{1 + R_n a_n}. \quad (26)$$

Далее определяется Y_{n-1} по формуле:

$$Y_{n-1} = \frac{R_{n-1} y_{n-1}^2 + Y_n}{1 + R_{n-1} Y_n}$$

и т. д., как для случая 3-го. Если в конструкциях имеются воздушные прослойки, то для них можно полагать удельный коэффициент теплоусвоения $y = 0$.

Случай 5-й

Ограждение практически не обладает теплоемкостью. Так как в этом случае условная толщина ограждения меньше единицы, то значение Y_n определяется по формуле (для однослойного ограждения):

$$Y_n = \frac{R_1 y_1^2 + a_n}{1 + R_1 a_n}. \quad (27)$$

Учитывая, что здесь $y_1 = 0$, получим:

$$Y_n = \frac{a_n}{1 + R_1 a_n}. \quad (28)$$

Интересно отметить, что для этого случая коэффициент теплопоглощения будет равен коэффициенту теплопередачи ограждения:

$$B = \frac{1}{\frac{1}{a_n} + \frac{1}{Y_n}} = \frac{1}{\frac{1}{a_n} + \frac{1 + R_1 a_n}{a_n}} = \frac{1}{\frac{1}{a_n} + R_1 + \frac{1}{a_n}} = k. \quad (29)$$

Случай 6-й

Внутренняя стена, разделяющая две отапливаемые жилые комнаты, причем условная толщина стены меньше 2.

В этом случае стену по толщине разделяют на две части с одинаковыми условными толщинами.

Расчет начинают с того (m -ого) слоя, через который проходит указанная выше граница раздела.

Теплоусвоение внутренней поверхности этого слоя будет:

$$Y_m = \frac{R_m y_m^2 + 0}{1 + R_m \cdot 0} = R_m y_m^2. \quad (30)$$

Здесь: $R_m = \frac{\delta_m'}{\lambda_m}$,

где δ_m' — толщина не всего слоя, а только до границы раздела.

Далее:

$$Y_{m-1} = \frac{R_{m-1} y_{m-1}^2 + Y_m}{1 + R_{m-1} Y_m} \quad (31)$$

и т. д., как для случая 3-го.

Пример 1

Определить коэффициент теплоусвоения Y_n и коэффициент теплопоглощения B внутренней поверхности наружной каркасной обшивной стены из 25-мм досок с засыпкой шлаком и с известковой штукатуркой по драги толщиной 15 мм при двух топках в сутки.

Находим для 1-го слоя (штукатурки):

$$R_1 = \frac{\delta_1}{\lambda_1} = \frac{0,015}{0,45} = 0,033;$$

$$y_1 = 0,72 \sqrt{c_1 \gamma_1} = 0,72 \cdot \sqrt{0,25 \cdot 1400 \cdot 0,45} = 9,0;$$

$$D_1 = R_1 y_1 = 0,033 \times 9,0 = 0,3 < 1,0.$$

Так как условная толщина первого слоя оказалась меньше единицы, то необходимо учитывать и следующий слой.

Находим для второго слоя (дерево):

$$R_2 = \frac{\delta_2}{\lambda_2} = \frac{0,025}{0,150} = 0,167;$$

$$y_2 = 0,72 \sqrt{c_{21} \lambda_2} = 0,72 \sqrt{0,6 \cdot 560 \cdot 0,15} = 5,1;$$

$$D_2 = R_2 y_2 = 0,167 \cdot 5,1 = 0,85.$$

Находим сумму условных толщин первых двух слоев:

$$D_1 + D_2 = 0,3 + 0,85 = 1,15.$$

Так как получили $D_1 + D_2 > 1,0$, то следующие слои нас уже не интересуют, и значение Y_n определяем по формуле (22)

$$Y_n = \frac{R_1 y_1^2 + y_2}{1 + R_1 y_2} = \frac{0,033 \cdot 9^2 + 5,1}{1 + 0,033 \cdot 5,1} = 6,7.$$

Теперь по формуле (12) определяем:

$$B = \frac{1}{\frac{1}{y_n} + \frac{1}{Y_n}} = \frac{1}{\frac{1}{7,5} + \frac{1}{6,7}} = 3,55.$$

Пример 2

Определить Y_n и B при двух точках в сутки для наружной стены, состоящей из следующих слоев, начиная от внутренней поверхности:

1. Картон $\delta_1 = 0,005$ м.
 2. Доска $\delta_2 = 0,016$ м.
 3. Воздушный прослоек $\delta_3 = 0,025$ м.
 4. Оргалит $\delta_4 = 0,03$ м.
 5. Воздушный прослоек $\delta_5 = 0,025$ м.
 6. Оргалит $\delta_6 = 0,03$ м
- и т. д.

Находим для первого слоя (картон):

$$R_1 = \frac{\delta_1}{\lambda_1} = \frac{0,005}{0,150} = 0,033;$$

$$y_1 = 0,72 \sqrt{c_{11} \lambda_1} = 0,72 \sqrt{0,36 \cdot 700 \cdot 0,15} = 4,42;$$

$$D_1 = R_1 \cdot y_1 = 0,033 \cdot 4,42 = 0,146 < 1,0.$$

Переходим ко второму слою (доска)

$$R_2 = \frac{\delta_2}{\lambda_2} = \frac{0,016}{0,15} = 0,107;$$

$$y_2 = 0,72 \sqrt{c_{21} \lambda_2} = 0,72 \sqrt{0,6 \cdot 560 \cdot 0,15} = 5,1;$$

$$D_2 = R_2 y_2 = 0,107 \cdot 5,1 = 0,54;$$

$$D_1 + D_2 = 0,146 + 0,54 = 0,68 < 1,0.$$

Переходим к третьему слою (воздушный прослоек). Для воздушного прослойка:

$$R_3 = 0,19; y_3 = 0 \text{ (см. выше); } D_3 = R_3 y_3 = 0; D_1 + D_2 + D_3 = 0,146 + 0,54 + 0 = 0,68 < 1,0.$$

Переходим к четвертому слою (оргалит):

$$R_4 = \frac{\delta_4}{\lambda_4} = \frac{0,03}{0,05} = 0,6;$$

$$y_4 = 0,72 \sqrt{c_{41} \lambda_4} = 0,72 \sqrt{0,55 \cdot 250 \cdot 0,05} = 1,88;$$

$$D_4 = 0,6 \cdot 1,88 = 1,13;$$

$$D_1 + D_2 + D_3 + D_4 = 0,68 + 1,13 = 1,81 > 1,0.$$

Таким образом, «слой резких колебаний» заканчивается в 4-м слое, т. е. $m = 4$.

По формуле (23) имеем:

$$Y_{m-1} = y_4 = \frac{R_3 y_3^2 + y_4}{1 + R_3 y_4} = \frac{0,19 \cdot 0 + 1,88}{1 + 0,19 \cdot 1,88} = 1,38.$$

Далее получаем:

$$y_2 = \frac{0,107 \cdot 5,1^2 + 1,38}{1 + 0,107 \cdot 1,38} = 3,63;$$

$$Y_n = \frac{0,033 \cdot 4,42^2 + 3,63}{1 + 0,033 \cdot 3,63} = 3,8;$$

$$B = \frac{1}{\frac{1}{3,8} + \frac{1}{7,5}} = 2,53.$$

б) Определение \bar{Y}_n (по А. М. Шкловеру).

Так как мы не имеем в виду рекомендовать в дальнейшем для практических расчетов по проектированию отопления пользоваться величиной Y_n , то ограничимся здесь формулами для определения \bar{Y}_n только для трех наиболее простых случаев, отсылая интересующихся к указанной выше книге А. М. Шкловера [2].

Случай 1-й

Условная толщина первого слоя равна или больше единицы. Тогда

$$\bar{Y}_n = \frac{y_1(1+i)}{\sqrt{2}}. \quad (32)$$

Случай 2-й

Ближайшим к внутренней поверхности «толстым» слоем (условная толщина которого равна или больше единицы) является слой m .

В этом случае для $m-1$ слоя будем иметь:

$$\bar{Y}_{m-1} = \frac{y_{m-1} \operatorname{th}(R_{m-1} \bar{y}_{m-1}) + \bar{y}_m}{1 + \frac{\operatorname{th}(R_{m-1} y_{m-1})}{y_{m-1}} \bar{y}_m}. \quad (33)$$

Далее

$$Y_{m-2} = \frac{\bar{y}_{m-2} \operatorname{th}(R_{m-2} \bar{y}_{m-2}) + \bar{Y}_{m-1}}{1 + \frac{\operatorname{th}(R_{m-2} \bar{y}_{m-2})}{y_{m-2}} \cdot \bar{Y}_{m-1}} \quad (34)$$

и так далее по направлению к внутренней поверхности, для которой

$$\bar{Y}_n = \bar{Y}_1 = \frac{\bar{y}_1 \operatorname{th}(R_1 \bar{y}_1) + \bar{Y}_2}{1 + \frac{\operatorname{th}(R_1 \bar{y}_1)}{y_1} \cdot \bar{Y}_2} \quad (35)$$

Случай 3-й

В ограждении нет «толстых» слоев. В этом случае расчет начинают с последнего n -ого слоя по формуле:

$$\bar{Y}_n = \frac{\bar{y}_n \operatorname{th}(R_n \bar{y}_n) + \alpha_n}{1 + \frac{\operatorname{th}(R_n \bar{y}_n)}{y_n} \alpha_n} \quad (36)$$

Далее для $n-1$ слоя имеем:

$$Y_{n-1} = \frac{\bar{y}_{n-1} \operatorname{th}(R_{n-1} \bar{y}_{n-1}) + \bar{Y}_n}{1 + \frac{\operatorname{th}(R_{n-1} \bar{y}_{n-1})}{y_{n-1}} \bar{Y}_n} \quad (37)$$

и т. д., пока не приходим к внутренней поверхности, для которой величина \bar{Y}_n определяется по формуле (35).

В этих формулах:

$$\bar{Y}_m = \frac{y_m (1 + i)}{\sqrt{2}} \operatorname{th}(R_m \bar{y}_m) \quad (38)$$

гиперболический тангенс произведения сопротивления теплопроводности слоя на удельный коэффициент теплоусвоения материала слоя, взятый в комплексном выражении, величина α_n — коэффициент теплоотдачи от наружной поверхности ограждения в наружный воздух берется в вещественном выражении, так как температура наружного воздуха принимается постоянной. В этом случае величина теплового потока меняется вместе с изменением температуры наружной поверхности, и никакого сдвига фаз между ними нет.

Сравнение значений коэффициентов теплопоглощения ограждений, определяемых по точному и приближенному способам

Произведем сравнение между величиной B , определяемой по формуле (12) и модулем величины \bar{B} , определяемой по формуле (13).

Остановимся первоначально на «толстых» ограждениях, для которых значения Y_n и $\operatorname{mod} \bar{Y}_n$ точно совпадают.

Это объясняется тем, что для толстых ограждений

$$Y_n = \bar{Y}_n \quad (21')$$

$$Y_n = \frac{y_1 (1 + i)}{\sqrt{2}} \quad (32')$$

Откуда видно, что модуль \bar{Y}_n всегда будет равен y_1 .

Учитывая это обстоятельство, приходим к заключению, что расхождение в значениях B и $\operatorname{mod} \bar{B}$ будет зависеть только от абсолютной величины y .

Задаваясь различными значениями y , можно выявить определенную закономерность в расхождении между B и $\operatorname{mod} \bar{B}$ для «толстых» стен из разных материалов.

Для этого используем формулы (12) и (13), вставляя в них соответствующие значения y и $y \frac{(1+i)}{\sqrt{2}}$.

Результаты расчетов для y в пределах от 0,5 до 12,0 для стен и потолков ($\alpha_n = 7,5$) даны в табл. 2 и для полов ($\alpha_n = 5,0$) в табл. 3.

Таблица 2

| $\alpha_n = 7,5$ | | | | |
|------------------|----------------|------------------------------|---------------------------|--|
| y | \bar{B} | $\operatorname{mod} \bar{B}$ | Приближенное значение B | $\frac{\operatorname{mod} \bar{B}}{B}$ |
| 12 | 4,77 + 1,45i | 4,98 | 4,62 | 1,092 |
| 10 | 4,42 + 1,53i | 4,67 | 4,28 | 1,090 |
| 8 | 3,9 + 1,55i | 4,2 | 3,87 | 1,085 |
| 6 | 3,27 + 1,53i | 3,62 | 3,34 | 1,085 |
| 4 | 2,46 + 1,39i | 2,83 | 2,61 | 1,085 |
| 2 | 1,348 + 0,978i | 1,66 | 1,58 | 1,050 |
| 1 | 0,7 + 0,586i | 0,91 | 0,882 | 1,032 |
| 0,5 | 0,358 + 0,322i | 0,477 | 0,468 | 1,01 |

Таблица 3

| $\alpha_n = 5,0$ | | | | |
|------------------|----------------|------------------------------|---------------------------|--|
| y | B | $\operatorname{mod} \bar{B}$ | Приближенное значение B | $\frac{\operatorname{mod} \bar{B}}{B}$ |
| 12 | 3,68 + 0,83i | 3,76 | 3,53 | 1,075 |
| 10 | 3,59 + 0,9i | 3,56 | 3,33 | 1,075 |
| 8 | 3,17 + 0,965i | 3,31 | 3,08 | 1,075 |
| 6 | 2,76 + 1,02i | 2,94 | 2,73 | 1,075 |
| 4 | 2,18 + 1,02i | 2,4 | 2,22 | 1,075 |
| 2 | 1,29 + 0,82i | 1,53 | 1,43 | 1,07 |
| 1 | 0,687 + 0,533i | 0,87 | 0,833 | 1,045 |
| 0,5 | 0,361 + 0,307i | 0,465 | 0,465 | 1,00 |

| № пп. | Описание конструкций | m | φ ₁ | φ ₂ |
|---|---|----|----------------|----------------|
| | | | | |
| I. Стены наружные | | | | |
| 1 | Кирпичные стены на холодном растворе со штукатуркой δ шт.=15 мм | 12 | 17° | 42° |
| | | 21 | 30°50' | 43°10' |
| 2 | Деревянные стены без штукатурки | 12 | 26° | 45° |
| | | 24 | 30°20' | 45° |
| 3 | То же со штукатуркой по драп δ шт.=20 мм | 12 | 26° | 53° |
| | | 21 | 33° | 52°30' |
| II. Стены внутренние и перегородки | | | | |
| 4 | Кирпичные стены на холодном растворе со штукатуркой δ шт.=15 мм | 12 | 19° | 45° |
| | | 21 | 22°30' | 44°20' |
| 5 | Деревянные стены без штукатурки | 12 | 28° | 45° |
| | | 24 | 31°20' | 45° |
| 6 | То же, со штукатуркой по драп δ шт.=20 мм | 12 | 30° | 56° |
| | | 24 | 37°20' | 56°40' |
| 7 | Дощатая перегородка δ=40-50 мм без штукатурки (ламинер, оклеена обоями) | 12 | 28° | 45° |
| | | 24 | 70°30' | 83°50' |
| 8 | Деревянная перегородка 40 мм со штукатуркой по драп δ шт.=20 мм | 12 | 30° | 56° |
| | | 24 | 60°50' | 81°30' |
| 9 | Камышитовая перегородка δ=80 мм со штукатуркой δ шт.=20 мм; γ _к =0,09; γ _р =2,47 | 12 | 39° | 66° |
| | | 24 | 46°40' | 64°10' |
| 10 | Перегородки „Диферент“ γ=700; λ=0,20; ε=0,22; γ=4,0 | 12 | 28° | 45° |
| | | 24 | 33° | 45° |
| III. Стены внутренние и наружные | | | | |
| 11 | Фанерные щиты с заполнением оргалитом δ _ф =6 мм; λ _ф =0,15; γ _ф =5,5; γ _о =250; γ _о =1,0 | 12 | 15° | 59° |
| | | 24 | 46°30' | 56°30' |
| 12 | Такой же щит, но заполненный песком λ _п =0,75; γ _п =11,2 | 12 | 20° | 37°10' |
| | | 24 | 20° | 37°10' |
| 13 | То же, с заполнением шлаковой ватой γ _{ш.в.} =200; λ _{ш.в.} =0,05; γ _{ш.в.} =0,97 | 12 | 56° | 68° |
| | | 24 | 57°30' | 65° |
| 14 | Такой же щит, но вместо деревянной фанеры взята асбофанера λ _а =0,30; δ _а =0,005; γ _а =7,7 | 12 | 57° | 69°40' |
| 15 | То же, но толщина асбофанеры δ _а =10 мм | 12 | | |
| 16 | То же, но толщина асбофанеры δ _а =20 мм | 12 | | |
| 17 | То же, с заполнением оргалитом и воздушной прослойкой между фанерой и оргалитом 20 мм | 12 | 45° | 57° |

| Точные значения | | | | Приближенные значения | | 1,08B | 1,08B / модB |
|-----------------|-----------------|-------------|---------------|-----------------------|------|-------|--------------|
| \bar{U}_n | мод \bar{U}_n | \bar{B} | мод \bar{B} | U _n | B | | |
| 8,22+7,58i | 11,2 | 4,6 +1,41i | 4,8 | 11,0 | 4,47 | 4,82 | 1,00 |
| 5,9 +5,55i | 8,11 | 3,96+1,50i | 4,2 | 7,9 | 3,86 | 4,16 | 0,99 |
| 3,77(1+i) | 5,32 | 3,02+1,51i | 3,36 | 5,32 | 3,12 | 3,37 | 1,00 |
| 2,66(1+i) | 3,77 | 2,34+1,37i | 2,71 | 3,77 | 2,51 | 2,71 | 1,0 |
| 4,38+5,77i | 7,25 | 3,67+1,85i | 4,12 | 7,25 | 3,70 | 4,0 | 0,97 |
| 2,8 +3,66i | 4,65 | 2,65+1,72i | 3,16 | 4,78 | 2,93 | 3,16 | 1,0 |
| 7,12+7,26i | 10,4 | 4,47 +1,55i | 4,73 | 10,3 | 4,3 | 4,05 | 0,9 |
| 5,28+5,16i | 7,36 | 3,71 +1,53i | 4,0 | 7,35 | 3,72 | 4,0 | 1,0 |
| 3,36(1+i) | 4,75 | 2,76+1,46i | 3,12 | 4,75 | 2,90 | 3,13 | 1,0 |
| 2,38(1+i) | 3,37 | 2,12+1,29i | 2,48 | 3,37 | 2,35 | 2,54 | 1,02 |
| 3,79+5,63i | 6,76 | 3,53+2,02i | 4,06 | 6,75 | 3,62 | 3,91 | 0,96 |
| 2,24+3,41i | 4,08 | 2,44+1,85i | 3,06 | 4,43 | 2,8 | 3,02 | 0,98 |
| 3,36(1+i) | 4,75 | 2,76+1,46i | 3,12 | 4,75 | 2,9 | 3,13 | 1,0 |
| 0,2 +1,84i | 1,85 | 6,586+1,65i | 1,75 | 1,9 | 1,52 | 1,71 | 0,98 |
| 3,79+5,63i | 6,76 | 3,53+2,02i | 4,06 | 6,76 | 3,62 | 3,91 | 0,96 |
| 0,5 +3,37i | 3,52 | 1,31+2,4i | 2,69 | 3,4 | 2,34 | 2,52 | 0,94 |
| 2,15+4,88i | 5,32 | 2,84+2,31i | 3,67 | 5,5 | 3,17 | 3,42 | 0,93 |
| 1,37+2,83i | 3,14 | 1,74+1,84i | 2,53 | 3,3 | 2,31 | 2,5 | 0,99 |
| 2,81(1+i) | 4,0 | 2,48+1,36i | 2,83 | 4,0 | 2,61 | 2,82 | 1,0 |
| 1,98(1+i) | 2,81 | 1,84+1,21i | 2,2 | 2,81 | 2,04 | 2,2 | 1,0 |
| 1,40+2,35i | 2,73 | 1,59+1,56i | 2,22 | 2,85 | 2,07 | 2,23 | 1,0 |
| 0,975+1,475i | 1,77 | 1,05+1,11i | 1,53 | 1,84 | 1,48 | 1,6 | 1,04 |
| 7,25+5,22i | 8,8 | 4,15+1,21i | 4,3 | 8,54 | 4,0 | 4,32 | 1,0 |
| 5,35+4,16i | 6,75 | 3,54+1,29i | 3,76 | 6,5 | 3,49 | 3,77 | 1,0 |
| 0,73+1,83i | 1,97 | 0,98+1,41i | 1,74 | 2,1 | 1,64 | 1,77 | 1,01 |
| 0,5 +1,08i | 1,19 | 0,59 +0,93i | 1,1 | 1,26 | 1,08 | 1,16 | 1,05 |
| 6,672+1,85i | 1,96 | 0,95+1,47i | 1,75 | 2,09 | 1,63 | 1,76 | 1,0 |
| 0,77+2,59i | 2,7 | 1,12+1,85i | 2,16 | 2,84 | 2,06 | 2,22 | 1,03 |
| 0,97+4,2i | 4,3 | 2,16+2,6i | 3,40 | 4,65 | 2,87 | 3,10 | 0,91 |
| 1,23+1,89i | 2,25 | 1,31+1,33i | 1,88 | 2,43 | 1,85 | 1,98 | 1,05 |

| № пп. | Описание конструкций | z | γ ₁ | γ ₂ |
|-----------------------------------|--|----|----------------|----------------|
| | | | | |
| 19 | а) Штукатурка 10 мм (γ=10) | | | |
| | б) Оргалит 20 мм (γ=200; λ=0,05) | | | |
| | в) Возд. прослойка 20 мм | | | |
| | г) Кирпич (γ=11,8) | 12 | | |
| 20 | То же, при толщ. штукатурки δ _{шт.} =20 мм | 12 | | |
| 21 | То же, но вместо штукатурки взята асбофанера δ _д =10 мм (γ _д =7,7) | 12 | | |
| 22 | То же, при толщине асбофанеры δ _д =20 мм | 12 | | |
| IV. Перекрытия чердачные | | | | |
| 23 | Деревянный потолок без штукатурки | 12 | 26° | 45° |
| 24 | То же, со штукатуркой по дроби | 12 | 27° | 53° |
| 25 | а) Фанера 6 мм | | | |
| | б) Воздушная прослойка 20 мм | | | |
| | в) Горбыли | 12 | 27° | 38° |
| V. Перекрытия междуэтажные | | | | |
| 26 | Деревянный потолок без штукатурки | 12 | 28° | 45° |
| 27 | То же, со штукатуркой по дроби | 12 | 30° | 56° |
| VI. Полы | | | | |
| 28 | Деревянные полы на лагах над холодным подпольем | 12 | 22° | 45° |
| 29 | Деревянный полевой настил в междуэтажном перекрытии | 24 | 30° | 45° |
| 30 | а) Шпунтовой паркет 20 мм | 12 | 23° | 45° |
| | б) Щиты фанерные с утеплением | 12 | 23° | 45° |

| Точные значения | | | | Приближенные значения | | 1,08B | 1,08B модB |
|-----------------|-----------------|-------------|---------------|-----------------------|------|-------|---------------|
| \bar{Y}_B | мод \bar{Y}_B | \bar{B} | мод \bar{B} | Y_B | B | | |
| — | — | 1,65+1,78i | 2,48 | 3,27 | 2,28 | 2,46 | 1,00 |
| 1,63+2,48i | 2,96 | 1,75+1,55i | 2,34 | 3,5 | 2,39 | 2,58 | 1,10 |
| — | — | 2,28+2,15i | 3,14 | 5,0 | 3,0 | 3,24 | 1,03 |
| — | — | 1,75+1,55i | 2,34 | 3,66 | 2,46 | 2,66 | 1,13 |
| — | — | 2,40+2,25i | 3,28 | 5,25 | 3,08 | 3,32 | 1,01 |
| -3,77(1+i) | 5,32 | 3,02+1,51i | 3,36 | 5,32 | 3,12 | 3,37 | 1,0 |
| 4,3+5,77i | 7,25 | 3,67+1,85i | 4,12 | 7,25 | 3,70 | 4,0 | 0,97 |
| 2,51+1,97i | 3,20 | 2,09+1,08i | 2,36 | 3,13 | 2,35 | 2,54 | 1,07 |
| 3,36(1+i) | 4,75 | 2,76+1,46i | 3,12 | 4,75 | 2,90 | 3,13 | 1,0 |
| 3,79+5,63i | 6,76 | 3,53+2,02i | 4,06 | 6,75 | 3,62 | 3,91 | 0,96 |
| 3,77(1+i) | 5,32 | 2,6+1,04i | 2,8 | 5,32 | 2,57 | 2,75 | 0,98 |
| 2,66(1+i) | 3,77 | 2,33+1,365i | 2,7 | 3,77 | 2,51 | 2,71 | 1,0 |
| 3,36(1+i) | 4,75 | 2,42+1,03i | 2,63 | 4,75 | 2,43 | 2,63 | 1,0 |
| 3,36(1+i) | 4,75 | 2,42+1,03i | 2,63 | 4,75 | 2,43 | 2,63 | 1,0 |

Из этих таблиц мы видим, что значения $\text{mod} B$ при $\alpha_n = 7,5$ на 8—9%, а при $\alpha_n = 5,0$, т. е. для полов, на 7—8% больше B . Только при очень малых значениях ν , а именно при $\nu < 2$, разница эта становится меньше и при $\nu = 0,5$ сводится почти к нулю.

При «толстых» стенах практическое значение имеют для нас материалы, для которых ν колеблется в пределах от 4,75 (дерево во внутренних ограждениях) до 11,75 (кирпичная кладка в наружных стенах).

В этих пределах поправочный коэффициент к величине B остается почти постоянным и может быть принят $\gamma_n = 1,08$.

Обращаясь к «тонким» ограждениям, получаем более сложную картину.

Для этих ограждений значения Y_n и $\text{mod} Y_n$ несколько не совпадают между собой, вследствие чего получается и более значительная разница между величинами B и $\text{mod} B$, чем это имело место при «толстых» ограждениях.

Произведенные нами многочленные расчеты при $z = 12$ и $z = 24$ часам показывают, что теоретически возможны такие случаи, для которых разница между B и $\text{mod} B$ доходит до $\pm 15\%$. Из этого следует, что когда требуется получить особо точные результаты, например, при различных научно-теоретических исследованиях, расчет теплопоглощения «тонких» ограждений необходимо производить по точному методу.

Для практических же расчетов, применительно к проектированию печного отопления, вполне возможно ограничиться приближенным расчетом.

При этом следует отметить, что для конструкций, имеющих практическое значение, величина $\text{mod} B$ получается обычно всегда больше B (не свыше 10—12%)¹.

Благодаря этому, принятый для «толстых» ограждений поправочный коэффициент к величине B , целесообразно принять и для «тонких» ограждений. В этом убеждаемся по данным, приведенным в табл. 4, в последнем столбце которой дано отношение $1,08 B : \text{mod} B$.

Мы видим, что это отношение довольно близко к единице, и колебания в обе стороны не превышают 5—10%. Для нетеплоемких конструкций (окна, застекленные двери) эту поправку делать, конечно, не следует, поскольку для этих ограждений $\arg B = 0$ и $\text{mod} B = B$.

О величине возможных ошибок при определении коэффициента теплопоглощения без учета сдвига фаз в практических расчетах будет сказано ниже.

¹ Иногда величина $\text{mod} B$ бывает и меньше B , а именно в таких конструкциях, в которых за очень тонким поверхностным слоем, выполненным из материала с весьма высоким значением ν , расположен слой из материала с особо низким значением ν (см. например, ограждения 19 и 21 в табл. 4).

Теплопоглощательная способность помещения и амплитуда колебаний температуры воздуха

Если мы имеем поверхность площадью F_n м², то амплитуда колебаний теплового потока, поглощаемого этой поверхностью, будет $A_n F_n$.

Далее легко найти амплитуду колебаний теплового потока, поглощаемого всеми ограждениями помещения A_Q . Для этого нужно определить значения $A_n F_n$ для каждого ограждения: окон, внутренних и наружных стен, дверей, пола, потолка и затем просуммировать их:

$$A_Q = (A_n F_n)_1 + (A_n F_n)_2 + \dots + (A_n F_n)_n = \Sigma A_n F_n \quad (39)$$

или см. формулы (10) и (12):

$$A_Q = \Sigma \frac{A_n}{\frac{1}{\alpha_n} + \frac{1}{Y_n}} F_n \quad (40)$$

Вынося величину A_t , как постоянную для всех ограждений, за знак суммы, получаем:

$$A_Q = A_t \Sigma \frac{1}{\frac{1}{\alpha_n} + \frac{1}{Y_n}} F_n = A_t \Sigma B F_n \quad (41)$$

Обозначив

$$\Sigma B F_n = P, \quad (42)$$

получаем:

$$P = \frac{A_Q}{A_t} \quad (43)$$

Величина P есть теплопоглощательная способность помещения. Она равна амплитуде колебаний теплового потока, поглощаемого всеми ограждениями помещения, при амплитуде колебаний температуры воздуха $A_t = 1^\circ$.

Амплитуду колебаний теплового потока A_Q можно выразить, как некоторую долю от его среднего значения:

$$A_Q = M \cdot Q_{cp} \quad (44)$$

Величина $M = \frac{A_Q}{Q_{cp}}$ называется коэффициентом неравномерности теплового потока.

Вставляя это значение A_Q в формулу (41), получаем:

$$A_t = \frac{M \cdot Q_{cp}}{\Sigma B F_n} \quad (45)$$

Если коэффициент теплопоглощения ограждения взят в комплексном выражении, то будем иметь:

$$P = \Sigma \text{mod} B F_n \quad (46)$$

и

$$A_t = \frac{M \cdot Q_{cp}}{\Sigma \text{mod} B F_n} \quad (47)$$

Обратимся теперь к зависимости между теплопоглощением поверхностями ограждений и теплоотдачей отопительного прибора. Перенос теплоты с поверхности печи на внутренние поверхности ограждений происходит двумя путями.

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

Второй путь передачи тепла от печи — конвекция.

Здесь посредником является движущийся воздух.

Печь отдает сначала тепло воздуху, который омывает поверхность печи, а 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 отопительным прибором и получением тепла внутренними поверхностями ограждений нет.

Но легко показать, что разница в этих величинах очень не велика и не имеет практического значения.

Пусть печь топится два раза в сутки и, следовательно, каждый раз нагрев помещения длится 6 часов, и пусть при этом $A_t = 3^\circ$.

Отсюда за каждый час воздух в помещении нагревается на

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

При этом он аккумулирует тепла

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

Между тем, отдача тепла печью для компенсации теплопотерь помещения составляет обычно не менее 10—15 ккал/час м^3 , а в небольших одноэтажных зданиях и значительно больше. Следовательно, величина ΔQ составит всего не более 2—3% от Q_{cp} и ею можно пренебречь.

Отсюда можно пренебречь и отставанием по времени между теплоотдачей отопительного прибора и суммарным поглощением тепла ограждениями.

В результате этого в выше приведенных формулах под величинами A_Q , Q_{cp} и M можно принимать амплитуду колебаний, среднюю величину и коэффициент неравномерности теплового потока, выделяемого отопительным прибором.

Сдвиги фаз между теплоотдачей отопительного прибора и теплопоглощениями отдельных ограждений

В изложенных нами формулах (42) и (46) для определения теплопоглощательной способности помещения P не учтено то обстоятельство, что разные ограждения помещения работают не одновременно, и максимумы теплопоглощения их не совпадают по

времени между собой и с максимумом теплоотдачи отопительного прибора.

Точное значение величины P с учетом указанного сдвига фаз можно получить, пользуясь комплексными значениями коэффициентов теплопоглощения ограждений, причем для этого введем

$\Sigma \text{ мод } BF_0$ следует взять мод $\Sigma \bar{B}F_0$.

Таким образом, получим:

$$P = \text{мод } \Sigma \bar{B}F_0. \quad (48)$$

Обозначим углы сдвига фаз между теплоотдачей отопительного прибора и теплопоглощением отдельными ограждениями через $\varepsilon_1, \varepsilon_2, \varepsilon_3$ и т. д.

В тот момент, когда тепловыделение прибора достигнет максимума, некоторое ограждение k будет поглощать тепла в час на 1 м^2 :

$$(A_Q)_k \cdot \sin(90 \pm \varepsilon_k) = (A_Q)_k \cos \varepsilon_k, \quad (49)$$

или на всю поверхность:

$$(A_Q F_0)_k \cdot \cos \varepsilon_k.$$

Теплопоглощение всеми ограждениями в этот момент составит (при $A_t = 1^\circ$)

$$A_Q = \Sigma (A_Q F_0)_k \cos \varepsilon_k = A_t \Sigma (B F_0)_k \cos \varepsilon_k.$$

Откуда

$$P = \Sigma (B F_0)_k \cos \varepsilon_k. \quad (50)$$

Займемся определением значений углов $\varepsilon_1, \varepsilon_2$ и т. д.

Аргумент величины $\Sigma B F_0$ дает нам сдвиг фаз между теплоотдачей отопительного прибора (или суммарным теплопоглощением ограждений) и температурой помещения, который мы обозначим через ε_0 , т. е.

$$\arg \Sigma \bar{B}F_0 = \varepsilon_0. \quad (51)$$

Характер кривой температуры воздуха помещения и сдвиг фаз по отношению к теплоотдаче печи определяется двумя факторами: во-первых, свойствами отопительной печи (мощность теплоотдачи и величина коэффициента неравномерности) и, во-вторых, свойствами всех строительных ограждений комнаты.

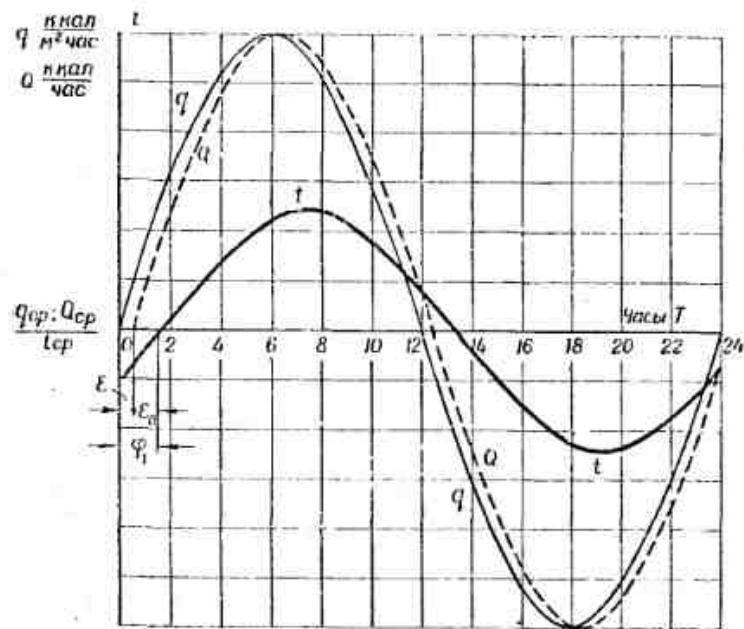
Однако, каждое отдельно взятое ограждение находится уже под влиянием действия не самого отопительного прибора и выделяемого им потока тепла, а под непосредственным воздействием температуры воздуха помещения. Колебания последней в конечном счете определяют величины A_Q и A_t для данного ограждения. Следовательно, сдвиг фаз для этих функций находится в непосредственной связи не с фазой теплоотдачи прибора, а с фазой A_t .

Поэтому все выведенные выше формулы, дающие зависимости между A_q , A_t и A , и углами сдвига фаз между ними, остаются вполне справедливыми во всех случаях.

Таким образом, для каждого ограждения мы можем определить по формуле (16) сдвиг фаз между A_q и A_t , т. е. угол φ_1 .

Искомый же сдвиг фаз между теплоотдачей печи и теплопоглощением ограждения ε , по видимому, будет равен разности между ε_0 и φ_1 (рис. 2).

$$\varepsilon = \varepsilon_0 - \varphi_1 \quad (\varepsilon \text{ может быть как больше, так и меньше } 0)$$



Примечание. Величины q и Q отложены в разных масштабах

Рис. 2. Сдвиг фаз между теплоотдачей отопительного прибора и теплопоглощением ограждения (ε).

Исходя из вышесказанного положения, получаем следующие некоторые нами формулы:

$$\begin{aligned} \varepsilon_1 &= \varepsilon_0 - (\varphi_1)_1 = \varepsilon_0 - \arg \bar{B}_1 \\ \varepsilon_2 &= \varepsilon_0 - (\varphi_1)_2 = \varepsilon_0 - \arg \bar{B}_2 \\ &\dots \dots \dots \\ \varepsilon_n &= \varepsilon_0 - (\varphi_1)_n = \varepsilon_0 - \arg \bar{B}_n \end{aligned} \quad (52)$$

Если ε_k имеет знак плюс, то, следовательно, фаза A_q опережает фазу A_Q , если же знак минус, то отстает от нее. Практического значения знак в данном случае не имеет, так как

$$\cos x = \cos (-x).$$

Пределы значений поправочных коэффициентов на «сдвиг фаз»

Теперь, когда нами выведены формулы для сдвига фаз между кривой теплоотдачи прибора и кривой теплопоглощения ограждения, можно найти величины возможных ошибок при пользовании формулой (46), которая сдвига фаз не учитывает.

На основании формулы (50) можно предвидеть, что эти ошибки будут значительны только при достаточно большом сдвиге фаз, так как значение косинуса первоначально уменьшается очень медленно и даже для угла $\varepsilon = 20^\circ$ оно еще мало отличается от единицы.

Таким образом, наша дальнейшая задача заключается в определении возможных максимумов значений углов ε , для чего воспользуемся данными табл. 4.

В этой таблице нас интересуют значения модуля и аргумента коэффициента теплопоглощения \bar{B} и соответствующий угол сдвига фаз между A_q и A_t , т. е.

$$\varphi_1 = \arg \bar{B}.$$

Если ограждения помещения, т. е. стены, пол, потолок, выполнены из разных материалов и углы φ_1 для них не одинаковы, то в результате суммарного влияния всех этих ограждений сдвиг фаз между теплоотдачей печи и температурой помещения, т. е. величина

$$\varepsilon_0 = \arg \Sigma \bar{B} F_0$$

будет некоторая средняя между значениями φ_1 для отдельных ограждений.

При этом величины $\varepsilon_1, \varepsilon_2, \dots, \varepsilon_n$ по формуле (52) будут тем больше, чем больше отличаются между собой значения φ_1 для отдельных конструкций.

Укажем еще, что если мы имеем ряд ограждений, для которых значения φ_1 соответственно равны $(\varphi_1)_1, (\varphi_1)_2, \dots, (\varphi_1)_n$, причем минимальное значение угла φ_1 имеет ограждение k , а максимальное — ограждение m , то самым интересным случаем будет такой, когда мы все остальные ограждения с промежуточными значениями φ_1 выбросим и оставим только эти два.

При этом поправка на сдвиг фаз получит максимальное значение тогда, когда величины площадей этих конструкций будут обратно пропорциональны модулям \bar{B} , т. е. когда будет справедливо равенство:

$$\text{mod}(\bar{B} F_0)_k = \text{mod}(\bar{B} F_0)_m \quad (53)$$

При этих условиях нами были определены значения поправочных коэффициентов на сдвиг фаз для некоторых комбинаций различных ограждений в домах кирпичных, деревянных со штукатуркой и без штукатурки и в сборно-щитовых.

Результаты этих расчетов показали, что уменьшение теплопоглощательной способности помещения, вследствие сдвига фаз,

в большинстве случаев находится в пределах 1—2%, доходя лишь в редких случаях до 3—4%.

Такими величинами в практических расчетах можно пренебречь.

Рекомендуемая формула для определения теплопоглощательной способности помещения

В предыдущем параграфе мы пришли к выводу, что величина \bar{B} близка к 1 и, таким образом, для практических расчетов нет надобности учитывать сдвиг фаз в теплопоглощении отдельными ограждениями.

Иными словами можно принять

$$\text{мод} \Sigma \bar{B} F_0 = \Sigma \text{мод} \bar{B} F_0.$$

Еще ранее мы показали, что точное значение коэффициента теплопоглощения ограждения, определяемое как мод B , с достаточной точностью можно заменить приближенным значением его, с введением поправочного коэффициента 1,08, т. е. можно принять

$$\text{мод} \bar{B} = 1,08 B. \quad (54)$$

На этом основании можно рекомендовать простую и достаточно точную для практических расчетов при проектировании отопления формулу для определения теплопоглощательной способности помещения:

$$P = 1,08 \Sigma B F_0. \quad (55)$$

Метод приближенного определения величины $\Sigma B F_0$

Величину $\Sigma B F_0$ удобно представить в виде формулы

$$\Sigma B F_0 = a \sqrt{f} + b f, \quad (56)$$

где f — площадь помещения, м^2 ,
 a и b — числовые коэффициенты.

Примем за величину b сумму коэффициентов теплопоглощения пола и потолка: тогда произведение

$$b f = (B_{\text{пола}} + B_{\text{пот}}) f \quad (57)$$

дает теплопоглощение этих двух поверхностей. Первое слагаемое в правой части формулы (56) должно дать теплопоглощение всеми вертикальными ограждениями, т. е. стенами внутренними и наружными, окнами и дверьми $(\Sigma B F_0)_{\text{в.о.}}$.

Площадь стен равна произведению периметра пола на высоту помещения H .

Периметр пола можно приближенно определить по формуле

$$P = 4\sqrt{f}. \quad (58)$$

Для помещений, представляющих в плане квадрат, эта формула дает точный результат, а для вытянутых в плане — с некоторым приближением.

На практике наибольшее отношение длины жилого помещения к ширине не превышает 2:1, и возможная погрешность формулы (58) не превышает нескольких процентов.

Площадь вертикальных ограждений будет

$$(F_0)_{\text{в.о.}} = PH = 4H\sqrt{f}. \quad (59)$$

Теплопоглощение вертикальными поверхностями можно представить формулой:

$$(\Sigma B F_0)_{\text{в.о.}} = (B_{\text{ср}})_{\text{в.о.}} (\Sigma F_0)_{\text{в.о.}} = (B_{\text{ср}})_{\text{в.о.}} 4H\sqrt{f}, \quad (60)$$

отсюда

$$a = \frac{(B_{\text{ср}})_{\text{в.о.}} 4H\sqrt{f}}{\sqrt{f}} = 4H(B_{\text{ср}})_{\text{в.о.}} \quad (61)$$

Здесь $(B_{\text{ср}})_{\text{в.о.}}$ — средняя величина коэффициента теплопоглощения вертикальными поверхностями определяется по формуле

$$(B_{\text{ср}})_{\text{в.о.}} = \frac{(B F_0)_1 + (B F_0)_2 + \dots + (B F_0)_n}{(\Sigma F_0)_{\text{в.о.}}}, \quad (62)$$

где $(B F_0)_1$, $(B F_0)_2$ и т. д. есть коэффициенты теплопоглощения отдельных стен, окон, дверей. Практически величина a определяется непосредственно из формулы:

$$a = \frac{\Sigma B F_0 - b f}{\sqrt{f}}. \quad (63)$$

Для этого предварительно задаются некоторым частным значением $f \text{ м}^2$ и для выбранных конструкций ограждений определяют обычным путем величину $\Sigma B F_0$.

Вставляя значения этих величин в формулу (63), определяют a .

По этому методу составлены формулы и таблицы значений $\Sigma B F_0$ для некоторых помещений, приведенные в приложении II.

ГЛАВА ТРЕТЬЯ

ОТОПИТЕЛЬНЫЕ ПРИБОРЫ С НЕГАРМОНИЧЕСКОЙ КРИВОЙ ТЕПЛОТДАЧИ

Теплоемкие отопительные печи

Поскольку в данной главе вычисления A_t сводятся к определению различных сравнительных величин, будем полагать, что в формулах для определения A_t в выражениях

$$\text{мод} \Sigma \bar{B} \bar{F}_0 \text{ и } \Sigma B \bar{F}_0$$

величины B и \bar{B} являются постоянными, а

$$F_0 = 1,0 \text{ м}^2.$$

Вследствие этого формула (47) получает следующий вид:

$$A_t = \frac{M \cdot Q_{\text{ср}}}{\text{мод} \bar{B}}. \quad (64)$$

При пользовании формулами для определения A_t мы исходили из условия, что изменение теплоотдачи отопительного прибора по времени происходит точно по синусоиде.

Однако для отопительной печи с периодической топкой на самом деле колебания теплоотдачи не являются правильными гармоническими.

Отступление от правильной гармоники происходит здесь по двум направлениям.

Во-первых, отклонения теплоотдачи в сторону максимума и в сторону минимума в общем случае не равны между собой, иначе говоря $A_Q^+ \neq -A_Q^-$ (рис. 3).

Обычно отношение $\frac{A_Q^+}{-A_Q^-} > 1,0$, причем оно уменьшается при переходе от менее теплоемких к более теплоемким печам, постепенно приближаясь к 1,0.

Отклонение температуры помещения от средней величины в сторону максимума обозначим через A_t^+ и в сторону минимума

через A_t^- . Эти величины можно приближенно определить по формулам:

$$A_t^+ = \frac{A_Q^+}{\text{мод} B}. \quad (65)$$

$$A_t^- = \frac{A_Q^-}{\text{мод} B}. \quad (66)$$

Далее, так как

$$MQ_{\text{ср}} = \frac{Q_{\text{max}} - Q_{\text{min}}}{2} = \frac{A_Q^+ - A_Q^-}{2},$$

то

$$A_t = \frac{MQ_{\text{ср}}}{\text{мод} \bar{B}} = \frac{A_Q^+ - A_Q^-}{2 \text{ мод} \bar{B}} = \frac{A_t^+ - A_t^-}{2}. \quad (67)$$

и

$$A_t^+ - A_t^- = 2 \frac{M \cdot Q_{\text{ср}}}{\text{мод} \bar{B}}. \quad (68)$$

Чем больше будет относительная разница между A_Q^+ и $(-A_Q^-)$, тем большее должно получиться по этим формулам отклонение значений A_t^+ и $(-A_t^-)$ от среднего значения A_t .

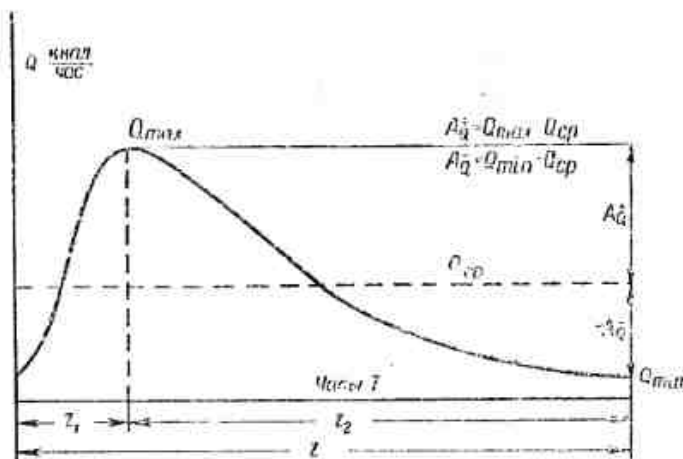


Рис. 3. Кривая теплоотдачи теплоемкой печи с периодической топкой.

Во-вторых, отклонение кривой теплоотдачи от правильной гармоники состоит в том, что возрастание теплоотдачи печи от Q_{min} до Q_{max} и падение от Q_{max} до Q_{min} происходит в общем случае не в одинаковые сроки. Иначе говоря, $z_1 \neq z_2$ (рис. 3).

Особенно это неравенство резко проявляется при $z = 24$, т. е. при одной топке в сутки.

При двух топках в сутки и при переходе от дров к каменному углю, особенно антрациту, при котором процессе топки удлиняется на 2—3 часа, соответственно меняется и соотношение между z_1 и z_2 , значения которых сближаются между собой.

Наконец, необходимо указать, что кривая теплоотдачи на любом отрезке может быть только более или менее близкой к синусоиде, но не удовлетворяет вполне ее уравнению.

Вследствие указанных причин температура помещения меняется также не по правильной гармонике и значения A_n , определяемые по формулам (45) и (47), являются неточными.

Применение тригонометрических рядов Фурье для определения значений A_n

Чтобы установить пригодность формул (45), (47) и т. д. для практических расчетов при печном отоплении, необходимо выяснить пределы возможных ошибок от негармоничности кривой теплоотдачи.

Последнее возможно только при условии, если будет произведен параллельный расчет по более точным методам.

В данном случае такие расчеты произвести возможно, так как мы можем рассматривать кривую теплоотдачи печи как функцию, правильно повторяющуюся через точно определенные отрезки времени. При этом условии мы можем разложить эту функцию в тригонометрический ряд Фурье на отдельные правильные гармонические функции, для каждой из которых указанные формулы будут давать правильные значения A_n .

Далее путем наложения значений A_n , полученных для отдельных гармоник, одна на другую, сможем построить кривую действительных значений A_n .

Разложение производим в ряд синусов по формуле

$$Q_T = A_0 + A_1 \sin(\omega^\circ T + \alpha_1) + A_2 \sin(2\omega^\circ T + \alpha_2) + \dots + A_n \sin(n\omega^\circ T + \alpha_n). \quad (69)$$

Для большей точности разложение производим по 24 точкам и получаем:

$$\omega^\circ T = \frac{360^\circ}{24} = 15^\circ.$$

От формулы (69) разложения функции легко перейти к формуле для определения амплитуды A_n для каждой гармоники в отдельности. В отличие от значений, получаемых по формулам (65), (66) и (67), значения этих величин, полученные по приведенным ниже формулам разложения, будем обозначать заключенными в скобки, т. е.

$$(A_n); (A_n^+); (A_n^-).$$

Для m -ой гармоники максимальное значение амплитуды колебаний температуры воздуха будет:

$$(A_n)_m = \frac{A_m}{\text{мод } B_m}. \quad (70)$$

В данный момент T

$$(A_n)_{m,T} = \frac{A_m}{\text{мод } B_m} \sin(15 \cdot m \cdot T + \alpha_m - \varphi_{1,m}). \quad (71)$$

Здесь $\varphi_{1,m}$ — угол, обозначающий отставание фазы температуры воздуха от фазы теплоотдачи отопительной печи,

$$\varphi_{1,m} = \arg B_m.$$

Сложение амплитуд по отдельным гармоникам дает искомую амплитуду колебаний температуры воздуха в момент T :

$$(A_n)_T = \frac{A_1}{\text{мод } B_1} \sin(15T + \alpha_1 - \varphi_{1,1}) + \frac{A_2}{\text{мод } B_2} \sin(15 \cdot 2 \cdot T + \alpha_2 - \varphi_{1,2}) + \dots + \frac{A_n}{\text{мод } B_n} \sin(15 \cdot n \cdot T + \alpha_n - \varphi_{1,n}). \quad (72)$$

Для некоторого момента T_k значение функции по формуле (72) достигнет максимума

$$(A_n^+) = \frac{A_1}{\text{мод } B_1} \sin(15T_k + \alpha_1 - \varphi_{1,1}) + \frac{A_2}{\text{мод } B_2} \sin(15 \cdot 2 \cdot T_k + \alpha_2 - \varphi_{1,2}) + \dots + \frac{A_n}{\text{мод } B_n} \sin(15 \cdot n \cdot T_k + \alpha_n - \varphi_{1,n}). \quad (73)$$

Максимальное значение со знаком минус будет в момент T_k

$$(A_n^-) = \frac{A_1}{\text{мод } B_1} \sin(15T_k + \alpha_1 - \varphi_{1,1}) + \frac{A_2}{\text{мод } B_2} \sin(15 \cdot 2 \cdot T_k + \alpha_2 - \varphi_{1,2}) + \dots + \frac{A_n}{\text{мод } B_n} \sin(15 \cdot n \cdot T_k + \alpha_n - \varphi_{1,n}). \quad (74)$$

Эти значения можем считать достаточно точными, и поэтому точность формул (65), (66) и (67) можем проверить путем сравнения получаемых по ним значений A_n , A_n^+ и A_n^- со значениями

$$(A_n^+) \text{ и } (A_n^-).$$

При разложении функции Q в ряд по формуле (69) амплитуда колебаний может быть представлена следующим образом:

$$A_Q = Q_T - A_0 = A_1 \sin(15T + \alpha_1) + \dots + A_n \sin(15 \cdot T \cdot n + \alpha_n).$$

Своего максимума она достигнет в некоторый момент t_p .

$$A_0^+ = A_1 \sin(15 \cdot T_p + \alpha_1) + A_2 \sin(15 \cdot 2 \cdot T_p + \alpha_2) + \dots + A_n \sin(15 \cdot n \cdot T_p + \alpha_n). \quad (75)$$

Вставляя это значение A_0^+ в формулу (65), получим:

$$A_i^+ = \frac{A_1 \sin(15 T_p + \alpha_1)}{\text{mod } \bar{B}_1} + \frac{A_2 \sin(15 T_p \cdot 2 + \alpha_2)}{\text{mod } \bar{B}_1} + \dots + \frac{A_n \sin(15 \cdot T_p \cdot n + \alpha_n)}{\text{mod } \bar{B}_1}. \quad (76)$$

Сравнивая значение A_i^+ по формуле (76) со значением (A_i^-) по формуле (73), мы видим, что они отличаются в первую очередь тем, что при вычислении A_i^+ во всех гармониках фигурирует один и тот же делитель ($\text{mod } \bar{B}_1$), в то время как во втором случае этот делитель при переходе к последующим гармоникам возрастает.

Таким образом, если бы в формуле (73) отставание фаз, т. е. углы $\varphi_{1,1}, \varphi_{1,2}, \dots, \varphi_{1,n}$, было бы равным 0, то, повидимому, значение (A_i^+) было бы обязательно меньше A_i^+ . При этом указанная разница между (A_i^+) и A_i^+ была бы больше для тех ограждений, для которых относительное возрастание величины $\text{mod } \bar{B}$ при переходе от первой гармоники к последующим было бы больше. Аналогичные рассуждения можно повторить и относительно величин (A_i^-) и A_i^- .

Однако углы $\varphi_{1,1}, \varphi_{1,2}, \dots, \varphi_{1,n}$ на самом деле всегда имеют некоторое значение, отличное от 0, и это обстоятельство усложняет картину. Зависимость значений (A_i^+) и (A_i^-) от конструкции ограждения получается при этом столь сложной, что для ее выявления необходимо прибегнуть к решению ряда практических задач, выбрав для этого известное количество наиболее характерных случаев. Так как влияние указанного относительного возрастания $\text{mod } \bar{B}$ имеет, повидимому, существенное значение, то при выборе конструкций считаем необходимым исследовать весь диапазон возможных здесь случаев. Формулу для определения B_m для «толстых» ограждений для m -ой гармоники можно представить в следующем виде

$$\bar{B}_m = \frac{1}{\frac{\sqrt{2}}{(1+i)Y_{n,1}\sqrt{m}} + \frac{1}{\alpha_n}}}. \quad (77)$$

Очевидно, что чем больше будет значение $Y_{n,1}$, тем влияние первого слагаемого в знаменателе на величину дроби будет меньше, и тем меньше получится относительное изменение величины $\text{mod } \bar{B}$ при переходе от первой гармоники к следующим.

Напротив, для легких материалов с малым значением $Y_{n,1}$ относительное изменение значений $\text{mod } \bar{B}$ будет наибольшим.

Указанное изменение величины $\text{mod } \bar{B}$ будет еще больше, если мы перейдем к «тонкому» ограждению из легких материалов, внутренней поверхности которого расположен слой малой толщины с относительно большим значением Y .

Для таких случаев и сама по себе величина $Y_{n,1}$ имеет малое значение и, кроме того,

$$Y_{n,m} > Y_{n,1} \sqrt{m},$$

так как при переходе к следующим гармоникам (т. е. при уменьшении периода z) все большее влияние на величину Y_n будет оказывать первый слой, с большим значением Y .

Учитывая изложенное, мы в первую очередь исследуем «толстую» наружную кирпичную стену. В этом случае величина Y_n имеет практически наибольшее значение.

Этому ограждению противопоставим ограждение в виде фанерного щита с утеплением шлаковой ватой.

Наконец, в качестве ограждения с некоторыми промежуточными свойствами рассмотрим «толстое» деревянное ограждение.

Для этих ограждений нами определены значения Y_n ; \bar{B} ; $\text{mod } \bar{B}$ и углы φ_1 для разных гармоник при одной и при двух топках в сутки, которые приведены в табл. 5.

Таблица 5

| № гармоник | z час. | Кирпичные наружные стены | | Деревянные внутренние стены | | Стена из фанерных щитов со шлаковой | |
|------------|--------|--------------------------|-------------|-----------------------------|-------------|-------------------------------------|-------------|
| | | mod \bar{B} | φ_1 | mod \bar{B} | φ_1 | mod \bar{B} | φ_1 |
| 1 | 24 | 4,16 | 20° | 2,48 | 31°30' | 1,1 | 57°30' |
| | 12 | 4,93 | 17°40' | 3,12 | 27°50' | 1,74 | 55°50' |
| 2 | 24 | 4,93 | 17°40' | 3,12 | 27°50' | 1,74 | 55°50' |
| | 12 | 5,5 | 14° | 3,85 | 23°50' | 2,85 | 50° |
| 3 | 24 | 5,18 | 15°40' | 3,54 | 25°30' | 2,34 | 53° |
| | 12 | 5,8 | 12°20' | 4,27 | 21°30' | 3,56 | 45° |
| 4 | 24 | 5,5 | 14° | 3,85 | 23°50' | 2,82 | 50° |
| | 12 | 6,03 | 10°50' | 4,55 | 19°50' | 4,18 | 40°40' |
| 5 | 24 | 5,68 | 13° | 4,06 | 22°30' | 3,26 | 47°30' |
| | 12 | 6,12 | 9°50' | 4,75 | 18°30' | 4,51 | 37°30' |
| 6 | 24 | 5,8 | 12°20' | 4,27 | 21°30' | 3,56 | 45° |
| | 12 | 6,23 | 9°10' | 4,93 | 17°30' | 4,9 | 34° |
| 7 | 24 | 5,92 | 11°30' | 4,42 | 20°40' | 3,78 | 43° |
| | 12 | 6,32 | 8°30' | 5,08 | 16°30' | 5,28 | 30°10' |
| 9 | 24 | 6,08 | 10°10' | 4,65 | 19°10' | 4,13 | 38° |
| | 12 | 6,4 | 7°50' | 5,25 | 15°30' | 5,62 | 26° |
| 11 | 24 | 6,2 | 9°30' | 4,83 | 18° | 4,88 | 35° |
| | 12 | 6,65 | 7° | 5,42 | 14°30' | 5,83 | 22°40' |
| 13 | 24 | 6,23 | 8°50' | 5,03 | 17° | 5,16 | 31°50' |
| | 12 | 6,75 | 6°30' | 5,58 | 13°30' | 6,02 | 20° |
| 15 | 24 | 6,29 | 8°20' | 5,12 | 16°20' | 5,33 | 29°20' |
| | 12 | 6,75 | 6°10' | 5,67 | 12°50' | 6,20 | 17°30' |
| 17 | 24 | 6,35 | 7°50' | 5,21 | 15°30' | 5,55 | 27° |
| | 12 | 6,77 | 5°50' | 5,76 | 12°10' | 6,26 | 17° |

Из этой таблицы видно, что для кирпичной стены (при одной топке)

$$\frac{\text{мод } B_0}{\text{мод } B_1} = \frac{5,8}{4,16} = 1,39.$$

Для фанерной стены это отношение значительно больше:

$$\frac{\text{мод } B_0}{\text{мод } B_1} = \frac{3,56}{1,1} = 3,24.$$

Условным критерием теплоемкости печи нами принят коэффициент неравномерности теплоотдачи, определяемый по формуле (78).

$$M = \frac{Q_{\max} - Q_{\min}}{2Q_{\text{ср}}} \quad (78)$$

Для наиболее легкой из наших типовых тонкостенных печей этот коэффициент при одной топке $M \approx 2,0$, а для наиболее тяжелых тонкостенных печей $M \approx 0,60$.

В этих пределах и выберем функции Q для наших расчетов.

При двух топках для указанных печей величина M колеблется в пределах от 0,25 до 1,0.

Большие толстостенные печи не будем рассматривать, поскольку при их установке в подавляющем большинстве случаев проверки на колебания температуры воздуха можно не производить.

Ввиду того, что нас, в конечном счете, интересуют только относительные значения A_0, A_1^* и т. д., то величины Q , т. е. ординаты функций, будем принимать по произвольной наиболее удобной для нас шкале.

Примеры расчетов для теплоемких печей

Далее переходим непосредственно к расчетам, причем расчет приводим только для функции № 1, а для других функций даем лишь результативные данные.

Функция № 1. (Печь МЕМС-62).

Значения ординат функций даны в табл. 6.

Таблица 6

| | | | | | | | | | | | |
|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| Y_0 | Y_1 | Y_2 | Y_3 | Y_4 | Y_5 | Y_6 | Y_7 | Y_8 | Y_9 | Y_{10} | Y_{11} |
| 0 | 8,4 | 17,5 | 45 | 40,5 | 34 | 28,5 | 23,5 | 17 | 12,5 | 9 | 6 |
| Y_{12} | Y_{13} | Y_{14} | Y_{15} | Y_{16} | Y_{17} | Y_{18} | Y_{19} | Y_{20} | Y_{21} | Y_{22} | Y_{23} |
| 4,5 | 3,8 | 3 | 2,35 | 1,75 | 1,25 | 0,8 | 0,4 | 0,2 | 0,1 | 0 | 0 |

$$z = 24 \text{ час.}; Q_{\text{ср}} = 10,65.$$

Коэффициент неравномерности:

$$M = \frac{45 - 0}{2 \cdot 10,65} = 2,1.$$

Определение коэффициентов формулы разложения производится следующим образом.

Сначала выписывают в указанном ниже порядке ординаты и из каждой пары подписанных одна под другой ординат производят сложение и вычитание.

| | | | | | | | | | | | | | |
|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| Ординаты | Y_0 | Y_1 | Y_2 | Y_3 | Y_4 | Y_5 | Y_6 | Y_7 | Y_8 | Y_9 | Y_{10} | Y_{11} | Y_{12} |
| | Y_{23} | Y_{22} | Y_{21} | Y_{20} | Y_{19} | Y_{18} | Y_{17} | Y_{16} | Y_{15} | Y_{14} | Y_{13} | | |
| Суммы | u_0 | u_1 | u_2 | u_3 | u_4 | u_5 | u_6 | u_7 | u_8 | u_9 | u_{10} | u_{11} | u_{12} |
| Разности | v_1 | v_2 | v_3 | v_4 | v_5 | v_6 | v_7 | v_8 | v_9 | v_{10} | v_{11} | | |

Затем аналогично выписывают эти суммы и разности и снова подвергают их сложению и вычитанию.

| | | | | | | | | | | | | | | |
|----------|----------|----------|----------|-------|-------|-------|-------|----------|----------|----------|-------|-------|-------|-------|
| | Суммы | | | | | | | Разности | | | | | | |
| | u_0 | u_1 | u_2 | u_3 | u_4 | u_5 | u_6 | | v_1 | v_2 | v_3 | v_4 | v_5 | v_6 |
| | u_{12} | u_{11} | u_{10} | u_9 | u_8 | u_7 | | | v_{11} | v_{10} | v_9 | v_8 | v_7 | |
| Суммы | p_0 | p_1 | p_2 | p_3 | p_4 | p_5 | p_6 | Суммы | r_1 | r_2 | r_3 | r_4 | r_5 | r_6 |
| Разности | q_0 | q_1 | q_2 | q_3 | q_4 | q_5 | | Разности | s_1 | s_2 | s_3 | s_4 | s_5 | |

И далее:

| | | | | | | | | |
|----------|-------|-------|-------|-------|----------|----------|-------|-------|
| | Суммы | | | | | Разности | | |
| | p_0 | p_1 | p_2 | p_3 | | s_1 | s_2 | s_3 |
| | p_6 | p_5 | p_4 | | | s_6 | s_4 | |
| Суммы | k_0 | k_1 | k_2 | k_3 | Суммы | m_1 | m_2 | m_3 |
| Разности | l_0 | l_1 | l_2 | | Разности | n_1 | n_2 | |

Отметим, что с величинами q и r нет надобности проделывать сложения и вычитания.

Теперь через полученные указанным путем величины k, l, m, n, q и r определяются коэффициенты a и b по формулам:

$$24a_0 = k_0 + k_1 + k_2 + k_3;$$

$$12a_1 = [q_0 + 0,5q_4 + 0,6124(q_1 + q_5)] + [0,8660q_2 + 0,7071q_3 + 0,3536(q_1 - q_5)];$$

$$12a_2 = l_0 + 0,8660l_1 + 0,5l_2;$$

$$12a_3 = (q_0 - q_4) + 0,7071(q_1 - q_3 - q_5);$$

$$12a_1 = (k_0 - k_2) + 0,5(k_1 - k_2);$$

$$12a_5 = [q_0 + 0,5q_4 + 0,6124(q_1 + q_5)] - [0,8660q_2 + 0,7071q_3 + 0,3536(q_1 - q_5)];$$

$$12a_6 = l_0 - l_2;$$

$$12b_1 = [0,50r_2 + r_6 + 0,6124(r_1 + r_5)] + [0,7071r_3 + 0,8660r_4 - 0,3536(r_1 - r_5)];$$

$$12b_2 = 0,5m_1 + 0,8660m_2 + m_3;$$

$$12b_3 = (r_2 - r_6) + 0,7071(r_1 + r_5 - r_3);$$

$$12b_4 = 0,8660(n_1 + n_2);$$

$$12b_5 = [0,5r_2 + r_6 + 0,6124(r_1 + r_5)] - [0,7071r_3 + 0,8660r_4 - 0,3536(r_1 - r_5)];$$

$$12b_6 = m_1 - m_2.$$

Отсюда определяются коэффициенты A для формулы (69) из выражений:

$$A_0 = a_0,$$

$$A_1 = \sqrt{a_1^2 + b_1^2},$$

$$A_2 = \sqrt{a_2^2 + b_2^2},$$

.....

$$A_n = \sqrt{a_n^2 + b_n^2}.$$

Углы сдвига фаз α определяются из соотношений

$$\operatorname{tg} \alpha_n = \frac{a_n}{b_n}.$$

Проведя необходимые расчеты, получаем следующую формулу разложения функции № 1:

$$Q = 10,65 + 15,3 \sin(15^\circ T + 9^\circ 20') + 8,95 \sin(30^\circ T + 212^\circ 30') + 4,88 \sin(45^\circ T + 270^\circ) + 3,3 \sin(60^\circ T + 259^\circ 30') + 2,5 \sin(74^\circ T + 203^\circ) + 1,85 \sin(90^\circ T + 163^\circ 30').$$

Полученные по этой формуле значения ординат функции приведены в табл. 7.

| Y_0 | Y_1 | Y_2 | Y_3 | Y_4 | Y_5 | Y_6 | Y_7 | Y_8 | Y_9 | Y_{10} | Y_{11} |
|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|-------------------|----------|----------|
| -1,65 | 3,67 | 21,5 | 39,5 | 43,17 | 34,7 | 26,8 | 23 | 18,5 | 12,1 [*] | 7,9 | 6,75 |
| Y_{12} | Y_{13} | Y_{14} | Y_{15} | Y_{16} | Y_{17} | Y_{18} | Y_{19} | Y_{20} | Y_{21} | Y_{22} | Y_{23} |
| 5,0 | 2,92 | 2,75 | 8,18 | 0,93 | 0,34 | 1,18 | 1,45 | -0,26 | -0,7 | 1,12 | 0,76 |

График функции изображен на рис. 4. Там же пунктирной линией изображена функция, полученная по формуле разложения, согласно табл. 7 («вторичная» функция). Точность разложения для наших исследований считаем достаточной. Поэтому в дальнейших расчетах будем полностью исходить уже из вновь полученной (вторичной) функции.

Такой прием имеет очевидное преимущество, так как новая функция точно совпадает с формулой разложения, и поправочные коэффициенты для нее получают точные значения.

Эти значения поправочных коэффициентов можно приложить к той же основной функции, так как, несмотря на некоторое расхождение между ними, все же обе эти функции являются по своему характеру весьма сходными.

Определяем коэффициент неравномерности вторичной функции:

$$M = \frac{43,17 + 1,65}{2 \cdot 10,65} = 2,1.$$

Находим далее A_Q^+ и A_Q^-

$$A_Q^+ = Q_{\max} - Q_{cp} = 43,17 - 10,65 = 32,5,$$

$$A_Q^- = Q_{\min} - Q_{cp} = -1,65 - 10,65 = -12,3.$$

Далее переходим к определению температурных колебаний, пользуясь табл. 5 для выбора мод B и φ .

а) Кирпичные стены

Формула для A_r имеет следующий вид:

$$(A_r) = 3,67 \sin(15^\circ T - 10^\circ 40') + 1,81 \sin(30^\circ T - 65^\circ) + 0,84 \sin(45^\circ T - 105^\circ 41') + 0,6 \sin(60^\circ T - 134^\circ 30') + 0,449 \sin(75^\circ T - 170^\circ) + 0,319 \sin(90^\circ T + 154^\circ).$$

Значения ординат кривой для основных точек даем в табл. 8.

Таблица 8

| | | | | | | | | | | | | | |
|---------|-------|-------|------|-----|------|------|------|------|-------|------|-------|-------|-------|
| T | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 9 | 12 | 15 | 18 | 22 | 23 |
| (A_T) | -3,68 | -2,87 | 0,38 | 4,4 | 6,25 | 5,61 | 4,51 | 2,43 | -0,25 | -1,1 | -2,35 | -2,82 | -3,05 |

По данной таблице вычерчена кривая (1) рис. 4. Таким образом, по табл. 9 имеем:

$$(A_T^+) = 6,25 \text{ и } (A_T^-) = -3,68.$$

Определяем значения этих же величин по формулам (65) и (66):

$$A_T^+ = \frac{A_Q^+}{\text{мод } B_1} = \frac{32,5}{4,16} = 7,80^{\circ},$$

$$A_T^- = \frac{A_Q^-}{\text{мод } B_1} = \frac{-12,3}{4,16} = -2,95^{\circ}.$$

Поправочные коэффициенты

$$\gamma_1^+ = \frac{(A_T^+)}{A_T^+} = \frac{6,25}{7,8} = 0,80,$$

$$\gamma_1^- = \frac{(A_T^-)}{A_T^-} = \frac{3,68}{2,95} = 1,25,$$

$$\gamma_1 = \frac{(A_T^+) - (A_T^-)}{A_T^+ - A_T^-} = \frac{6,25 + 3,68}{7,8 + 2,95} = 0,92.$$

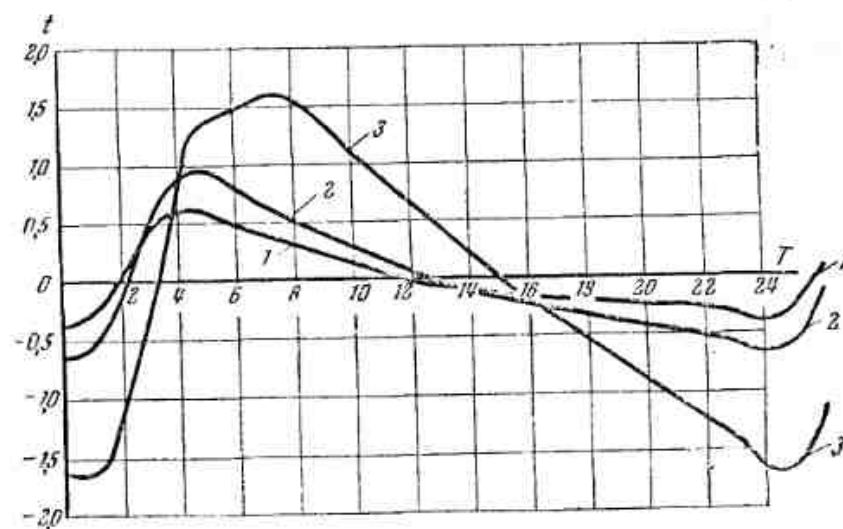
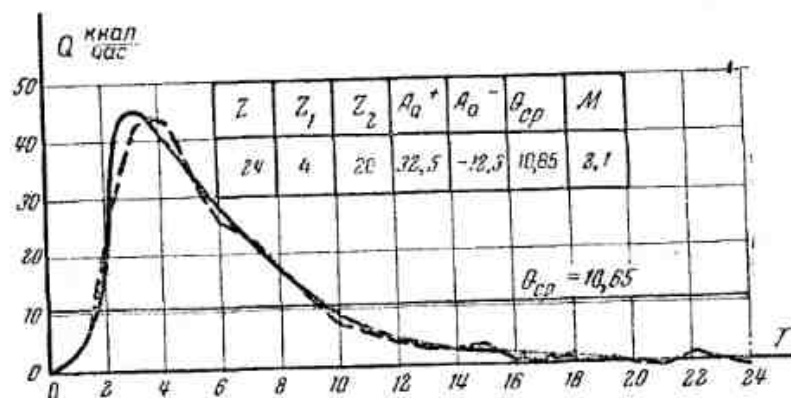
Такие же вычисления производим для деревянной и фанерной стен; результаты их помещены на рис. 4.

Затем аналогичные расчеты производим еще для 4 печей с различными значениями коэффициента неравномерности (функции № 2, 3, 4 и 5). Результаты всех расчетов помещены в табл. 9.

Анализ полученных результатов для функций 1—5

В полученных результатах расчетов (табл. 9) вполне отчетливо выявляются определенные закономерности.

Прежде всего можно отметить, что во всех функциях значение коэффициента γ_1 падает при переходе от кирпичных стен к деревянным и фанерным. Здесь безусловно сказывается влияние изменения значения мод B при переходе от первой гармоники к последующим, на что было указано выше. Можно отметить также общую тенденцию к повышению γ_1 при переходе от менее теплоемких к более теплоемким печам, график функций которых ближе к правильной гармонике.



| № | Конструкция стен | (A_T^+) | (A_T^-) | A_T^+ | A_T^- | γ_1^+ | γ_1^- | γ_1 |
|---|---------------------|-----------|-----------|---------|---------|--------------|--------------|------------|
| 1 | Кирпичная .. | 6,25 | -3,68 | 7,8 | -2,95 | 0,80 | 1,25 | 0,92 |
| 2 | Деревянная .. | 8,93 | -6,61 | 13,1 | -4,97 | 0,68 | 1,33 | 0,86 |
| 3 | Фанерная .. | 15,54 | -16,56 | 29,4 | -11,2 | 0,52 | 1,48 | 0,79 |

Рис. 4. Зависимость колебаний температуры воздуха от кривой теплоотдачи печи (для печи MBMS-62).

| № функции | M | z | z ₁ | z ₂ | Конструкция стен | (A _г ⁺) | (A _г ⁻) | (A _г) | A _г ⁺ | A _г ⁻ | γ _г ⁺ | γ _г ⁻ | γ _г |
|-----------|------|----|----------------|----------------|-------------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|----------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|----------------|
| 1 | 2,1 | 24 | 5 | 19 | Кирпичная Деревянная Фанерная | 6,25 8,93 15,51 | -3,68 -6,61 -16,56 | 7,8 13,1 29,4 | -2,95 -4,97 -11,2 | 0,8 0,68 0,52 | 1,25 1,33 1,48 | 0,92 0,86 0,79 | |
| 2 | 1,36 | 21 | 4 | 20 | Кирпичная Деревянная Фанерная | 5,02 8,11 17,55 | -5,06 -9,21 -19,94 | 6,75 11,3 25,5 | -4,62 -7,73 -17,4 | 0,75 0,67 0,69 | 1,1 1,19 1,15 | 0,95 0,91 0,88 | |
| 3 | 0,8 | 24 | 4 | 20 | Кирпичная Деревянная Фанерная | 3,19 4,53 9,43 | -4,05 -6,93 -16,4 | 4,71 7,89 17,8 | -3,61 -6,1 -13,8 | 0,68 0,58 0,63 | 1,11 1,18 1,18 | 0,87 0,82 0,81 | |
| 4 | 0,65 | 24 | 6 | 18 | Кирпичная Деревянная Фанерная | 3,06 4,74 9,91 | -3,54 -6,34 -14 | 3,88 6,53 14,7 | -3,4 -5,72 -12,9 | 0,79 0,73 0,67 | 1,06 1,11 1,09 | 0,91 0,90 0,87 | |
| 4 | 0,65 | 12 | 3 | 9 | Кирпичная Деревянная Фанерная | 2,03 3,61 5,16 | -3,03 -5,04 -8,33 | 3,28 5,2 9,3 | -2,88 -4,56 -8,16 | 0,91 0,70 0,66 | 0,95 1,1 1,1 | 0,90 0,89 0,86 | |
| 5 | 0,3 | 12 | 2,5 | 9,5 | Кирпичная Деревянная Фанерная | 1,43 2,16 3,55 | -2,19 -3,59 -6,12 | 1,88 2,98 5,35 | -1,95 -3,08 -5,50 | 0,76 0,73 0,67 | 1,12 1,17 1,11 | 0,97 0,95 0,93 | |

При правильной гармонике мы имели бы $\eta = 1,0$.
Таким образом, для теплоемких печей с периодической топкой коэффициент η получится всегда меньше 1,0.

Следовательно, при определении пределов колебаний температуры воздуха по формуле (64) и др. получается преувеличенное значение. Однако это расхождение не столь велико и поправочный коэффициент получается в пределах:

- для кирпичных стен: 0,87—0,97;
- для деревянных: 0,82—0,95;
- для фанерных: 0,79—0,93.

Точной зависимости значения этого коэффициента от теплоемкости печи (коэффициента M) или какого-либо другого фактора установить в данном случае не представляется возможным ввиду влияния на этот коэффициент ряда других индивидуальных особенностей функции, присущих той или иной печи.

Поэтому при введении поправочного коэффициента приходится отказаться от дифференциации этого коэффициента по типам печей и для всех печей принять одно значение (близкое к максимуму).

Примем во внимание также, что наибольший интерес нам имеет расчет при $z = 12$.

Исходя из этих соображений, поправочный коэффициент на «негармоничность функции теплоотдачи печи» можно принять:

- для зданий из фанерных утепленных щитов: $\eta_m = 0,90$;
- для каменных, деревянных зданий: $\eta_m = 0,9$.

При этом следует помнить, что во многих случаях фактическое значение этого коэффициента может быть значительно ниже, и, следовательно, здесь еще скрывается некоторый запас надежности расчета в пределах до 10%.

Обратимся теперь к коэффициентам η^+ и η^- . Значения этих коэффициентов колеблются в широких пределах и, таким образом, точность формул (65) и (66) оказывается весьма сомнительной. Введение здесь каких-либо дополнительных поправочных коэффициентов весьма затруднительно, и от пользования этими формулами лучше всего отказаться (тем более, что практически в них нет надобности).

Необходимо обратить внимание на большое различие между (A_g^+) и (A_g^-) (по абсолютной величине). Так, например, для функции № 5 при фанерных стенах имеем

$$(A_g^+) = 3,55 \text{ и } (A_g^-) = -6,12.$$

Отношение абсолютных величин:

$$\frac{6,12}{3,55} = 1,72.$$

По формуле (64) мы получили бы среднее значение:

$$A_g = \frac{MQ_{\text{ср}}}{\text{мод } B_1} = \frac{0,3 \cdot 31,6}{1,74} = 5,4,$$

а с поправкой

$$5,4\eta_m = 5,4 \cdot 0,90 = 4,86.$$

Это значение является некоторым средним между (A_1^+) и (A_1^-) , отличаясь от первого на

$$\frac{6,12 - 5,4}{6,12} 100\% = 11,8\%$$

и от второго на

$$100\% \frac{5,4 - 3,55}{3,55} = 52\%$$

Таким образом, необходимо принять во внимание, что по формуле (64) мы фактически находим не амплитуду колебаний температуры, а половину диапазона колебаний, что при негармонической функции не одно и то же.

В приложении к печному отоплению здесь может получиться большая разница, особенно между (A_1^+) и (A_1^-) .

Обратимся еще к коэффициентам η^+ и η^- .

Из анализа табл. 9 следует, что для функций № 1—5 первый из них всегда меньше, а второй больше единицы,

т. е. $\eta^+ < 1,0 < \eta^-$.

Повидимому, это объясняется тем, что подъем кривой теплоотдачи печи во всех этих функциях (№ 1—5) происходит быстрее, чем падение, т. е.

$$z_1 < \frac{z}{2} < z_2$$

Так, например, для функции № 1 $z_1 = 5$ и $z_2 = 19$. Если участок кривой, соответствующий z_1 , принять за половину периода, то весь период колебания функции:

$$2z_1 = 10 \text{ час} < 24 = z$$

При уменьшении же периода колебаний, как нам известно, величина мод B^- возрастает и, соответственно этому, A_1^- должно падать. Так как (A_1^+) соответствует как раз подъему кривой, то и получается, что

$$(A_1^+) < A_1^+$$

и

$$\eta^+ = \frac{(A_1^+)}{A_1^+} < 1,0$$

При этом, чем относительное увеличение мод B^- , при переходе от первой гармоник к последующим больше, тем меньше получается величина η^+ .

Таким образом, во всех случаях для деревянных и фанерных стен в указанных функциях η^+ меньше, чем для кирпичных.

Обратное явление происходит с величиной (A_1^-) . Она соответствует участку падения кривой теплоотдачи.

Если этот участок кривой, соответствующий z_2 , принять за половину периода колебаний функции, то весь период

$$2z_2 = 38 \text{ час} > z = 24 \text{ час}$$

При удлинении периода колебаний величина мод B^- падает и, следовательно, величина (A_1^-) должна соответственно возрасти. Отсюда получается

$$(A_1^-) > A_1^- \text{ (по абсолютной величине)}$$

и

$$\eta^- = \frac{(A_1^-)}{A_1^-} > 1,0$$

Здесь опять видна определенная закономерность изменения величины η^- в зависимости от конструкции стен.

В то время, как η^+ при переходе к более легким стенам падает, коэффициент η^- возрастает.

Отметим еще, что во всех случаях (некоторое исключение имеем только в функции № 1) коэффициент η^+ больше отклоняется от единицы, чем коэффициент η^- .

Это можно в известной мере объяснить тем, что $2z_1$ также несколько больше отличаются от z , чем $2z_2$.

На самом деле:

$$\frac{z}{2z_1} = \frac{24}{10} = 2,4$$

а

$$\frac{2z_2}{z} = \frac{38}{24} = 1,58$$

Правильность приведенных рассуждений подтверждается при исследовании функций, являющихся зеркальным изображением функций № 1—5, в которых

$$z_1 > \frac{z}{2} > z_2$$

Однако объем данной книги не позволяет остановиться на этом более подробно.

Нетеплоемкие отопительные приборы периодического действия

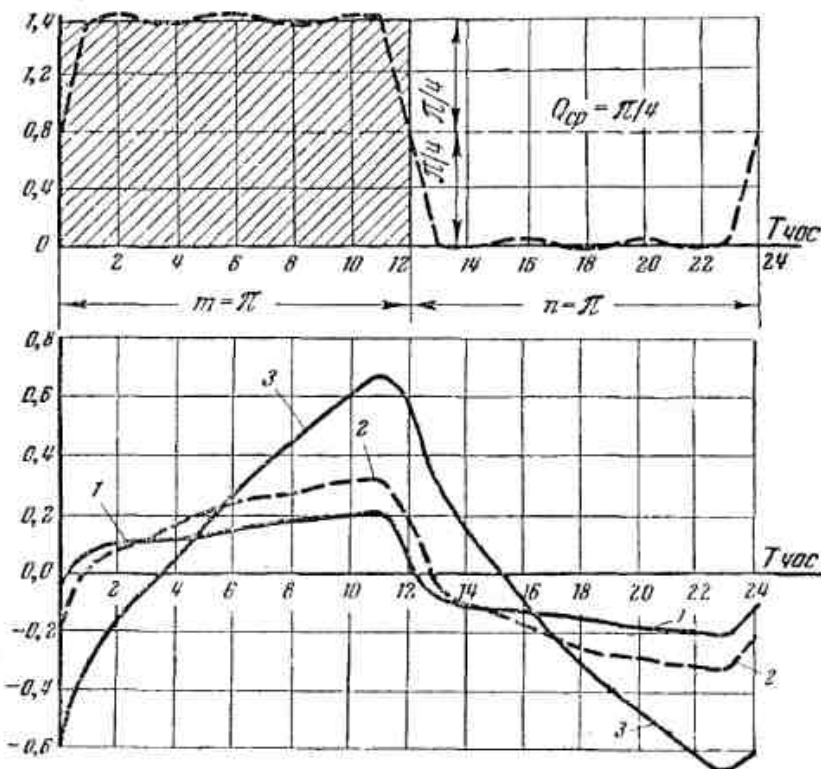
Пусть дана функция № 6, представленная на графике рис. 5.

Эта функция соответствует теплоотдаче легкой металлической печи, практически лишенной теплоемкости, при топке этой печи в течение m часов через определенные промежутки времени n часов.

К этому же классу печей могут быть отнесены, например, некоторые электрические печи, а также приборы центрального парового отопления.

В функции № 6 процесс топки и перерыв между топками по длительности равны между собой, т. е. $m = n$.

Тккал/час



При $z = 12$

| № | Конструкция стен | $(A_T^+) - (A_T^-)$ | $A_T^+ = -A_T^-$ | $\gamma_1^+ - \gamma_1^- = \gamma_1$ |
|---|------------------|---------------------|------------------|--------------------------------------|
| 1 | Кирпичная . . . | 0,205 | 0,165 | 1,25 |
| 2 | Деревянная . . . | 0,339 | 0,26 | 1,30 |
| 3 | Фанерная . . . | 0,675 | 0,467 | 1,11 |

При $z = 24$

| № | Конструкция стен | $(A_T^+) - (A_T^-)$ | $A_T^+ = -A_T^-$ | $\gamma_1^+ - \gamma_1^- = \gamma_1$ |
|---|------------------|---------------------|------------------|--------------------------------------|
| 1 | Кирпичная . . . | 0,245 | 0,195 | 1,26 |
| 2 | Деревянная . . . | 0,435 | 0,328 | 1,33 |
| 3 | Фанерная . . . | 1,04 | 0,74 | 1,41 |

Рис. 5. Зависимость колебаний температуры воздуха от кривой теплоотдачи теплоемкой печи при $m = n = \frac{z}{2}$.

Для упрощения формулы разложения принимаем среднее значение функции

$$Q_{cp} = \frac{\pi}{4}$$

и период колебаний

$$z = m + n = 2\pi.$$

Тогда формула разложения функции № 6 будет иметь вид

$$Q_T = \frac{\pi}{4} + \sin x \cdot T + \frac{\sin 3x \cdot T}{3} + \frac{\sin 5x \cdot T}{5} \quad (79)$$

При разложении по 24 точкам $x = 15^\circ$.

Амплитуда колебаний температуры помещения определена по формуле:

$$(A_T)T = \frac{\sin(15^\circ T - \varphi_{1,1})}{m \cdot A_{B_1}} + \frac{\sin(45^\circ T - \varphi_{1,3})}{3 \cdot \text{mod } B_3} + \frac{\sin(75^\circ T - \varphi_{1,5})}{5 \cdot \text{mod } B_5} \quad (80)$$

Функция № 6, представленная формулой (79), исследована нами до 23-й гармоники, причем наилучшие результаты достигаются суммированием с 1-й до 17-й гармоники.

На графике функции (рис. 5) новая функция, полученная в результате сложения указанных гармоник, показана пунктиром. Совпадение, как видно, получилось очень хорошее.

Для этой новой функции отклонение крайних значений от среднего

$$A_Q^+ = -A_Q^- = 0,813,$$

что отличается от $\frac{\pi}{4}$ всего на 3%.
ср / Т час

Коэффициент неравномерности новой функции

$$M = \frac{A_Q^+ - A_Q^-}{2 \cdot \frac{\pi}{4}} = 1,03.$$

Вычисление A_T произведено нами по формуле (80) с суммированием по 17 гармоникам, причем получены весьма интересные результаты.

Прежде всего мы констатируем относительную правильность функции, которая характеризуется следующими равенствами:

$$m = n = \frac{z}{2}$$

и

$$A_Q^+ = -A_Q^-.$$

Следствием этого являются такие равенства:

$$(A_i^+) = -(A_i^-),$$

$$A_i^+ = -A_i^-,$$

$$\eta_i^+ = \eta_i^- = \eta_i.$$

Величины A_i^+ и A_i^- определялись нами по обычным формулам:

$$A_i^+ = \frac{A_{Q_i}^+}{\text{мод} B_i} \quad \text{и} \quad A_i^- = \frac{A_{Q_i}^-}{\text{мод} B_i}.$$

Далее мы видим, что значения поправочных коэффициентов здесь значительно выше единицы, что резко отличает эти печи от теплоемких печей (функции 1—5).

Таким образом, колебания температуры помещения при данной функции получаются большими, чем при правильной гармонической функции с теми же значениями $A_{Q_i}^+$ и $A_{Q_i}^-$.

Следовательно, если функции 1—5 находились, так сказать, по одну сторону правильной гармонической функции, то функция № 6 находится по другую сторону ее, и те закономерности, которые мы отмечали в функциях № 1—5, в функции № 6 получаются в обратном виде.

Так мы отмечали ранее, что при переходе от кирпичных стен к более легким — деревянным и фанерным, величины поправочных коэффициентов падают. В функции же № 6, напротив, значения эти явно возрастают, как при $z=24$, так и при $z=12$ ¹.

Отметим попутно, что существенной разницы в коэффициентах η при $z=12$ и $z=24$ не получается.

На основании приведенных данных значения поправочных коэффициентов на негармоничность функции теплоотдачи печи можно принять:

а) для сборных домов из легких утепленных щитов: $\eta_i = 1,45$.

б) для кирпичных, деревянных и т. п. зданий: $\eta_i = 1,35$.

На рис. 6 представлена функция № 7, которая также соответствует теплоотдаче теплоемких печей периодического действия, но в отличие от функции № 6 перерыв в топке здесь относительно длиннее.

При $z=24$ топка продолжается 6 часов и перерыв — 18 часов.

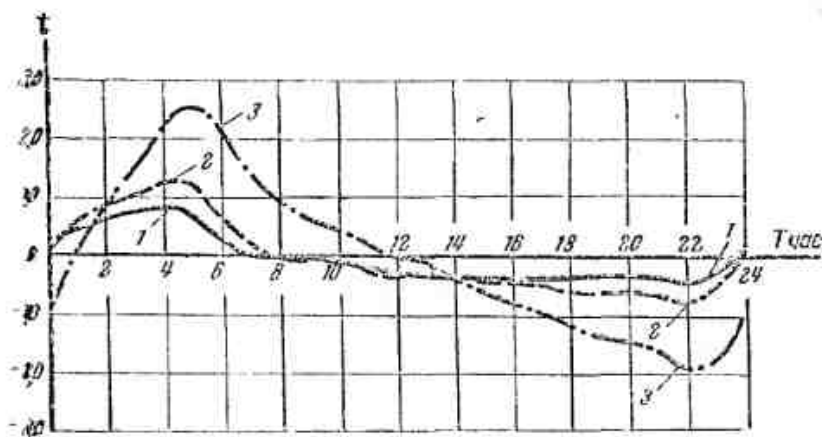
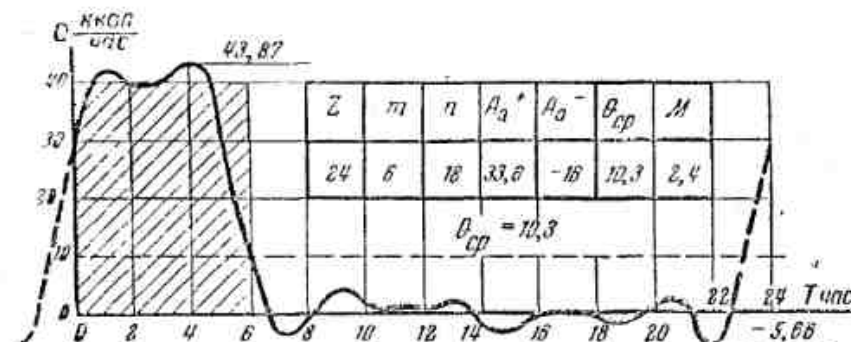
Для разложения функции пришлось прибегнуть к обычному приближенному методу, с разложением в ряд согласно формулы (69) по 24 точкам и суммированием первых 6 гармоник.

Как это следует из кривой, нанесенной на график функции, разложение не отличается большой точностью.

Однако необходимо иметь в виду, что и на практике теплоотдача теплоемкой печи не бывает постоянна по времени и под-

¹ Повидному, преобладающее значение в этой функции имеет сдвиг фаз.

держена некоторым колебаниям вследствие известной неравномерности в горении топлива.



| № | Конструкция стен | (A_i^-) | (A_i^+) | A_i^+ | A_i^- | η_i^+ | η_i^- | η_i |
|---|------------------|-----------|-----------|---------|---------|------------|------------|----------|
| 1 | Кирпичная . . . | 8,08 | -4,13 | +8,1 | -3,85 | 1,0 | 1,15 | 1,05 |
| 2 | Деревянная . . . | 12,95 | -8,11 | +13,5 | -6,45 | 0,96 | 1,26 | 1,06 |
| 3 | Фанерная | 25,81 | -19,50 | 30,5 | -11,6 | 0,85 | 1,33 | 1,0 |

Рис. 6. Зависимость колебаний температуры воздуха от кривой теплоотдачи теплоемкой печи при $m = \frac{n}{3} = \frac{z}{4}$.

За основу для всех расчетов по определению A_i^+ ; A_i^- ; η_i^+ ; η_i^- и η_i взята уже вновь полученная функция.

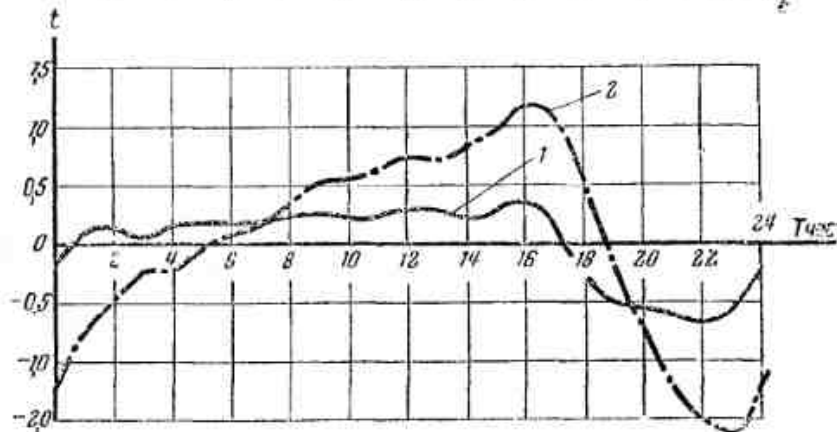
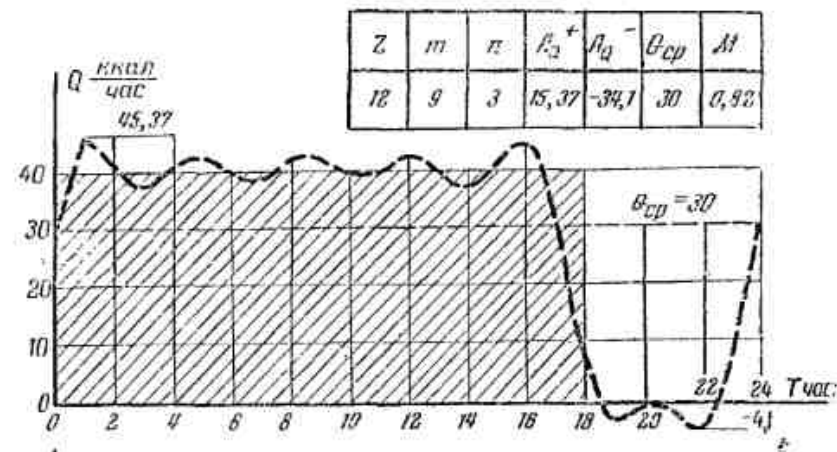
В результате имеем: $\eta_i^+ \leq 1,0$; $\eta_i^- > 1,0$.

Эти неравенства напоминают функции № 1—5.

С другой стороны имеем: $\eta_1 > 1,0$, указывающее, что данная функция тяготеет к функции № 6.

Однако значение η близко к 1,0 и может быть принято для данной функции и для всех трех случаев (с некоторым запасом):

$$\eta_m = 1,1.$$



$z = 12$ час.

| № | Конструкция стен | (A_t^+) | (A_t^-) | A_t^+ | A_t^- | η | ϵ | λ |
|---|------------------|-----------|-----------|---------|---------|--------|------------|-----------|
| 1 | Кирпичная | 3,6 | -6,89 | 3,11 | -6,92 | 1,16 | 0,81 | 1,03 |
| 2 | Фанерная | 11,76 | -16,31 | 8,83 | -19,6 | 1,31 | 0,83 | 1,00 |

Рис. 7. Зависимость колебаний температуры воздуха от кривой теплодачи пепельной печи при $m = 3n = \frac{3}{4}z$.

На рис. 7 представлена функция № 8, которая соответствует теплодаче пепельной печи периодического действия, при относительно коротких перерывах между топками.

Разложение функции и определение всех величин и коэффициентов произведено так же, как для функции № 7.

В отличие от функции № 7 в данном случае имеем:

$$\eta^+ > 1,0; \quad \eta^- < 1,0.$$

Как и в функции № 7 имеем: $\eta > 1,0$, и, таким образом, указанная функция тяготеет к функции № 6.

Значение η близко к 1,0 и так же, как для функции № 7, может быть принято для всех трех случаев:

$$\eta_m = 1,1.$$

На основании произведенных расчетов можно вывести значения «приведенных коэффициентов неравномерности» ($M_{пр}$) для пепельных печей периодического действия, в зависимости от соотношения $\frac{m}{m+n}$, для чего принимаем следующую формулу:

$$M_{пр} = \frac{A_Q^+ - A_Q^-}{2Q_{cp}} \cdot \eta_m \cdot \frac{Q_{max}}{2Q_{cp}} \cdot \eta_m. \quad (31)$$

Полученные результаты сведены в табл. 10.

Таблица 10

| $\frac{m}{m+n}$ | $\frac{Q_{max}}{2Q_{cp}}$ | Конструкция здания | η_m | $M_{пр}$ |
|-----------------|---------------------------|--|----------|----------|
| 0,25 | 2,0 | Для всех случаев | 1,1 | 2,20 |
| 0,5 | 1,0 | Сборные из легких утепленных щитов | 1,45 | 1,45 |
| | | Прочие здания | 1,35 | 1,35 |
| 0,75 | 6,67 | Для всех случаев | 1,1 | 0,80 |

Зависимость $M_{пр}$ от $\frac{m}{m+n}$ представлена графически на рис. 8.

Коэффициенты неравномерности пепельных отопительных систем вычислялись в свое время проф. О. Е. Власовым [1], причем были получены следующие их значения:

1) при топке 12 часов и перерыве 12 часов: $M = 1,52$;

2) при топке 18 часов и перерыве 6 часов: $M = 1,12$.

Эти значения получены для «толстых» стен и не зависят от материала этих стен.

Однако необходимо иметь в виду, что эти значения M учитывают влияние системы отопления на колебания температуры внутренних поверхностей ограждений (1), а не на A .

Для вычисления A проф. О. Е. Еласовым была применена также формула (80), только в этом случае вместо мод B были

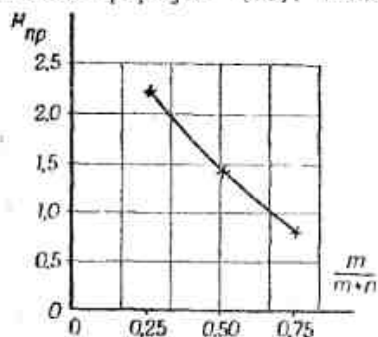


Рис. 8. Приведенный коэффициент неравномерности теплоотдачи отопительной установки.

взяты коэффициенты теплопроводности Y_n .

Углы $\varphi_{1,1}$; $\varphi_{1,2}$. . . и т. д. заменялись углами сдвига фаз между теплоотдачей печи и колебанием температуры поверхности (φ_2).

Для «толстых» ограждений эти углы для всех гармоник одни и те же и равны 45° .

Учитывая также, что для разных гармоник значения Y_n при толстых стенах изменяются по закону

$$(Y_n)_m = (Y_n)_1 \sqrt{m},$$

получим формулу:

$$A_2 = \frac{\sin(15^\circ T - 45^\circ)}{Y_n} + \frac{\sin(45^\circ T - 45^\circ)}{3\sqrt{3} Y_n} + \frac{\sin(75^\circ T - 45^\circ)}{5\sqrt{5} Y_n} + \dots = \frac{1}{Y_n} \left[\frac{\sin(15^\circ T - 45^\circ)}{1} + \frac{\sin(45^\circ T - 45^\circ)}{3\sqrt{3}} + \dots \right]. \quad (82)$$

Поквартирное водяное отопление периодического действия

В качестве примера устройства такого рода отопления приводится система поквартирного водяного отопления кандидата технических наук А. В. Хлудова, испытанная в 1945 г. Установка состояла из:

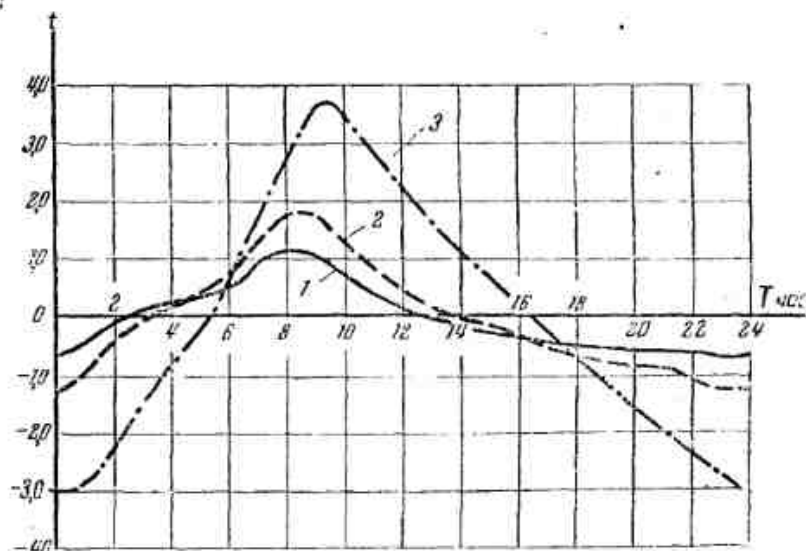
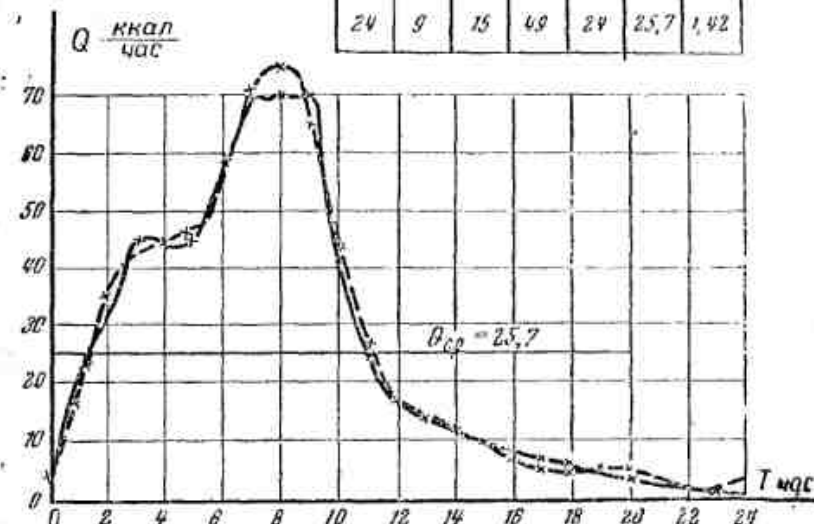
- 1) котелка седлообразного типа с поверхностью нагрева $0,7 \text{ м}^2$, вмонтированного в кухонный очаг;
- 2) четырех радиаторных печей Гамма № 1;
- 3) аккумулятора — цилиндрического сосуда емкостью 300 л;
- 4) расширительного бачка и сети труб.

Общая емкость всей системы 485 л. Топка котелка производилась один раз в сутки в течение $m = 6,5$ часов.

График теплоотдачи отопительной системы (функция № 9) представлен на рис. 9.

Разложение функции произведено по формуле (69). Из графика следует, что разложение функции произведено достаточно точно. Амплитуда колебаний температуры воздуха определялась по формуле (72).

| Z | Z ₁ | Z ₂ | β_0^+ | β_0^- | $\theta_{ср}$ | M |
|----|----------------|----------------|-------------|-------------|---------------|------|
| 24 | 9 | 15 | 49 | 24 | 25,7 | 1,42 |



| № | Конструкция стен | (A_T^+) | (A_T^-) | A_T^+ | A_T^- | τ_+ | τ_- | τ |
|---|----------------------|-----------|-----------|---------|---------|----------|----------|--------|
| 1 | Кирпичная | 11,35 | -7,2 | 11,8 | -5,76 | 0,96 | 1,25 | 1,06 |
| 2 | Деревянная | 17,7 | -12,8 | 19,7 | -9,7 | 0,90 | 1,32 | 1,01 |
| 3 | Фанерная | 36,2 | -30,3 | 44,5 | -22,8 | 0,81 | 1,33 | 0,99 |

Рис. 9. Зависимость колебаний температуры воздуха от кривой теплоотдачи поквартирной системы отопления с аккумулятором жидк. А. В. Хлудова

В отопительных системах этого рода продолжительность топки m час. может колебаться в широких пределах, что оказывает влияние на величину коэффициента неравномерности.

В целях удобства эксплуатации системы расчетную величину m желательно уменьшать. Однако при уменьшении m , для поддержания суточного теплового баланса помещения, неминуемо увеличивается необходимая поверхность нагрева котелка и радиаторов.

Для различных расчетных наружных температур задаются определенными значениями m , при которых и следует определять значение приведенного коэффициента неравномерности.

При повышении наружной температуры продолжительность топки соответственно сокращается.

При этом $M_{пр}$ будет увеличиваться, но одновременно будет падать величина $Q_{ср}$ и, в результате, колебания температуры воздуха могут не возрасти.

Как показывает расчет, для рассмотренной нами системы отопления А. В. Хлудова при одной топке в сутки продолжительностью $m = 6,5$ часа и при $\tau_{вн} = 1,1$ можно принять:

$$M_{пр} = \frac{Q_{max} - Q_{min}}{2 Q_{ср}} \tau_{вн} = \frac{70}{51} \cdot 1,1 = 1,5.$$

Это примерно соответствует кирпичной отопительной печи периметрического действия размером $0,51 \times 0,51$ м при одной топке в сутки продолжительностью 1—1,5 часа.

ГЛАВА ЧЕТВЕРТАЯ

ВЛИЯНИЕ НЕКОТОРЫХ ФАКТОРОВ НА КОЛЕБАНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ ПОМЕЩЕНИЯ

Лучеиспускание отопительного прибора

При пользовании формулами (45), (47) и др. мы в качестве величины $Q_{ср}$ в расчет принимаем все тепло, выделяемое отопительным прибором, как путем конвекции, так и путем лучеиспускания.

Между тем, на величину A , оказывает непосредственно влияние только то тепло, которое передается от отопительного прибора на поверхность ограждений через посредство воздуха, т. е. тепло конвекционное. Тепло, передаваемое лучеиспусканием, на величину A_r непосредственного влияния оказывать не может.

Таким образом, при пользовании указанными формулами мы получаем завышенное значение A , против действительного.

Обозначим амплитуду колебаний выделяемого отопительным прибором лучистого тепла через A_{λ}^i и конвекционного — A_{λ}^k . Между ними возможен некоторый сдвиг фаз по времени, поскольку тепловой поток, выделяемый лучеиспусканием, зависит от разности температур между поверхностью прибора и поверхностью ограждений, т. е.

$$Q^{\lambda} = (t_{прибора} - \tau) \alpha_{\lambda}^i$$

а тепловой поток конвекции от разности температур между поверхностью прибора и воздухом, т. е.

$$Q^k = (t_{прибора} - t) \alpha_{\lambda}^k$$

Между τ и t существует сдвиг фаз, который для разных ограждений будет не одинаков. Если принять все ограждения по теплопоглощению совершенно одинаковыми, то, как мы уже знаем,

$$\varepsilon_0 = \varphi_1$$

и сдвиг фаз между A_{λ}^i и A_{λ}^k будет равен:

$$\varphi_2 = \varphi_2 - \varphi_1 \text{ (см. рис. 1).}$$

Для некоторых ограждений (например, № 3 и № 6 из табл. 4) величина φ_2 может достигать 27° .

Таким образом, для некоторого среднего промежутка времени, соответствующего $\frac{\tau_a}{2}$, сумма амплитуд составит:

$$A_Q = A_Q^a \cos\left(\frac{-\tau_a}{2}\right) + A_Q^k \cos\frac{\tau_a}{2} = \left(A_Q^a + A_Q^k\right) \cos\frac{\tau_a}{2}.$$

$$\text{При } \frac{\tau_a}{2} = 13^\circ 30' \cos\frac{\tau_a}{2} = 0,974 \approx 1,0.$$

Погрешность столь незначительна, что ее в дальнейших расчетах можно не принимать во внимание и полагать

$$A_Q \approx A_Q^a + A_Q^k. \quad (83)$$

Рассмотрим теперь колебания температуры воздуха под влиянием только A_Q^a , считая при этом $A_Q^k = 0$.

В этом случае температура воздуха помещения будет всецело зависеть только от температуры внутренних поверхностей ограждения и будет весьма близка к средней взвешенной этих температур.

Таким образом можем написать:

$$A_t^a = \frac{\sum A_q^a \Delta F_0}{\sum F_0}, \quad (84)$$

где A_t^a — амплитуда колебаний температуры воздуха под влиянием лучистого тепла от печи;

A_t^k — амплитуда колебаний температуры внутренней поверхности ограждения под действием того же фактора;

ΔF_0 — некоторый элемент поверхности ограждения, имеющий по всей площади одинаковую температуру.

В идеальном случае, при полной равномерности распределения температур по всем поверхностям, повидному, имело бы место

$$A_t^a = A_t^k.$$

При падении лучистого потока A_q^a на поверхность ограждения часть этого тепла отдается в воздух помещения, а именно:

$$(A_t^a - A_t^k) \alpha_k;$$

остальная часть поглощается ограждением и вызывает колебания температуры его поверхности с амплитудой, которую можно определить по формуле (9):

$$A_t^k = \frac{A_q^a}{Y_n}.$$

Так как в данном случае $A_q^a = A_q^a - (A_t^a - A_t^k) \alpha_k$, то, повидному,

$$A_t^a = \frac{A_q^a - (A_t^a - A_t^k) \alpha_k}{Y_n}. \quad (85)$$

Решая это уравнение относительно A_t^a , получим:

$$A_t^a = \frac{A_q^a + \alpha_k A_t^k}{Y_n + \alpha_k}. \quad (86)$$

Еставляем это значение A_t^a в формулу (84) и получаем:

$$A_t^a = \frac{1}{F_0} \left[\sum \frac{A_q^a \Delta F_0}{Y_n + \alpha_k} + A_t^k \sum \frac{\Delta F_0 \alpha_k}{Y_n + \alpha_k} \right]. \quad (87)$$

Решая далее формулу (87) относительно A_t^a , получим:

$$A_t^a = \frac{\sum \frac{A_q^a \Delta F_0}{Y_n + \alpha_k}}{\sum F_0 - \sum \frac{\Delta F_0 \alpha_k}{Y_n + \alpha_k}}.$$

Колебания же температуры воздуха под влиянием теплопередаваемой конвекцией, будут:

$$A_t^k = \frac{A_Q^k}{1,08 \sum B F_0}. \quad (89)$$

Отсюда, пренебрегая сдвигом фаз между A_t^a и A_t^k получим:

$$A_t = A_t^a + A_t^k = \frac{A_Q^k}{1,08 \sum B F_0} + \frac{\sum \frac{A_q^a \Delta F_0}{Y_n + \alpha_k}}{\sum F_0 - \sum \frac{\Delta F_0 \alpha_k}{Y_n + \alpha_k}} \quad (90)$$

(так как для отдельных элементов данного ограждения Y_n и α_k постоянны, то в знаменателе ΔF_0 заменен через F_0).

Вычисление A_t^k для отдельных элементов поверхностей помещения хотя и возможно в принципе для каждого конкретного случая, но представляет собой довольно кропотливую и трудоемкую задачу, особенно, если, в целях получения необходимой точности, разбивать ограждения на достаточно большое число элементов.

Вместе с тем погоня за большой точностью расчета была бы здесь просто бесполезной, так как жилое помещение всегда заполнено некоторым количеством мебели, а стены частично закрыты картинами и коврами.

Вследствие указанного лучистая теплота от печи в значительной части поглощается этими предметами, не достигая ограждений.

Хотя к предметам мебелировки также полностью приложимы выведенные выше формулы с (84) до (88), но значения Y_n для этих предметов могут быть совсем другие, чем для ограждений.

Таким образом, точные расчеты по формуле (88) столь же кропотливы, сколь и бесполезны, поэтому лучше идти на упрощение

задачи, полагая, что теплота от лученспускания с открытых поверхностей печи равномерно распространяется по помещению, действуя на все ограждения с одинаковой интенсивностью.

В этом случае величина A_1^* в формуле (87) может быть вынесена за знак суммы, и формула (90) примет вид:

$$A_1^* = \frac{A_Q^*}{1,08 \sum BF_0} + \frac{A_Q^* \sum \frac{F_0}{Y_n + \alpha_n}}{\sum F_n - \sum \frac{\alpha_n F_0}{Y_n + \alpha_n}} \quad (91)$$

Доли лученспускания при различных случаях установки печи

Под открытыми поверхностями мы подразумеваем все поверхности печи, кроме той, которая обращена в отступку, при установке печи у стены. При установке печи по середине комнаты все поверхности ее будут открыты. Такая установка печей применяется в очень больших помещениях, как например, общие спальни военных казарм, рабочие бараки и т. п.

Вся поверхность получается открытой также при установке печи в тонкой перегородке для отопления 2 смежных помещений.

При установке же печи у стены одно зеркало ее обращено в отступку, т. е. «закрыто», а при установке в углу закрывается 50% поверхности нагрева.

Определим, какая доля от общего количества выделяемого тепла в каждом из трех случаев падает на лученспускание.

1-й случай. Вся поверхность печи открыта. Величина A_Q^* определяется от 100% теплоотдачи печи.

2-й случай. Печь установлена у стены.

Если печь в плане квадратная, то в отступку входит 25% ее поверхности. При закрытой отступке теплоотдача этой поверхности с $1 \text{ м}^2/\text{час}$ принимается равной половине теплоотдачи с открытой поверхности, что по отношению ко всей печи составит:

$$Q_{з. пов} = \frac{0,5 \cdot 1 Q}{3 + 0,5 \cdot 1} = 0,143 Q.$$

Теплоотдача с этой поверхности происходит только путем конвекции и, следовательно, величина A_Q^* должна исчисляться не от всей теплоотдачи печи, а только от

$$Q - Q_{з. пов} = 0,86 Q.$$

3-й случай. Печь установлена в углу.

$$Q_{з. пов} = \frac{0,5 \cdot 2 Q}{2 + 0,5 \cdot 2} = \frac{1Q}{3} = 0,33 Q,$$

и A_Q^* должно исчисляться от $Q(1 - 0,33) = 0,67 Q$.

Обратимся теперь к величинам A_Q^* и A_D^* . Соотношение этих величин можно получить из кривых (рис. 10), где представляются

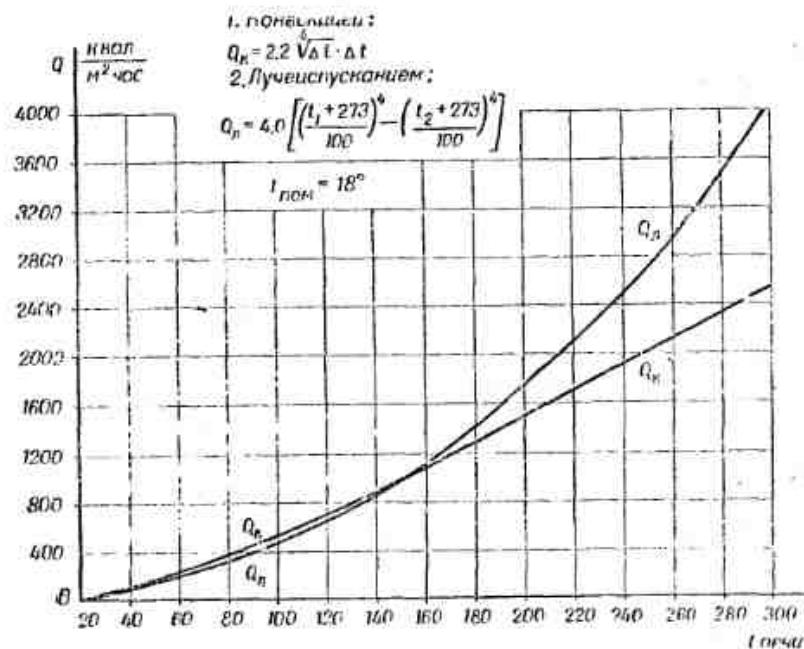


Рис. 10. Теплоотдача печи конвекцией и лученспусканием.

теплоотдача с поверхности путем лученспускания (Q^*) и конвекции (Q^k) в зависимости от температуры.

Поправочный коэффициент «на лученспускание»

Для того, чтобы иметь представление о значении особого учета лученспускания печи при вычислении A_1^* , нами были произведены примерные расчеты для помещений в домах кирпичных, деревянных со штукатуркой и без штукатурки и в сборно-панельных, при различных случаях размещения печей.

В результате этих расчетов поправочный коэффициент «на лученспускание», который должен быть введен в формулу для определения амплитуды колебаний температуры воздуха A_1 при печном отоплении, получился равным $\eta_{л} = 0,8$.

Влияние мебелировки на коэффициент теплопоглощения помещения (общие соображения)

Мебель жилой комнаты оказывает влияние на теплотехническую способность помещения.

Влияние это может быть как положительным, так и отрицательным.

Каждый предмет, находящийся в комнате, своей внешней поверхностью соприкасается с воздухом помещения и при колебаниях

температуры последнего воспринимает известное количество тепла.

Теплопоглощательная способность поверхности этого предмета может быть определена по обычным формулам, как и для поверхности ограждений, в виде произведения коэффициента теплопоглощения на площадь (BF_0).

Найденные для отдельных предметов величины BF_0 приплюсовываются к теплопоглощению ограждениями, в результате чего общая сумма $\sum BF_0$ увеличивается.

Это увеличение $\sum BF_0$ «в чистом виде» имеет место в сравнительно редких случаях, а именно, когда предмет находится в подвешенном состоянии (люстра) или стоит посреди комнаты на тонких ножках на достаточном расстоянии от стен, пола и потолка и не влияет на циркуляцию воздуха около этих ограждений.

К последнему случаю можно отнести, например, стол, стоящий посреди комнаты на относительно тонких ножках.

Если тот же стол покрыть скатертью, края которой опускаются до самого пола, то циркуляция воздуха около пола под столом почти полностью прекратится и, следовательно, соответствующий участок поверхности пола должен быть выключен при расчете теплопоглощения.

Если теперь тот же стол поставить к стене, то, помимо пола под столом, выключается также и часть стены по длине и высоте стола.

Наконец, при перестановке стола в угол помещения окажется выключенною (торцевой стороной стола) также и некоторая часть второй стены.

Таким образом, один и тот же предмет мебелировки может оказывать различный эффект в зависимости от того, где и как он поставлен в данной комнате; этот эффект зависит также от конструкции ограждений.

Если ограждение представляет собой массивную кирпичную кладку с высоким коэффициентом теплопоглощения (B), то загоразживание этой стены деревянным шкафом в итоге дает отрицательный эффект. Если же стена выложена из легких утепленных фанерных щитов, то результат, напротив, окажется положительным.

Покрытие пола и стен комнаты коврами, портъерами и т. п. всегда оказывает отрицательное влияние на $\sum BF$ помещения, причем это влияние тем больше, чем больший коэффициент теплопоглощения имеют эти закрытые ограждения. Таким образом, один и тот же ковер принесет значительно больший вред, когда он будет снят с деревянного пола ($1,08B = 2,60$) и повешен на кирпичную стену ($1,08B = 4,8$).

Следует также иметь в виду, что находящиеся в комнате предметы являются препятствием для конвекционных воздушных токов. Так, например, поставленные у стен стулья уменьшают скорость движения воздуха, омывающего нижний участок стены. Предметы, находящиеся посреди комнаты, мешают горизонтальным токам воздуха, идущих по низу и т. д.

От понижения общих скоростей циркуляции могут уменьшиться коэффициенты B также и для остальных открытых поверхностей ограждений (верхние участки стен, потолков), а следовательно, в какой-то мере понизится их коэффициент теплопоглощения.

Учитывая все вышесказанное, можно сделать пока следующие выводы общего характера.

1. Наличие мебели в помещении всегда в какой-то мере уменьшает теплопоглощение самих его ограждений.

2. Один и тот же предмет мебелировки различно влияет на $\sum BF_0$ данного помещения, что зависит от того, как он размещен: стоит ли свободно или плотно приставлен к стене и т. п.

3. Одна и та же мебелировка, при одном и том же характере ее размещения в помещениях, имеющих одинаковые размеры, влияет на $\sum BF_0$ по-разному, в зависимости от конструкций ограждений (кирпичные, деревянные стены и т. п.).

Теплопоглощение при полном прогреве

Произведем некоторые расчеты для того, чтобы иметь представление о теплопоглощении некоторых предметов мебелировки.

Прежде всего укажем, что все металлические предметы, как например, кровати, швейные машины, посуда и т. п., вследствие высокой теплопроводности металла, могут рассчитываться на полный прогрев.

На полный прогрев могут рассчитываться также и легкие деревянные предметы (толщиной до 10—15 мм). Сюда можно отнести стулья легкого типа, простые столы (типа канцелярских) и т. п.

При расчете на полный прогрев предмета примем следующие условия:

1) температура по всей толще предмета одинакова и

2) амплитуда колебаний температуры предмета равна амплитуде колебаний воздуха и совпадает с ней по времени.

Последние условия действительны, конечно, только для очень тонких и мало теплоемких предметов.

Далее будем считать, что угол ϵ_1 , т. е. сдвиг фаз между теплоотдачей печи Q и температурой воздуха t , не зависит от влияния мебели и определяется только теплопоглощением ограждений.

При этих условиях теплопоглощение предмета q можно определить как первую производную от амплитуды колебаний температуры воздуха по времени, умноженную на теплоемкость c .

Таким образом, если кривая колебаний температуры воздуха будет $y = A_1 \sin x$, или при $x = \frac{2\pi}{z} T$ $y = A_1 \sin \frac{2\pi}{z} T$, то уравнение кривой теплопоглощения будет

$$q = y'c = \frac{2\pi}{z} A_1 \cdot c \cdot \sin(x + 90^\circ). \quad (92)$$

Следовательно, колебание q происходит тоже по синусоиде, причем получается опережение фазы: $\varphi_1 = 90^\circ$.

(двиг фазы между Q и q в данном случае будет см. формулу (52));

$$\varepsilon = \varepsilon_0 - \varphi_1 = \varepsilon_0 - 90^\circ.$$

Угол ε получается всегда со знаком минус, т. е. фаза q опережает фазу Q (рис. 11).

При решении задач с четырьмя различными помещениями мы нашли, что значения ε_0 колебались в пределах от $\varepsilon_0 = 25^\circ$ — для помещения с кирпичными стенами и до $\varepsilon_0 = 46^\circ$ — для помещения с легкими конструкциями ограждений (утепленные фанерные щиты).

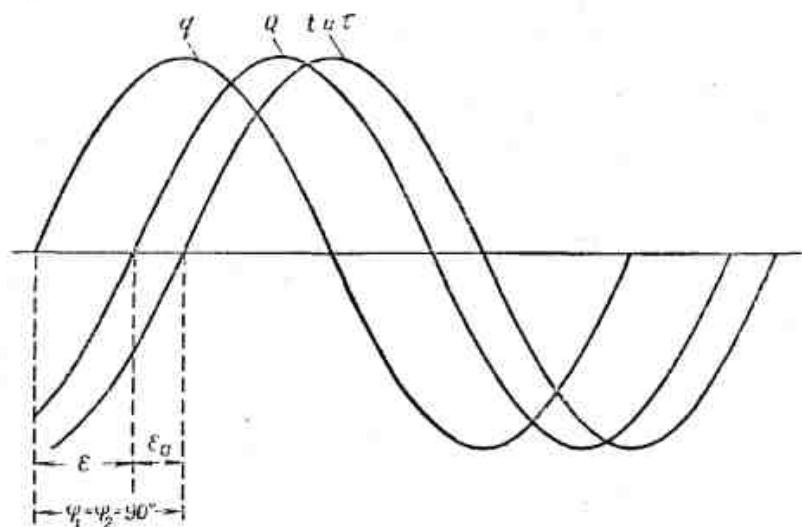


Рис. 11. Поглощение тепла очень тонкими малотеплоемкими предметами при полном прогреве.

Таким образом, поправка на сдвиг фаз в теплопоглощательной способности предметов, рассчитываемых на полный прогрев, должна составить для этих помещений

$$\text{от } \cos \varepsilon = \cos(25^\circ - 90^\circ) = 0,42$$

$$\text{до } \cos \varepsilon = \cos(46^\circ - 90^\circ) = 0,69.$$

Максимального значения теплопоглощение достигает при $x = 0$. Обозначим его через A_q , тогда при $z = 12$

$$A_q = \frac{2\pi}{z} c \cdot A_r \sin 90^\circ = 0,524 c A_r. \quad (93)$$

Величину $\frac{A_q}{A_r} = 0,524 c$ можно назвать «условным коэффициентом теплопоглощения» на 1 кг материала при полном прогреве, который обозначим через B^p .

В данном случае при $z = 12$:

для дерева при $c = 0,65$ имеем $B^p = 0,34$;

для железа при $c = 0,115$ имеем $B^p = 0,06$;

для мрамора при $c = 0,22$ имеем $B^p = 0,115$.

Как указывалось выше, наши расчеты на полный прогрев справедливы только для очень тонких предметов. Чем толще предмет, тем числовой коэффициент в формуле (93) будет меньше.

Однако в этом случае, с увеличением толщины предмета, будет значительно уменьшаться угол φ_1 , а следовательно, и угол ε (по абсолютной величине) и, таким образом, поправочный коэффициент $\eta_{\text{ф}}$ будет расти. В результате в известной степени одно будет компенсировать другое.

Теплопоглощение при неполном прогреве

Более массивная деревянная мебель должна рассчитываться обычным путем, исходя из толщины слоя дерева.

При этом такие предметы, как, например, крышка стола, рассчитываются на двухсторонний, закрытый буфет или шифоньер — на односторонний прогрев.

При двухстороннем прогреве деревянных предметов толщиной менее 5 см коэффициент теплоусвоения можно исчислять по формуле (30), принимая $m = 1$, т. е.

$$Y_n = \frac{\delta'}{\lambda} y^2. \quad (94)$$

Здесь δ' — половина толщины предмета в м. По этой же формуле можно определить коэффициент теплоусвоения поверхности закрытых шкафов, шифоньеров, буфетов и т. п., причем в этом случае эти предметы рассчитываются на односторонний прогрев, и в формуле (30), в качестве величины δ' берется полная толщина стенки. При толщине стенки 10 мм и более содержание шкафа оказывает уже малое влияние на коэффициент Y_n .

Наконец, для более массивных деревянных предметов (толщиной более 5 см при двухстороннем и более 2,5 см при одностороннем прогреве)

$$Y_n = y.$$

Поправочный коэффициент «на мебель»

Произведенные нами расчеты для ряда жилых помещений с мебелью обычного стандартного типа показали, что мебель мало увеличивает теплопоглощательную способность помещения.

Так например, из данных, приведенных в табл. 11, видно, что только для помещения в доме легкой сборной конструкции увеличение P выходит за пределы 10%. Для прочих же случаев оно равно всего нескольким процентам и по существу не выходит за пределы точности расчета.

Таблица 11

| № п/п | Характеристика помещений | Значение $LOS \geq BF_0 = P$ | | |
|-------|--|------------------------------|-----------|----------------|
| | | без мебели | с мебелью | приращение в % |
| 1 | В каменном доме: | 269 | 276 | 2,6 |
| | а) столовая | | | |
| 2 | В деревянном доме: | 213 | 225 | 5,6 |
| | а) столовая | | | |
| 3 | То же со штукатуркой: | 254 | 263 | 3,4 |
| | а) столовая | | | |
| 4 | В сборном доме из утепленных фанерных щитов: | 143 | 164 | 14,7 |
| | а) столовая | | | |

Если же учесть, как об этом говорилось выше, что предметы мебели затрудняют движение воздуха, в результате чего возможно некоторое уменьшение коэффициентов α_n (а следовательно, и B) для всех поверхностей ограждений, то положительное влияние мебели на коэффициент тепловой инерции помещения ставится вообще сомнительным для первых трех групп помещений (см. табл. 11). Для четвертой группы, т. е. для сборных щитовых домов, влияние мебели более существенно, и мы полагаем возможным для этих помещений, при псчислении величины A , принять поправочный коэффициент «на мебель»:

$$\eta_{\text{м}} = \frac{1}{1,10} = 0,9.$$

Бытовое тепло (общее определение)

Под бытовым теплом мы подразумеваем тепло, выделяющееся при приготовлении пищи, действии бытовых электроприборов, освещении и, наконец, тепло, выделяемое людьми.

Выделение бытового тепла происходит в течение всех суток и во времени не подчинено определенным законам. В жилых домах основной частью бытового тепла является тепло, выделяющееся на кухне, при приготовлении и разогреве пищи. Большая часть этого тепла выделяется интенсивно и в сравнительно короткий срок, но в жилых комнатах достигает значительно сглаженным и выравненным потоком, благодаря аккумуляции тепла ограждениями кухни, предметами обихода, мебелью и проч. Значительная часть тепла расхо-

дится на вентиляцию и отопление самой кухни, передней, коридора.

Количество поступающего бытового тепла, отнесенное к 1 м^3 внутреннего объема жилой комнаты, зависит от состава семьи, ее бытового распорядка, размеров квартиры и проч. и по своей величине может сильно колебаться.

Наблюдения за тепловым режимом индивидуальных квартир показывают, что в начале и в конце отопительного сезона в них поддерживается нормальная температура $t_{\text{н}} = 18^\circ$ при полном бездействии отопительной системы, хотя среднесуточная наружная температура падает до $10-12^\circ$ и даже ниже.

Это происходит только за счет выделения бытового тепла.

Обозначим количество бытового тепла, отнесенное к 1 м^3 внутреннего объема помещения, через q_b $\frac{\text{ккал}}{\text{час} \cdot \text{м}^3}$.

Относительно величины q_b на сегодня никаких достоверных сведений у нас не имеется и приходится строить известные предположения, определяющие возможные ее границы.

Произведем для этого следующие расчеты.

Пример 1

Положим, что в квартире имеются 3 жилые комнаты с общей площадью 40 м^2 и общим объемом 110 м^3 , и что в ней проживает семья, состоящая из 4 человек.

На приготовление и разогрев пищи в месяц расходуется 1 м^3 дров, или 15 кг в сутки.

Освещение в каждой комнате состоит из 1 лампочки в 75 вт и действует в течение 6 часов в сутки.

Электроприборы (утюги, чайники и проч.) расходуют в сутки $5 \text{ квт} \cdot \text{ч}$ (на все 3 комнаты).

Найдем количество бытового тепла.

а) От кухонного очага:

При теплотворной способности дров 3000 ккал/кг и к.п.д. кухонного очага $\eta = 0,5$, получаем поступление тепла в сутки:

$$3000 \cdot 15 \cdot 0,5 = 22500 \text{ ккал.}$$

Полагаем, что из этого количества в жилые комнаты поступает одна треть, т. е.

$$Q = \frac{22500}{3} = 7500 \text{ ккал.}$$

б) Общее потребление электроэнергии в сутки:

$$0,075 \cdot 3 \cdot 6 + 5,0 = 6,3 \text{ квт} \cdot \text{ч.}$$

Количество тепла $Q = 5400 \text{ ккал.}$

в) Полагаем, что в каждой комнате в среднем за сутки находится $0,7$ человек; тогда количество животного тепла будет:

$$Q = 3 \cdot 24 \cdot 80 \cdot 0,7 = 4040 \text{ ккал.}$$

Итого бытового тепла за сутки:

$$7500 + 5400 + 4040 = 16940 \text{ ккал.}$$

а в час на 1 м³ объема помещения:

$$q_6 = \frac{16910}{24 \cdot 110} = 6,48 \frac{\text{ккал}}{\text{час м}^3}.$$

Пример 2

В комнате площадью 18 м² и объемом 45 м³ проживает семья в 4 человека.

Приготовление пищи, кипячение чая и проч. производится в комнате, причем для этой цели электроплитка мощностью 0,5 квт работает в течение 10 часов в сутки. Мощность освещения — 75 вт, и оно работает 8 часов в сутки.

Определим количество бытового тепла.

а) Электроэнергия.

Потребление электроэнергии в сутки будет:

$$0,5 \cdot 10 + 0,075 \cdot 8 = 5,6 \text{ квт-ч},$$

$$Q = 4800 \text{ ккал}.$$

б) В дневные часы в помещении остаются 2 человека, вечером и ночью 4 человека, а в среднем за сутки — 3 человека.

Выделение животного тепла

$$Q = 3 \cdot 24 \cdot 80 = 5760 \text{ ккал}.$$

Итого за сутки 4800 + 5760 = 10560 ккал.

Отсюда

$$q_6 = \frac{10560}{24 \cdot 45} \approx 10 \text{ ккал/час м}^3.$$

Эти примеры показывают, что количество бытового тепла может приниматься для ориентировочных расчетов примерно в пределах от 5 до 10 ккал/час м³.

Случай 1-й

Бытовое тепло не участвует в покрытии теплопотерь

В данном случае, при исчислении потребной мощности отопительной печи, бытовое тепло не учитываем, считая, что соответствующее количество тепла идет на покрытие таких статей расхода, которые не принимаются во внимание при расчете теплопотерь (вентиляция, инфильтрация и проч.).

Тогда, при понижении наружной температуры до расчетного уровня (t_n'), общее количество тепла (бытовое и от отопительной системы) составит на 1 м³ внутреннего объема в час

$$q_5 + q_6(t_n - t_n') \frac{\text{ккал}}{\text{м}^3 \text{ час}}. \quad (95)$$

Здесь:

q_6 — теплопотеря помещения ккал/м³ час 1° (на 1 м³ внутреннего объема).

Средний коэффициент неравномерности для этого теплового потока будет:

$$M_{\text{ср}} = \frac{M \cdot q_6(t_n - t_n') + M_6 q_6}{q_6 + q_6(t_n - t_n')}.$$

Здесь: M — коэффициент неравномерности выделения тепла отопительной печью,

M_6 — коэффициент неравномерности выделения бытового тепла.

Принимая условно $M_6 = 0$, получим для среднего коэффициента неравномерности следующую формулу:

$$M_{\text{ср}} = \frac{M \cdot q_6(t_n - t_n')}{q_6 + q_6(t_n - t_n')}. \quad (96)$$

Отсюда можем найти поправочный коэффициент «на бытовое тепло» к коэффициенту неравномерности выделения тепла отопительной печью:

$$\gamma_6' = \frac{M_{\text{ср}}}{M} = \frac{q_6(t_n - t_n')}{q_6 + q_6(t_n - t_n')}. \quad (97)$$

Расчеты показывают, что величина q_6 для небольших индивидуальных одноэтажных домиков может доходить до 1 ккал/м³ час град и выше.

С увеличением этажности и кубатуры здания величина q_6 падает и для помещений в средних этажах многоэтажных домов может уменьшиться в 5 раз, т. е. достигнуть величины 0,2.

Величина q_6 всегда может быть легко определена при трансмиссионном расчете. Для этого нужно только разделить полученную теплопотерю помещения на внутренний объем и на разность температур.

Произведем ряд расчетов по определению γ_6' при различных значениях q_6 и t_n' и при трех значениях q_5 , а именно:

а) $q_5 = 5,0$;

б) $q_5 = 7,5$;

в) $q_5 = 10$.

Полученные результаты помещены в табл. 12-а, 12-б, 12-в.

Таблица 12-а

| $t_n - t_n'$ | $q_6 = 5,0$ | | | | |
|--------------|----------------------------------|------|------|------|------|
| | Значения γ_6' при $q_6 =$ | | | | |
| | 0,2 | 0,4 | 0,6 | 0,8 | 1,0 |
| 15 | 0,38 | 0,55 | 0,64 | 0,70 | 0,75 |
| 20 | 0,45 | 0,62 | 0,70 | 0,76 | 0,80 |
| 25 | 0,50 | 0,67 | 0,75 | 0,80 | 0,83 |
| 30 | 0,55 | 0,70 | 0,79 | 0,83 | 0,86 |
| 40 | 0,62 | 0,76 | 0,83 | 0,87 | 0,89 |
| 50 | 0,67 | 0,80 | 0,86 | 0,89 | 0,91 |

Таблица 12-а

| $q_0 = 7.5$ | | | | | |
|--------------|----------------------------------|------|------|------|------|
| $t_n - t_n'$ | Значения γ_0' при $q_0 =$ | | | | |
| | 0,2 | 0,4 | 0,6 | 0,8 | 1,0 |
| 15 | 0,27 | 0,44 | 0,55 | 0,72 | 0,67 |
| 20 | 0,35 | 0,52 | 0,62 | 0,68 | 0,73 |
| 25 | 0,40 | 0,57 | 0,67 | 0,73 | 0,77 |
| 30 | 0,44 | 0,62 | 0,71 | 0,76 | 0,80 |
| 40 | 0,51 | 0,68 | 0,76 | 0,81 | 0,84 |
| 50 | 0,57 | 0,73 | 0,80 | 0,84 | 0,87 |

Таблица 12-б

| $q_0 = 10$ | | | | | |
|--------------|----------------------------------|------|------|------|------|
| $t_n - t_n'$ | Значения γ_0' при $q_0 =$ | | | | |
| | 0,2 | 0,4 | 0,6 | 0,8 | 1,0 |
| 15 | 0,23 | 0,38 | 0,47 | 0,55 | 0,60 |
| 20 | 0,29 | 0,45 | 0,55 | 0,62 | 0,67 |
| 25 | 0,33 | 0,50 | 0,60 | 0,67 | 0,71 |
| 30 | 0,38 | 0,55 | 0,61 | 0,71 | 0,75 |
| 40 | 0,44 | 0,62 | 0,71 | 0,76 | 0,80 |
| 50 | 0,50 | 0,67 | 0,75 | 0,80 | 0,83 |

Случай 2-й

Бытовое тепло участвует в покрытии теплопотерь

При составлении формул (95), (96) и (97) мы исходили из условия, что все бытовое тепло расходуется на погашение неучтенных расходов тепла и ни в какой части не идет на отопление помещения.

На практике это бывает не совсем так. Неправильность этого допущения становится особенно очевидной при высоких наружных температурах, когда, как указывалось ранее, отопительные печи совсем не топят и помещения отапливаются только за счет бытового тепла.

Произведем новый расчет, исходя из предположения, что все бытовое тепло идет на компенсацию теплопотерь помещения. Тогда при наружной температуре t_n' количество тепла, даваемое отоплением, составит

$$q_0' = q_0(t_n - t_n') - q_0 \quad (98)$$

Здесь:

q_0 — обозначает поперечному теплопотерию помещения $ккал/м^2$ час град.

В этом случае средний коэффициент неравномерности для объема теплового потока будет:

$$M_{cp} = \frac{M \cdot q_0' + M_0 q_0}{q_0(t_n - t_n')}$$

Вставляя сюда значение q_0' из формулы (98) и, полагая $M_0 = 0$, получим:

$$M_{cp} = M \frac{q_0(t_n - t_n') - q_0}{q_0(t_n - t_n')} \quad (99)$$

Поправочный коэффициент на бытовое тепло:

$$\gamma_0'' = \frac{M_{cp}}{M} = \frac{q_0(t_n - t_n') - q_0}{q_0(t_n - t_n')} \quad (100)$$

По этой формуле сделаны вычисления и составлены табл. 13-а, 13-б и 13-в.

Таблица 13-а

| $q_0 = 5,0$ | | | | | |
|--------------|-----------------------------------|------|------|------|------|
| $t_n - t_n'$ | Значения γ_0'' при $q_0 =$ | | | | |
| | 0,2 | 0,4 | 0,6 | 0,8 | 1,0 |
| 15 | 0 | 0,17 | 0,45 | 0,59 | 0,67 |
| 20 | 0 | 0,33 | 0,59 | 0,69 | 0,77 |
| 25 | 0 | 0,50 | 0,67 | 0,75 | 0,80 |
| 30 | 0,17 | 0,69 | 0,73 | 0,79 | 0,84 |
| 40 | 0,33 | 0,69 | 0,79 | 0,85 | 0,88 |
| 50 | 0,50 | 0,75 | 0,84 | 0,88 | 0,90 |

Таблица 13-б

| $q_0 = 7,5$ | | | | | |
|--------------|-----------------------------------|------|------|------|------|
| $t_n - t_n'$ | Значения γ_0'' при $q_0 =$ | | | | |
| | 0,2 | 0,4 | 0,6 | 0,8 | 1,0 |
| 15 | 0 | 0 | 0 | 0,38 | 0,50 |
| 20 | 0 | 0 | 0,37 | 0,53 | 0,61 |
| 25 | 0 | 0,25 | 0,50 | 0,61 | 0,70 |
| 30 | 0 | 0,37 | 0,58 | 0,69 | 0,75 |
| 40 | 0 | 0,53 | 0,69 | 0,77 | 0,81 |
| 50 | 0,25 | 0,63 | 0,75 | 0,81 | 0,85 |

$q_0 = 10$

| $t_n - t_n'$ | Значения γ_0'' при $q_0 =$ | | | | |
|--------------|-----------------------------------|------|------|------|------|
| | 0,2 | 0,4 | 0,6 | 0,8 | 1,0 |
| 15 | 0 | 0 | 0 | 0,17 | 0,33 |
| 20 | 0 | 0 | 0,07 | 0,37 | 0,50 |
| 25 | 0 | 0 | 0,33 | 0,50 | 0,60 |
| 30 | 0 | 0,16 | 0,45 | 0,53 | 0,67 |
| 40 | 0 | 0,37 | 0,58 | 0,69 | 0,75 |
| 50 | 0 | 0,50 | 0,67 | 0,75 | 0,80 |

Значения поправочных коэффициентов по этим таблицам значительно отличаются от значений, приведенных в табл. 12-а, 12-б и 12-в, особенно при малых значениях q_0 .

При больших значениях q_0 и при $q_0 = 5,0$ разница невелика.

Так например, при $q_0 = 1,0$;
 $t_n - t_n' = 50$;
 $q_0 = 5$

по табл. 12-а имеем $\gamma_0' = 0,91$,
а по таблице 13-а $\gamma_0'' = 0,90$.

При $t_n - t_n' = 30^\circ$ имеем соответственно 0,86 и 0,83.

Неравномерное распределение бытового тепла по часам суток

В предыдущих расчетах мы исходили из условия, что бытовое тепло выделяется в течение всех суток равномерно. На самом же деле такое предположение является весьма условным. Так например, в ночные часы поступление бытового тепла меньше, чем днем и в некоторых комнатах может совсем отсутствовать.

Чтобы получить известное понятие о влиянии неравномерности выделения бытового тепла на поправочный коэффициент γ_0 , проведем следующий пример.

Пусть выделение бытового тепла происходит по графику рис. 12.

Средний расход $q_{0, \text{ср}} = 5 \text{ ккал/м}^3 \text{ час}$.

Предположим теперь, что печь топится один раз в сутки, причем топка начинается в 20 часов.

Пусть $q_0 = 0,4$ и $t_n - t_n' = 30^\circ$.

График теплоотдачи печи изображен на рис. 13. Средняя теплоотдача печи будет

$$Q_{\text{ср}} = q_0(t_n - t_n') = 12 \text{ ккал/м}^3 \text{ час}$$

На рис. 14 изображен совмещенный график (теплоотдача печи + бытовое тепло).

Произведем теперь разложение функции теплоотдачи печи в ряд по формуле (69) и затем по формуле (72) и определим колебания температуры (A_T^+) и (A_T^-) для деревянной стены при одной топке в сутки.

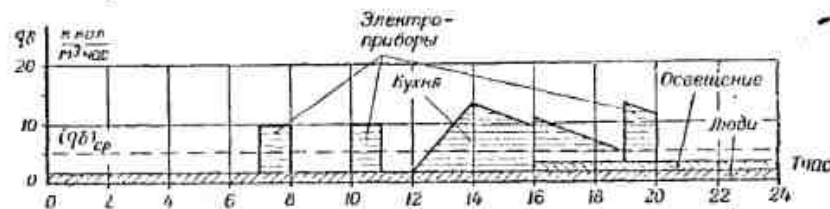


Рис. 12. Кривая выделения бытового тепла.

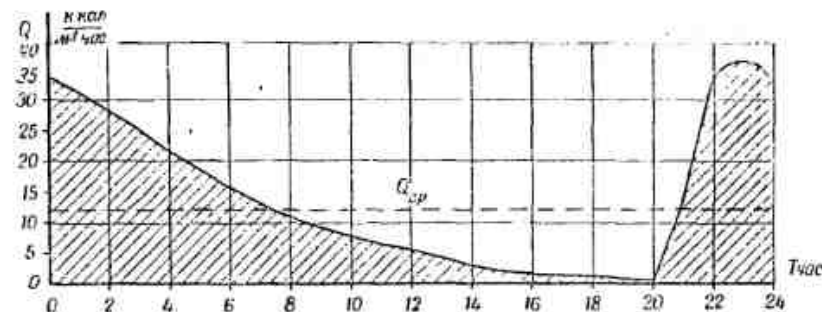


Рис. 13. Кривая теплоотдачи печи.

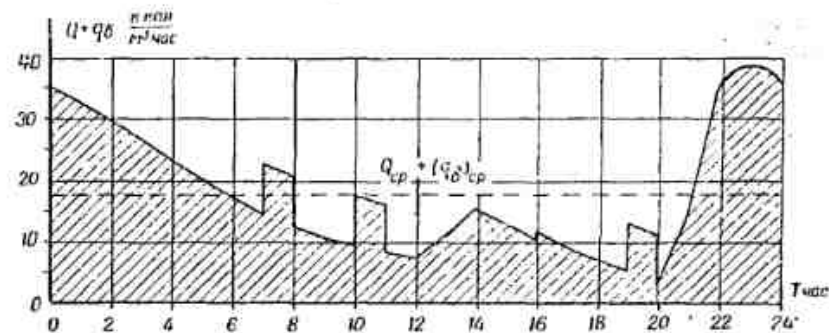


Рис. 14. Совмещенная кривая теплоотдачи печи и бытового тепла.

Без учета бытового тепла (A_T^+) = 6,19° и (A_T^-) = -7,84°;

$$(A_T^+) - (A_T^-) = 6,19^\circ + 7,84^\circ = 14,03^\circ$$

Обратимся теперь к совмещенной функции.

После разложения этой функции в ряд по формуле (69) и определения (A_T) по формуле (72), получаем для той же деревянной стены следующие значения:

$$(A_t^+) = 4,87 \text{ и } (A_t^-) = -4,44.$$

$$(A_t^+) - (A_t^-) = 9,31.$$

Отсюда поправочный коэффициент на бытовое тепло

$$\eta_{\text{б}} = \frac{9,31}{14} = 0,64.$$

Между тем, если бы бытовое тепло было распределено равномерно по часам суток, то, согласно табл. 12-а, при $q_{\text{б}} = 0,4$ и $(t_{\text{в}} - t_{\text{в}}') = 30$ имели бы $\eta_{\text{б}} = 0,70$.

Кривые колебания температур помещения по часам суток представлены на рис. 15.

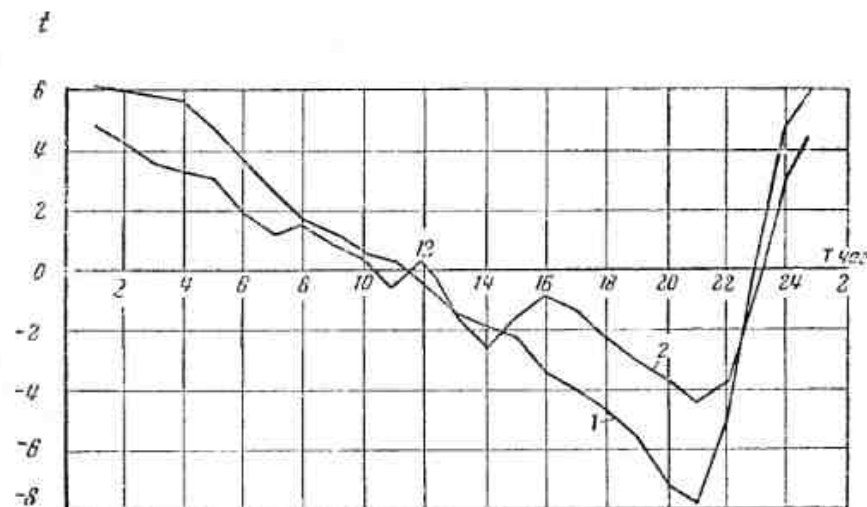


Рис. 15. Кривые изменения температуры воздуха под влиянием тепловыделения печи и бытового тепла:

1 — без учета бытового тепла; 2 — с учетом бытового тепла.

В данном случае, следовательно, неравномерность бытового тепловыделения сыграла положительную роль. Прозойшло это оттого, что время наибольшего выделения бытового тепла совпало с «хвостом» кривой теплоотдачи печи и, таким образом, произошло некоторое выравнивание этой кривой.

Другой результат получился бы при топке печи в утренние или дневные часы. В этом случае неравномерность бытового тепловыделения могла бы сыграть отрицательную роль. Таким образом, неравномерность бытового тепловыделения в некоторых случаях может влиять на приведенные в табл. 12 и 13 коэффициенты в сторону их понижения, а в других случаях повести еще к дальнейшему их повышению.

В результате пределы возможных значений поправочных коэффициентов «на бытовое тепло» еще более расширяются и теряют свою определенность.

Значения коэффициентов, приведенные в табл. 12 и 13, могут дать ключ к объяснению наблюдаемых нами явлений, касающихся теплового режима жилых помещений.

По этим таблицам можно судить, в каких пределах могут изменяться эти коэффициенты в зависимости от населенности квартиры, бытового распорядка семьи, а также теплопотерь помещений $q_{\text{б}}$ ккал/м³ час.

Однако при расчете печного отопления ни архитектор, ни проектировщик по отоплению не имеют точных сведений о будущих жильцах и могут располагать лишь данными весьма ориентировочного характера.

Вследствие этого, необходимо при расчете отопления выбрать такие коэффициенты η , которые были бы близки к наиболее невыгодному тепловому режиму.

С другой стороны, желательно все же использовать наличие бытового тепловыделения, как фактора, позволяющего расширить щедрее отопительных печей легких конструкций.

Задача по выбору расчетных коэффициентов приобретает большую определенность, когда мы в качестве расчетного режима принимаем 2 топки в сутки. В этом случае мы имеем дело с двумя совершенно самостоятельными тепловыми циклами, внутри каждого из которых должны быть соблюдены все расчетные условия, касающиеся колебаний температур помещения.

При двух топках в сутки первый (дневной) тепловой цикл может считаться с 8 час. до 20 час. и второй (ночной) с 20 час. до 8 час. следующих суток.

Прежде всего необходимо решить вопрос, который из этих циклов следует принять за расчетный.

Как мы уже указывали выше, основное количество бытового тепла падает на дневные часы. При этом, в тех случаях, когда приготовление обеда производится после 12 час., основные тепловыделения не совпадают с «пиком» теплоотдачи печи, а относятся ближе к хвосту этой кривой.

Это указывает на несомненное положительное влияние бытового тепла в дневном цикле.

Если обратиться теперь к ночному циклу, то можно видеть, что бытовые тепловыделения здесь могут быть с некоторой условностью распределены по трем отрезкам времени: первый — с 20 час. до 24 час., второй — с 24 час. до 6 час., третий — с 6 час. до 8 час.

Более значительными являются тепловыделения в первом и третьем отрезках времени.

В первом отрезке располагается также и пика кривой теплоотдачи печи, и следовательно, здесь бытовые тепловыделения могут влиять отрицательно на тепловой режим помещения.

В третьем отрезке времени тепловыделения совпадают с конечным участком кривой теплоотдачи печи и, таким образом, оказывают положительное влияние.

Не производя каких-либо специальных расчетов, которые в данном случае были бы весьма условны, будем считать, что

дательное влияние бытового тепла в конце ночного цикла будет приблизительно компенсировать то отрицательное влияние, которое оно оказывает в начале цикла.

Если учесть теперь, что в остальное время (второй отрезок времени) бытовые тепловыделения весьма невелики, то обоснованным будет тот вывод, что поправку на бытовое тепло для ночного цикла делать не следует.

Таким образом, ночной цикл является более невыгодным в отношении влияния бытового тепла на тепловой режим помещения, и этот цикл следует взять за расчетный.

Отсюда выводим заключение, что при двухтопочном режиме никакой поправки на бытовое тепло при определении A_t делать не следует.

Обратимся теперь к однотопочному режиму.

Здесь, прежде всего, необходимо условиться относительно выбора расчетной величины q_b .

Для жилых домов следует ориентироваться на нормальное заселение квартир и минимальные тепловыделения, то есть принимать $q_b = 5 \text{ ккал/м}^3 \text{ час}$.

Далее, будем считать необходимой хорошую вентиляцию комнат и при этом условии все бытовые тепловыделения будем относить на покрытие тепловых расходов, не учтенных при расчете теплоотдачи и выборе тепловой мощности печей.

Исходя из этих соображений, выбор поправочного коэффициента следует производить по таблице 12-а.

Так как одна топка принимается обычно для наружных температур, близких к средней температуре самого холодного месяца, и так как печное отопление в основном устраивается в одно- и двухэтажных домах, для которых q_b находится в пределах от 0,4 до 1,0, практически величина поправочного коэффициента на бытовое тепло для условий г. Москвы, при однотопочном режиме, будет в пределах от 0,7 до 0,85.

Для южных районов эта величина может понижаться до 0,60—0,65, а для крайнего севера повышаться до 0,9.

При топке печей вечером, как уже указывалось выше, положительное влияние бытового тепла усиливается благодаря тому, что дневные тепловыделения совпадают с концом кривой теплоотдачи печи.

Благодаря этому, при выборе поправочного коэффициента по табл. 12-а остается еще некоторый запас надежности расчета, который, в случае надобности, может быть использован жильцами путем приурочивания топки к определенному часу.

Формулы для определения амплитуды колебаний температуры помещения A_t с учетом поправочных коэффициентов

1. При отоплении теплоемкими печами

Значение A_t может быть определено по формуле

$$A_t = \frac{M \cdot Q_{cp}}{1,08 \Sigma BF_0} \cdot \eta_{in} \cdot \eta_{ra} \cdot \eta_{me} \cdot \eta_{ib}, \quad (101)$$

где: η_{in} — поправочный коэффициент „на негармоничность кривой теплоотдачи печи“;

η_{ra} — поправочный коэффициент „за лучеспускание печи“;

η_{me} — поправочный коэффициент „на мебель“;

η_{ib} — поправочный коэффициент „на бытовое тепло“;

а) Для всех зданий, за исключением зданий с особо легкими ограждениями (фанерные щитовые), принимаем

$$\eta_{in} = 0,95; \quad \eta_{ra} = 0,8; \quad \eta_{me} = 1,0;$$

тогда при одной топке в сутки имеем:

$$A_t = \frac{M \cdot Q_{cp}}{1,08 \Sigma BF_0} \cdot 0,95 \cdot 0,8 \cdot 1 \cdot \eta_{ib} = \frac{0,7 \cdot M \cdot Q_{cp}}{\Sigma BF_0} \eta_{ib}, \quad (102)$$

а при двух топках в сутки ($\eta_{ib} = 1,0$)

$$A_t = \frac{0,7 \cdot M \cdot Q_{cp}}{\Sigma BF_0}. \quad (103)$$

б) Для зданий из фанерных утепленных щитов принимаем:

$$\eta_{in} = 0,9; \quad \eta_{ra} = 0,85; \quad \eta_{me} = 0,9.$$

Тогда при одной топке в сутки получаем:

$$A_t = \frac{M \cdot Q_{cp}}{1,08 \Sigma BF_0} \cdot 0,9 \cdot 0,85 \cdot 0,9 \cdot \eta_{ib} = \frac{0,64 \cdot M \cdot Q_{cp}}{\Sigma BF_0} \eta_{ib}, \quad (104)$$

а при двух топках в сутки:

$$A_t = \frac{0,64 \cdot M \cdot Q_{cp}}{\Sigma BF_0}. \quad (105)$$

Учитывая, что в сборных щитовых домах желательно иметь запас на несчитываемое влияние неплотностей в наружных ограждениях, рекомендуется и для этих зданий расчет производить по формулам (102) и (103)¹.

2. При отоплении нетеплоемкими печами с периодической топкой

$$A_t = \frac{M_{np} \cdot Q_{cp}}{1,08 \Sigma BF_0} \cdot \eta_{in} \cdot \eta_{me} \cdot \eta_{ib}. \quad (106)$$

а) Для всех зданий, исключая здания с особо легкими конструкциями ограждений, принимаем:

$$\eta_{in} = 0,75; \quad \eta_{me} = 1,0.$$

Тогда при одной топке в сутки имеем:

$$A_t = \frac{M_{np} Q_{cp}}{1,08 \Sigma BF_0} \cdot 0,75 \cdot \eta_{ib} = \frac{0,7 \cdot M_{np} \cdot Q_{cp}}{\Sigma BF_0} \eta_{ib}, \quad (107)$$

¹ Формула (103) пошла в ГОСТ. [12].

а при двух топках ($\gamma_{\text{д}} = 1,0$):

$$A_t = \frac{0,7 \cdot M_{\text{пр}} \cdot Q_{\text{ср}}}{\Sigma BF_0} \quad (108)$$

б) Для зданий из утепленных фанерных щитов принимаем:

$$\gamma_{\text{д}} = 0,8; \quad \gamma_{\text{в}} = 0,90.$$

При одной топке в сутки:

$$A_t = \frac{M_{\text{пр}} \cdot Q_{\text{ср}}}{1,08 \Sigma BF_0} \cdot 0,8 \cdot 0,9 \cdot \gamma_{\text{д}} = \frac{0,67 \cdot M_{\text{пр}} \cdot Q_{\text{ср}}}{\Sigma BF_0} \gamma_{\text{д}} \quad (109)$$

При двух топках:

$$A_t = \frac{0,67 \cdot M_{\text{пр}} \cdot Q_{\text{ср}}}{\Sigma BF_0} \quad (110)$$

На основании тех же соображений, которые были высказаны нами выше по поводу сборно-щитовых зданий, рекомендуется и здесь расчет для них производить по формулам (107) и (108), т. е. с некоторым запасом. Значение приведенного коэффициента неравномерности $M_{\text{пр}}$ берется по графику рис. 8 в зависимости от отношения $\frac{m}{m+1}$.

3. При воздушном отоплении периодического действия

Для расчета A_t при этом виде отопления можно воспользоваться формулой (106). Значение $M_{\text{пр}}$ можно принять, как и для нетеплоемких печей, по графику рис. 8.

Значение $\gamma_{\text{д}}$ при воздушном отоплении = 1,0. Отсюда получаем при одной топке в сутки (для всех зданий):

$$A_t = \frac{M_{\text{пр}} \cdot Q_{\text{ср}}}{1,08 \cdot \Sigma BF_0} \cdot 1 \cdot 1 \cdot \gamma_{\text{д}} = \frac{0,93 \cdot M_{\text{пр}} \cdot Q_{\text{ср}}}{\Sigma BF_0} \cdot \gamma_{\text{в}} \quad (111)$$

и при двух топках

$$A_t = \frac{0,93 \cdot M_{\text{пр}} \cdot Q_{\text{ср}}}{\Sigma BF_0} \quad (112)$$

4. Центральное паровое отопление с перерывами

По соображению с формулами (111) и (112) для нетеплоемкой воздушной системы отопления рекомендуется в данном случае определять A_t по следующим формулам.

При одной топке в сутки:

$$A_t = \frac{0,8 \cdot M_{\text{пр}} \cdot Q_{\text{ср}}}{\Sigma BF_0} \gamma_{\text{д}} \quad (113)$$

при двух топках:

$$A_t = \frac{0,8 \cdot M_{\text{пр}} \cdot Q_{\text{ср}}}{\Sigma BF_0} \quad (114)$$

5. Центральное водяное отопление (без тепловых аккумуляторов)

При установке радиаторов типа «Полиза» и т. п. рекомендуется пользоваться следующими выражениями.

При одной топке:

$$A_t = \frac{0,7 \cdot M_{\text{пр}} \cdot Q_{\text{ср}}}{\Sigma BF_0} \gamma_{\text{д}} \quad (115)$$

При двух топках:

$$A_t = \frac{0,7 \cdot M_{\text{пр}} \cdot Q_{\text{ср}}}{\Sigma BF_0} \quad (116)$$

Во всех формулах для определения величины A_t , при одной топке в сутки, значение поправочного коэффициента на бытовое тепло $\gamma_{\text{д}}$ следует брать по табл. 12-а.

ГЛАВА ПЯТАЯ ДОПУСТИМЫЕ ПРЕДЕЛЫ КОЛЕБАНИЙ ТЕМПЕРАТУРЫ ЖИЛЫХ ПОМЕЩЕНИЙ

Общие соображения

При установлении допустимых максимумов A_t необходимо принимать во внимание следующие обстоятельства:

- 1) непосредственное влияние температурных колебаний на самочувствие и на здоровье человека,
- 2) испытываемое человеком ощущение «холодности» наружных ограждений и
- 3) конденсацию влаги на внутренней поверхности наружных ограждений и внутри их.

Изложенное в этих пунктах побуждает к максимальному ограничению величины A_t , и наилучшим случаем будет такой, при котором $A_t = 0$.

В противоположность этому в интересах удешевления строительства и расширения области применения печей легкой конструкции желательно принимать возможно большее значение величины A_t (расчетных норм).

Для того, чтобы правильно подойти к выбору расчетных норм для A_t , необходимо проанализировать и согласовать между собой изложенные выше условия и требования. При этом действие и значение отдельных факторов следует рассматривать и оценивать с учетом изменения их во времени в течение отопительного сезона, в соответствии с изменением наружных температур и др. расчетных параметров.

В последующем все приводимые расчеты будем относить к климатическим условиям г. Москвы.

Изменение значений A_t в течение отопительного сезона

Примем за расчетную амплитуду колебания температуры воздуха помещения при $t_n = -30^\circ$ и при двух топках в сутки величину A_t .

Проследим теперь изменение значения A_t в течение отопительного сезона.

Ставим следующие условия:

- 1) при повышении наружной температуры выше -14° принимается одна топка в сутки;
- 2) бытовое тепло не участвует в покрытии теплопотерь помещения.

При значениях t_n в пределах от -30° до -14° величина A_t для ночного цикла будет определяться по формуле:

$$A_t = A_t^0 \frac{t_n - t_n}{t_n - (-30^\circ)} = A_t^0 \frac{18 - t_n}{48} \quad (117)$$

Для дневных циклов следует в формулу (117) ввести поправочный коэффициент на бытовое тепло η_b . Этот коэффициент, как было условлено выше, будем брать по табл. 12-а. Приведенные в таблицах значения η_b были вычислены при условии, что бытовое тепло выделяется равномерно в течение всего теплового цикла.

Однако при дневном цикле (топка печи утром) выделение бытового тепла, падая в основном на вторую половину дня, совпадает с хвостом кривой теплоотдачи печи, вследствие чего выравнивающее действие бытового тепла усиливается.

Точно так же и при однотопочном режиме топку печей всегда можно приурочивать к такому времени, когда основное количество бытового тепла совпадает с хвостом теплоотдачи печи. Исходя из этих соображений и опираясь на приведенные выше примерные расчеты, вполне допустимо величины, приведенные в табл. 12, уменьшать на коэффициент

$$a = \frac{0,63}{0,70} = 0,9$$

как было указано выше в соответствующих расчетах.

Таким образом, значения A_t для дневных циклов при t_n в пределах от -30 до -14° , определяются по формуле

$$A_t = 0,9 \eta_b \frac{18 - t_n}{48} A_t^0 \quad (118)$$

Для температур выше -14° , ввиду перехода на однотопочный режим, следует внести еще следующие поправки:

1. Коэффициент неравномерности теплоотдачи печи значительно возрастает. Для печей легких типов, которые в основном нас интересуют, можно принять

$$\frac{M^I}{M^{II}} = 2,6$$

где: M^I — коэффициент неравномерности при одной топке в сутки, M^{II} — то же при двух топках.

2. Коэффициент теплопоглощения ограждений, при переходе от двух к одной топке, уменьшается, причем это уменьшение по нашим расчетам можно принять в среднем равным 20%.

Исходя из этих поправок, величину A_t при наружных температурах от -13° и выше, можно определить по формуле:

$$A_t = 0,9 \cdot \eta_6 \frac{18 - t_n}{18} \cdot \frac{2A_t^0}{0,8} = 0,047 \cdot \eta_6 (18 - t_n) A_t^0. \quad (119)$$

По этим формулам определяем значения A_t при $A_t^0 = 1^\circ$ и $q_6 = 5$ и для различных значений q_0 , применительно к принятым в табл. 12.

Полученные значения A_t для ночного цикла по формуле (117) приведены в табл. 14. Значения A_t для дневного цикла, полученные по формуле 118, а также при одной топке по формуле (119), при различных значениях q_0 , приведены в табл. 15.

Таблица 14

| Ночной цикл | | | | | | | | | |
|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| t_n | -30° | -28° | -26° | -24° | -22° | -20° | -18° | -16° | -14° |
| A_t | 1 | 0,96 | 0,92 | 0,88 | 0,83 | 0,79 | 0,75 | 0,71 | 0,67 |

Таблица 15

$q_6 = 5,0$ (дневной цикл)

| t_n | A_t при $q_0 =$ | | | Примечание |
|-------|-------------------|------|------|--|
| | 0,2 | 0,6 | 1,0 | |
| -30 | 0,60 | 0,77 | 0,81 | При двух топках в сутки (формула 118) |
| -28 | 0,57 | 0,71 | 0,79 | |
| -26 | 0,54 | 0,70 | 0,75 | |
| -24 | 0,49 | 0,65 | 0,70 | |
| -22 | 0,46 | 0,61 | 0,66 | |
| -20 | 0,43 | 0,58 | 0,62 | |
| -18 | 0,40 | 0,55 | 0,58 | |
| -16 | 0,37 | 0,52 | 0,55 | |
| -14 | 0,34 | 0,48 | 0,52 | |
| -12 | 0,78 | 1,12 | 1,22 | При одной топке в сутки (формула 119) |
| -10 | 0,71 | 1,01 | 1,12 | |
| -8 | 0,65 | 0,92 | 1,02 | |
| -6 | 0,57 | 0,82 | 0,91 | |
| -4 | 0,50 | 0,74 | 0,85 | |
| -2 | 0,42 | 0,65 | 0,73 | |
| 0 | 0,36 | 0,60 | 0,69 | |
| $+2$ | 0,29 | 0,50 | 0,59 | |
| $+4$ | 0,23 | 0,42 | 0,49 | |

Для выявления повторяемости величин A_t в течение отопительного сезона для условий города средней полосы Союза были использованы метеорологические данные о количестве дней с одинаковыми наружными температурами за год (многолетние средние значения).

На основании этих данных построены графики, изображенные на рис. 16. Там же приведены средние значения $(A_t)_{cp}$ за весь отопительный сезон. Мы видим, что величина $(A_t)_{cp}$ колеблется в небольших пределах, а именно: от $0,78^\circ$ при $q_0 = 1,0$ до $0,69^\circ$ при $q_0 = 0,2$.

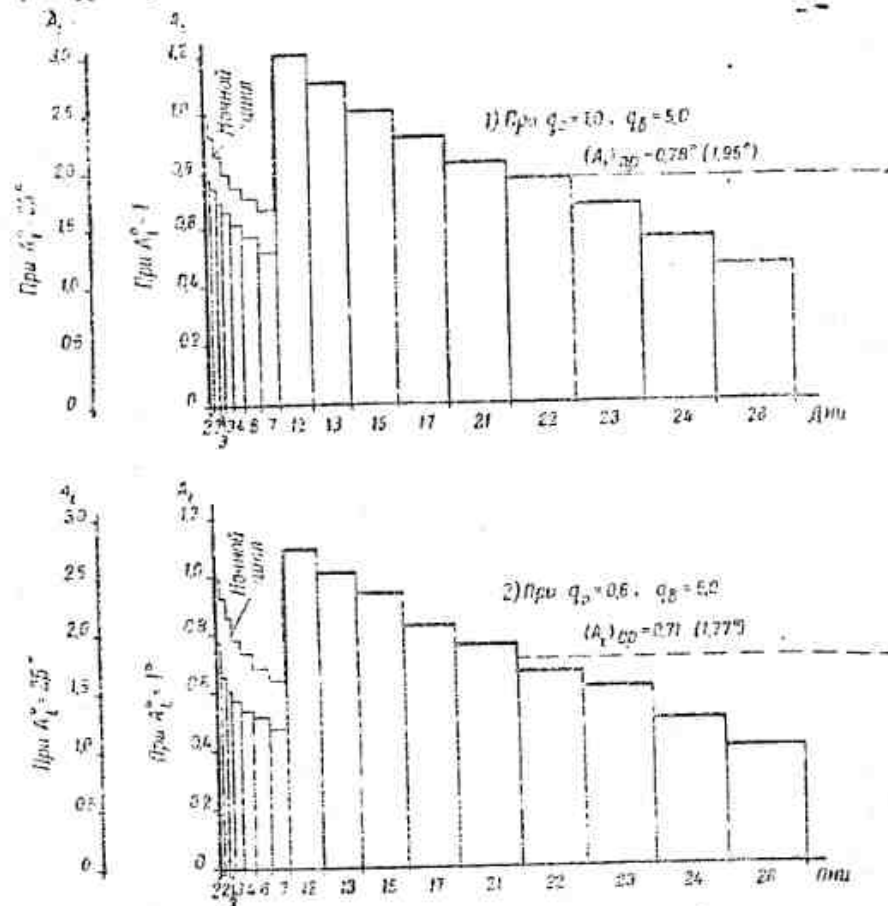


Рис. 16. Диаграмма повторяемости A_t в отопительном сезоне для города средней полосы.

Обращает на себя внимание тот факт, что при переходе к одной топке в сутки для некоторых случаев значение A_t получается выше A_t^0 .

Температура внутренней поверхности наружных ограждений

Для создания комфортных условий недостаточно нагревать только самый воздух помещения. Во избежание сильного лучеиспускания телом легко одетого человека необходимо, чтобы внутренняя поверхность ограждений комнаты не имели сильно пониженных температур.

По существующим нормам из всех наружных ограждений (за исключением окон) наибольший коэффициент теплопередачи принимается для наружных стен.

На этом основании мы ограничимся рассмотрением температур только на поверхностях наружных стен.

Средняя по времени температура внутренней поверхности стены определяется по формуле

$$\tau_{\text{ср}} = t_{\text{в}} - \frac{t_{\text{в}} - t_{\text{н}}}{R_0 \cdot \alpha_{\text{в}}} \quad (120)$$

Под влиянием колебаний температуры воздуха температура внутренней поверхности стены также претерпевает изменения, причем минимальное значение ее будет

$$\tau_{\text{мин}} = \tau_{\text{в}} - A_z \quad (121)$$

Величина A_z может быть выражена через A_r следующим образом:

$$A_z = A_r \frac{\text{мод} \bar{B}}{\text{мод} \bar{Y}_{\text{в}}}$$

Обозначив отношение модулей

$$\frac{\text{мод} \bar{B}}{\text{мод} \bar{Y}_{\text{в}}} = \beta,$$

получим

$$A_z = \beta A_r$$

Величина β зависит только от конструкции стены и в каждом отдельном случае может быть определена расчетом.

Формула (121) справедлива для гармонических колебаний температуры помещения. Вследствие негармоничности теплового потока, даваемого печью, колебания температуры стены также не будут гармоническими. Введем следующие обозначения:

$$\tau_{\text{макс}} - \tau_{\text{ср}} = (A_z^+),$$

$$\tau_{\text{мин}} - \tau_{\text{ср}} = (A_z^-),$$

$$A_z = \frac{(A_z^+) - (A_z^-)}{2}$$

Таким образом, при негармонических колебаниях вместо формулы (121) следует применять формулу

$$\tau_{\text{мин}} = \tau_{\text{ср}} - (A_z^-) \quad (122)$$

Как показывают подробные теоретические исследования, величина (A_z^-) может быть с достаточной точностью определена по формуле:

$$(A_z^-) = -1,25 \cdot \beta \cdot A_r \quad (123)$$

откуда

$$\tau_{\text{мин}} = t_{\text{в}} - \frac{t_{\text{в}} - t_{\text{н}}}{7,5 R_0} - 1,25 \cdot \beta \cdot A_r \quad (124)$$

Или при $t_{\text{в}} = 18^\circ$

$$\tau_{\text{мин}} = 18 - \frac{18 - t_{\text{н}}}{7,5 R_0} - 1,25 \cdot \beta \cdot A_r \quad (125)$$

С помощью данных табл. 16 и ранее найденных значений величины A_r были определены по формуле (125) значения $\tau_{\text{мин}}$ некоторых типов ограждений для климатических условий средней полосы.

Величина R_0 в этом случае принималась равной 1,1.

Таблица 16

| № п/п | Конструкция наружных стен | мод $\bar{Y}_{\text{в}}$ | мод \bar{B} | β |
|-------|--|--------------------------|---------------|---------|
| 1 | Кирпичные на холодном растворе | 11,20 | 4,80 | 0,43 |
| 2 | Деревянные без штукатурки . . . | 5,42 | 3,86 | 0,63 |
| 3 | То же со штукатуркой | 7,25 | 4,12 | 0,57 |
| 4 | Фанерные щиты с заполнением шлаковой ватой | 1,97 | 1,74 | 0,88 |

Из табл. 16 следует, что наиболее неблагоприятные результаты мы имеем для легких конструкций и особенно для легких утепленных щитов. Для этих ограждений величина β имеет наибольшее значение, и затухание температурных колебаний при переходе тепла от воздуха на поверхность происходит слабее. Это видно также из рис. 17, где нанесены кривые A_r и A_z для стен различных конструкций, вычисленные для функции № 5 (см. табл. 9).

Однако при оценке этого рода конструкций необходимо учитывать, что практически они имеют всегда несколько более низкий коэффициент теплопередачи, чем кирпичные и массивные деревянные.

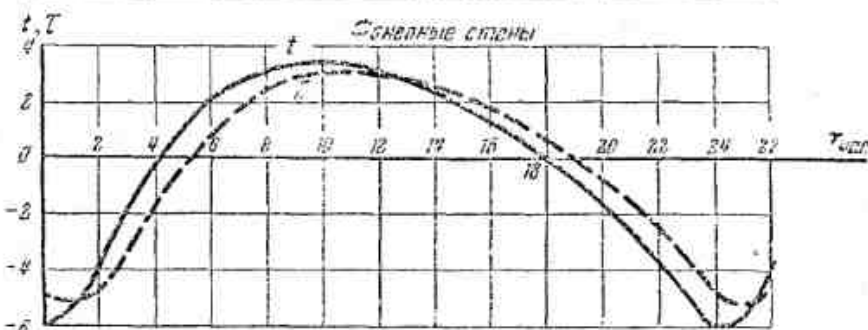
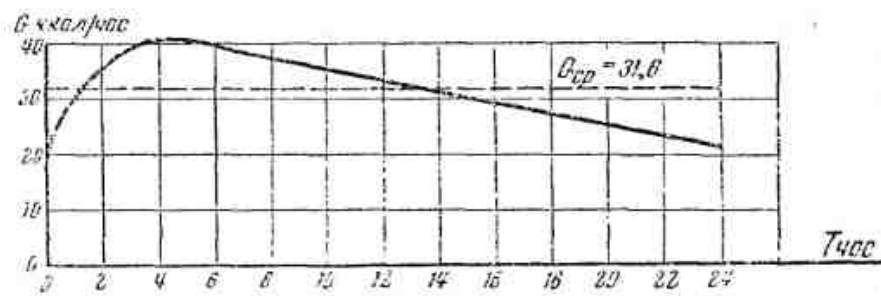
Так, деревянные брусковые и рубленные стены в условиях средней полосы имеют $R_0 = 1,20$, а оштукатуренные $R_0 = 1,23$ при $\delta_{\text{ст}} = 15$ см.

Утепленные щиты имеют еще более высокое значение R_0 и для них можно принять, как минимум, $R_0 = 1,7$.

Результаты расчетов $\tau_{\text{мин}}$ при указанных выше значениях R_0 для деревянных стен получаются, примерно, одинаковые с таковыми для кирпичных, а для фанерных даже значительно лучшие.

Аналогичные расчеты были проделаны для дневного цикла — при $t_{\text{в}}'$ в пределах от -30 до -14° и при одной точке в сутки при $t_{\text{в}} -$ от -12 до $+5^\circ$.

На рис. 18 изображена диаграмма повторяемости величины $\tau_{\text{мин}}$ при $A_r = 2,5^\circ$ за отопительный сезон, и там же указаны



| № | Конструкция стен | (A_1^+) | (A_2^-) | β_1 | (A_1^-) | (A_2^+) | β_2 | β |
|---|----------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|---------|
| 1 | Кирпичная | 1,43 | 0,566 | 2,52 | -2,19 | -0,95 | 2,28 | 2,33 |
| 2 | Деревянная | 2,16 | 1,32 | 1,63 | -3,59 | -2,25 | 1,60 | 1,59 |
| 3 | Фанерная | 3,55 | 3,06 | 1,16 | -6,12 | -4,20 | 1,17 | 1,14 |

Рис. 17. Кривые изменений температуры воздуха t и температуры поверхности ограждения τ в зависимости от кривой теплоотдачи печи (функции № 5).

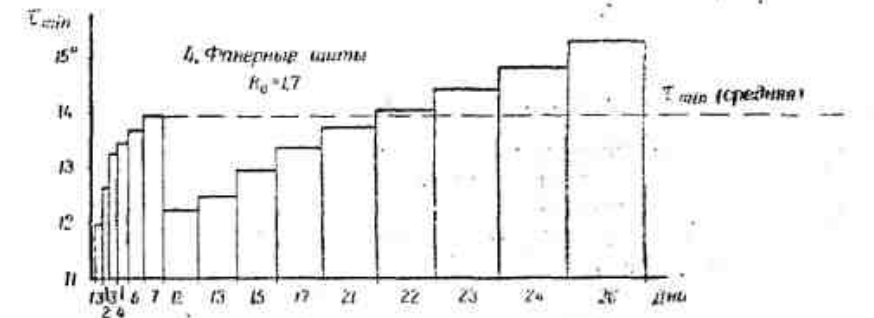
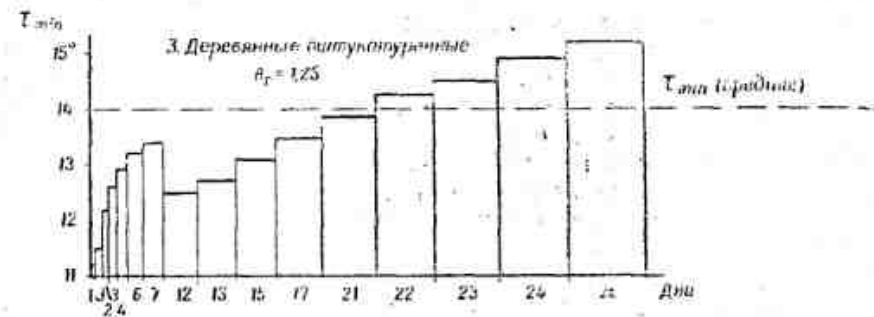
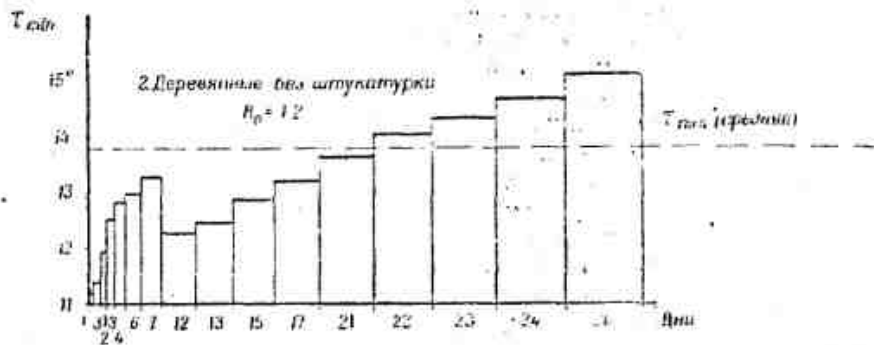
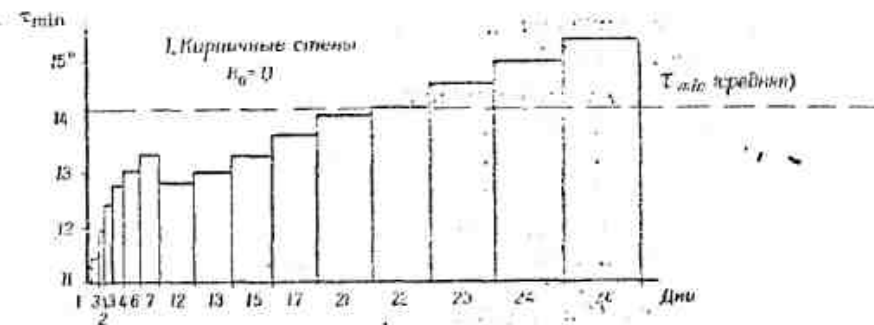


Рис. 18. Диаграмма повторяемости τ_{min} в отопительный сезон (для средн. полосы).

$$t_n = 18^\circ, t_{\text{в}} = -30^\circ, A_1^0 = 2,5^\circ.$$

средние за сезон значения τ_{min} средние, которые, согласно вычислениям, оказались равными:

| | | |
|----------------|---|-------|
| для ограждения | 1 | 14,1° |
| " | 2 | 13,8° |
| " | 3 | 14,0° |
| " | 4 | 14,0° |

Согласно требованиям гигиены температура внутренней поверхности наружных стен не должна снижаться больше чем на 5—6° против средней температуры помещения.

Так, по мнению Института коммунальной гигиены [4], она не должна быть ниже 13°.

Средне-суточные температуры $\tau_{\text{ср}}$ вполне удовлетворяют этим условиям почти во всех случаях и только при —30° ниже этой нормы — на несколько десятых долей градуса.

Учитывая, что столь низкие температуры бывают только один раз в два-три года, можно их не принимать во внимание.

С температурой τ_{min} обстоит дело несколько хуже, и указанная норма выдвигается только при $t_{\text{в}} = -16°$ и выше.

Кроме того, при переходе к одной точке в сутки, в промежутке между —14 и —10°, вновь имеет место падение величины τ_{min} ниже 13° на несколько десятых долей градуса.

Однако необходимо принять во внимание сравнительную краткость промежутков времени, которые соответствуют пониженным температурам внутренних поверхностей ограждений в течение теплового цикла, что видно из кривых на рис. 17.

Таким образом, принимая $A_t = 2,5 - 3°$, мы имеем достаточно благоприятное положение в отношении температур внутренних поверхностей наружных стен с точки зрения непосредственного влияния на человека (ощущение «холодности» ограждений). Хотя в некоторых случаях эти температуры и падают до 11—12°, но эти понижения весьма кратковременны и поэтому в расчет могут не приниматься. Для ночного цикла нами были получены еще более низкие значения τ_{min} . Однако ночные температуры нас интересуют меньше, поскольку на спящего и укрытого человека снижение нормальной температуры ограждений на 1—2° не может сказать какого-либо действия.

Допустимые пределы колебаний температуры воздуха помещения с гигиенической точки зрения

Вопрос о гигиеническом значении температурных колебаний, происходящих не резкими скачками, а постепенно и в небольших пределах, не имеет достаточного освещения в литературе по гигиене.

К факторам, вызывающим простудные заболевания, в частности относятся следующие:

а) Внезапные резкие изменения температуры воздуха (хотя бы в пределах всего нескольких градусов). Объясняется это тем, что регулирующие приспособления организма не сразу приводятся в действие.

б) Сквозняки. Действие сквозняков основано на незаметном для нас местном охлаждении отдельных участков тела. Слабое охлаждение отдельных участков кожи медленно доходит до центров, и поэтому действие теплорегулирующих приспособлений запаздывает, проявляясь тогда, когда охлаждением уже причастно к местное расстройство тканей, способствующее тому или иному заболеванию.

в) Обдувание холодным воздухом. Обдувание воздухом с температурой более низкой, чем окружающая среда, производит различное действие в зависимости от тех условий, в которых находится человек, и характера его работы. Так, например, в горячих цехах, где тело рабочего подвергается интенсивному воздействию лучистого тепла, без вреда для здоровья можно переносить действие весьма холодных воздушных струй (при работе, связанной с движением). Напротив, при спокойной работе в постоянной позе и в нормальных комнатных условиях подача в рабочую зону воздуха с температурой всего на 2—3° ниже нормальной и с малыми скоростями уже может вызвать неприятные ощущения.

Если обратиться теперь к рассмотрению вопроса о колебаниях температуры воздуха жилого помещения при отоплении печами с периодической топкой, то можно отметить, что здесь не имеет места ни один из перечисленных выше факторов, вызывающих простудные явления, т. е. ни внезапное изменение температуры, ни сквозняки, ни обдувание воздухом с пониженной температурой.

Изменение температуры воздуха здесь совершается исключительно плавно и в течение значительного промежутка времени, измеряемого часами. При этом действие этих температур на все тело человека достаточно равномерно. Таким образом, вряд ли можно считать эти колебания вредными в гигиеническом отношении.

Исходя из изложенного нам представляется, что при тех незначительных колебаниях температуры помещения, которые наблюдаются при периодической топке печей, приходится считаться только с субъективными ощущениями «приятного» и «неприятного».

При этом нужно иметь в виду, что человек обычно более чувствителен к понижению температуры, чем к повышению. Редко замечают, когда температура воздуха помещения повышается с 18 до 20—21°, между тем как понижение до температуры 14—15° причиняет людям явно неприятное ощущение.

Таким образом при установлении допустимых пределов колебаний температуры следует обращать внимание лишь на то, какова при этом получается минимальная температура.

Падение температуры жилого помещения, хотя бы и кратковременное, ниже 15—16° является недопустимым, и учитывая это обстоятельство, не следует допускать значения A_t свыше 2—3°.

На основании вышеизложенного примем при двух топках в сутки для наименьшей наружной температуры и ночного теплового цикла:

$$A_t = 2,5°.$$

Проследим по диаграмме на рис. 16 изменение величины A_7 в течение отопительного сезона.

В дневное время в самом невыгодном случае (верхний график) при $t_{вн} = -30^\circ$ имеем $A_7 = 2,0^\circ$.

При переходе к одной точке в сутки при $t_{вн} = -12^\circ$ величина A_7 поднимается примерно до 3° (по верхнему графику) и до $2,7^\circ$ по нижнему. Среднее значение A_7 за отопительный сезон для всех случаев получается меньше 2° .

Конденсация влаги на внутренних поверхностях наружных ограждений

Наиболее благоприятной относительной влажностью воздуха в любом помещении при температуре 18° является относительная влажность в пределах 30—60%, причем нижний предел (30%) принимается для зимнего времени, а 60% — для летнего.

Понижение относительной влажности воздуха жилого помещения ниже 30% вызывает усиленное испарение влаги с кожи и слизистых оболочек и неприятные ощущения сухости во рту и в горле. При повышении относительной влажности выше 60% затрудняется испарение влаги с поверхности кожи, что неблагоприятно отражается на состоянии организма.

При расчете конденсации влаги на внутренних поверхностях ограждений обычно рекомендуют исходить из максимально допустимой для жилых помещений относительной влажности воздуха.

Так, например, К. Ф. Фокни [6] указывает: «При расчете ограждения необходимо обеспечить его внутренней поверхности такую температуру, которая была бы выше точки росы для данной влажности воздуха. При этом нельзя ограничиваться только определенном температурой на гладкой стене, а необходимо учитывать понижение этой температуры в наружных углах, а также колебания температуры внутренней поверхности ограждения, при колебании отдачи тепла отопительными приборами».

Значения относительной влажности воздуха помещения для этих расчетов берутся по максимальной величине допустимой в них влажности: для жилых помещений $\omega = 60\%$, а для общественных зданий $\omega = 50\%$.

Рассмотрим сперва вопрос конденсации паров на гладкой стене.

При $t_{вн} = 18^\circ$ и $\omega = 60\%$ упругость водяного пара $p = 9,28$ мм рт. столба и температура точки росы $t_p = 10,1^\circ$.

Для условий г. Москвы во всех случаях минимальная температура внутренней поверхности ограждений, с учетом возможных колебаний ее в течение суток, получается при периодической тепле ($A_7 = 2,5^\circ$),

$$t_{\min} \geq 10,7^\circ > t_p$$

Таким образом, в отношении температур на гладкой стене все обстоит вполне благополучно.

Обращаясь к температурам нижних участков стен у холодного пола, особенно в наружных углах, получаем иные результаты.

Детальные расчеты, произведенные нами, показывают, что приведенное выше требование, чтобы температура в этих местах не опускалась ниже точки росы при $\omega = 60\%$, практически невыполнимо как при периодическом, так и при непрерывном отоплении.

Так, чтобы в холодном углу получить температуру поверхности $10,1^\circ$, необходимо иметь кирпичную стену с коэффициентом $R_{ст} = 3,0$, для чего она должна иметь толщину около 2 м. Тот же расчет показывает, что для того, чтобы температура внутренней поверхности наружных стен в самых холодных местах, при наименьших наружных температурах и при периодическом отоплении ($A_7 = 2,5^\circ$), была не ниже точки росы, нужно лишь повысить относительную влажность для различных наружных температур ($t_{вн}$) до величин, указанных во 2-м и 3-м столбцах табл. 17.

Таблица 17

| $t_{вн}$ | ω (в %) при стенах | | ω (в %) рекомендуемая для всех случаев |
|----------|---------------------------|-------------------|---|
| | кирпичных и деревянных | из фанерных щитов | |
| -30 | 36 | 41 | 40—45 |
| -25 | 40 | 45 | 45 |
| -20 | 45 | 49 | 45 |
| -15 | 51 | 55 | 50 |
| -10 | 56 | 60 | 55 |
| -5 | 62 | | 60 |

Далее необходимо заметить, что при понижении температуры тела до точки росы немедленная конденсация влаги наблюдается только на гладких водонепроницаемых поверхностях, например: стекле, полированном металле и т. п.

Если же поверхность пористая, слегка шероховатая или матовая, как, например, соответственно штукатурка, кирпич, бумага и т. п., то процессе конденсации становится, видимым сразу. Некоторые исследователи [7] считают, что для этих материалов конденсация на поверхности начинается только при температурах на 3—4° ниже точки росы.

У нас нет данных, которые подтверждали бы приведенное заявление, однако несомненно то, что те небольшие количества влаги, которые могут конденсироваться на этих поверхностях, при температуре их всего на 1—2° ниже точки росы, легко и достаточно быстро впитываются порами материала, и видимые следы конденсации появляются только спустя некоторое время.

Если обратиться к кривым τ на рис. 17, то можно видеть, что «пики» пониженных температур относительно кратковременны. Если эти пики на 0,5—1° и ниже точки росы, то в остальные часы суток осевшее на поверхности ничтожное количество влаги бесследно поглотится порами материала, и частично также в последующие моменты «пик» повышенных температур вновь испарится в окружающую среду.

Поэтому нет надобности исходить в расчетах на конденсацию из наименьших наружных температур, которые могут быть весьма редки и кратковременны. Со своей стороны мы полагали бы возможным вовсе не учитывать такие наружные температуры, которые имеют место в среднем не более 3 дней в году.

Приняв предложенную предпосылку, относительную влажность воздуха помещения, полученную для $t_n = -25^\circ$, можно распространить (для условий г. Москвы) и на более низкие температуры.

Рекомендуемые для включения в расчет величины относительной влажности (ϕ %) даны нами в последнем столбце табл. 17.

ГЛАВА ШЕСТАЯ

КОЭФИЦИЕНТ ТЕПЛОВОЙ ИНЕРЦИИ ПОМЕЩЕНИЙ

Понятие и вывод расчетных формул

Амплитуда колебаний температуры помещения для безного отопления при двух точках в сутки определяется по формуле (103)

$$A_t = \frac{0,7 \cdot M \cdot Q_{ср}}{\Sigma BF_0}$$

Обозначим здесь

$$Q_{ср} = W_0(t_n - t_u),$$

где W_0 — теплопотери помещения на 1° разности температур с учетом всех добавок в *ккал/час 1°* .

t_n и t_u — расчетные внутренняя и наружная температуры.

Далее примем

$$\frac{1,08 \Sigma BF_0}{W_0} = \psi. \quad (126)$$

Тогда формула (103) примет вид:

$$A_t = \frac{0,75 \cdot M \cdot (t_n - t_u)}{\psi}. \quad (127)$$

Согласно принятым нормам теплоустойчивость помещения является удовлетворительной, если

$$A_t \leq 2,5.$$

Вставляя эту величину в формулу (127), получим, что

$$\psi \geq \frac{0,75 \cdot M \cdot (t_n - t_u)}{2,5}.$$

Принимая $t_n = 18^\circ$, получим формулу, выражающую условие теплоустойчивости помещения:

$$\psi \geq a \cdot M, \quad (128)$$

где

$$a = 0,3(18 - t_u).$$

Значение a в зависимости от величины расчетной наружной температуры t_n дано в табл. 18.

Таблица 18

| t_n | -40° | -30° | -20° | -10° |
|-------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| a | 17,1 | 14,1 | 11,1 | 8,1 |

Безразмерная величина ψ названа нами «коэффициентом тепловой инерции помещения». В то время как отопительная печь периодического действия возбуждает температурные колебания, окружающая среда, также принимая участие в процессе нагревания и остывания, оказывает умеряющее действие, затормаживает эти колебания. Эта способность помещения затормаживать температурные колебания внутреннего воздуха в полной мере определяется коэффициентом ψ . Значение ψ зависит только от строительных особенностей помещения, и этим коэффициентом учитываются:

- 1) размеры помещения и всех его ограждений, внутренних и наружных;
- 2) материал, расположение слоев и их толщины во всех ограждениях;
- 3) коэффициенты теплопередачи наружных ограждений, и
- 4) прочие условия: размещение помещения по сторонам света, число наружных ограждений, вентиляция и т. д.

Значение ψ не зависит от системы отопления, однако величина его меняется в зависимости от периода колебаний, т. е. от порядка эксплуатации отопительной установки.

Так, например, при одной топке в сутки величина ψ меньше чем при двух топках в помещениях с массивными ограждениями на 17—20%, а с легкими — на 20—25%.

Введение понятия о коэффициенте ψ позволяет сделать ряд важных выводов, внося большую ясность в оценку строительных проектов жилых помещений с точки зрения их теплоустойчивости.

В практических случаях значение ψ для различных помещений колеблется в очень широких пределах, а именно от 3,0 до 25 и выше (при двух топках в сутки). Некоторые помещения специального характера, например, подземные склады и блиндажи, могут иметь $\psi = 100$.

Зависимость коэффициента ψ от различных факторов

Произведенные по формуле (126) расчеты для разного рода помещений приводят к выводам, что тепловая инерция помещения сравнительно мало зависит от конструкции наружных ограждений.

Последняя, конечно, влияет на тепловую инерцию помещения, но это влияние относительно меньше, чем влияние других факторов и в первую очередь, удельных теплотерь помещения.

Та или иная конструкция ограждения влияет на величину числителя в формуле для определения ψ , теплотери же исходят в знаменатель. Практически получается, что при замене одних конструкций другими, например, кирпичных стен деревянными и даже стенами из фанерных утепленных щитов, числитель увеличивается всего в 1,5—1,8 раза, при изменении же условия размещения помещения удельные теплотери его могут изменяться в более широких пределах, а именно в 3,4 и даже в 5 раз. Этот последний фактор и оказывает решающее влияние на тепловую инерцию помещения.

Выше было указано, что при применении легких конструкций ограждений обычно назначают коэффициент сопротивления теплопередачи R_n выше, чем при массивных кирпичных стенах. Там же при анализе колебаний температуры внутренней поверхности наружных стен подчеркивалось, что для легких типов ограждений амплитуда указанных колебаний A_z получается эссенциально больше, чем при кирпичных стенах. Исходя из этого, во избежание чрезмерного понижения τ_{min} , необходимо принимать значения R_n для легких щитовых конструкций по меньшей мере на 50% выше, чем для кирпичных стен.

Выполнение этого условия (что мы считаем совершенно обязательным) значительно сглаживает разницу в значениях коэффициента ψ для помещений с различными конструкциями ограждений. Некоторое снижение теплотерь в деревянных и щитовых помещениях, по сравнению с кирпичными, происходит также за счет относительного уменьшения расчетной площади охлаждения F . Дело в том, что при расчете теплотерь при вычислении этой площади учитывается толщина стен и, при одних и тех же внутренних размерах помещения, деревянные и щитовые стены, как более тонкие, имеют меньшую расчетную длину, чем кирпичные. Указанная разница особенно существенно сказывается в угловых помещениях.

Между тем, при вычислении теплопоглощательной способности помещения P , площади ограждений F_n определяются по внутренним обмерам и, благодаря этому, получаются одинаковыми при любых толщинах стен.

Далее играет роль тот фактор, что такие ограждения, как полы и окна, имеют практически одинаковые значения коэффициентов теплопоглощения во всех случаях.

Изложенные соображения заставляют предполагать, что помещения с разными конструкциями ограждений, при сохранении планировок и внутренней кубатуры, должны мало отличаться между собой по величине коэффициента тепловой инерции.

Это подтверждается примерами, приведенными на рис. 19, где изображены различные помещения, расположенные в порядке возрастания их тепловой инерции. В верхнем ряду слева имеем одноэтажный однокомнатный домик из утепленных фанерных щитов, у которого все стены наружные (при $K_{ст} = 0,6$ $\psi = 3,2$).

Рядом с ним представлен таких же размеров кирпичный домик со стенами в 2,5 кирпича.

Для него $\psi = 3,4$, т. е. почти одинаковый со шитовым домиком. Далее таких же размеров деревянный брусковый дом со штукатуркой; для него — $\psi = 3,7$.

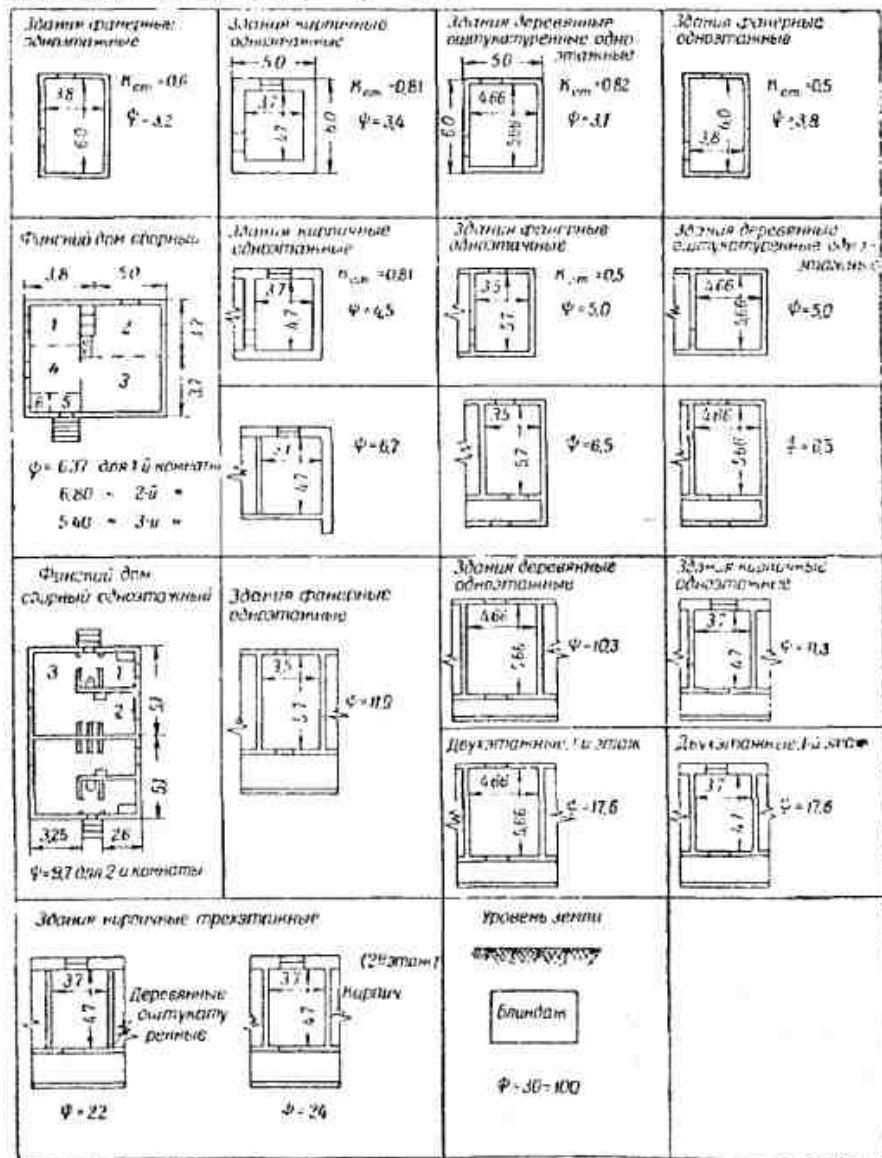


Рис. 19. Величины коэффициентов тепловой инерции ψ для некоторых помещений при $z = 12$ час.

Если в первом фанерном домике возьмем более теплые щиты, имеющие $K = 0,50$, то этот домик переместится по величине ψ на четвертое место, оставив позади и каменный дом и деревянный брусковый со штукатуркой.

Во втором ряду сверху расположены помещения, имеющие 2 или 3 наружных стены. Для них ψ колеблется в пределах от 4,5 до 6,8, причем и здесь помещения с разными конструкциями стен также расположены без определенной последовательности. Слева находится сборный шитовой домик, рядом с ним кирпичный, далее фанерный и деревянный — брусковый.

В третьем ряду сверху расположены помещений в одноэтажных и двухэтажных домах с одной наружной стеной.

Величина ψ для них колеблется в пределах от 9,7—17,6.

Наконец, в нижнем ряду расположены помещения с особо высокими значениями ψ .

Так, помещение, расположенное во II этаже многоэтажного каменного дома, имеет $\psi = 22-25$, а блиндаж, расположенный глубоко под землей, — даже от 30 до 100.

Характер зависимости ψ от числа холодных ограждений и от их конструкций наглядно показан на рис. 20.

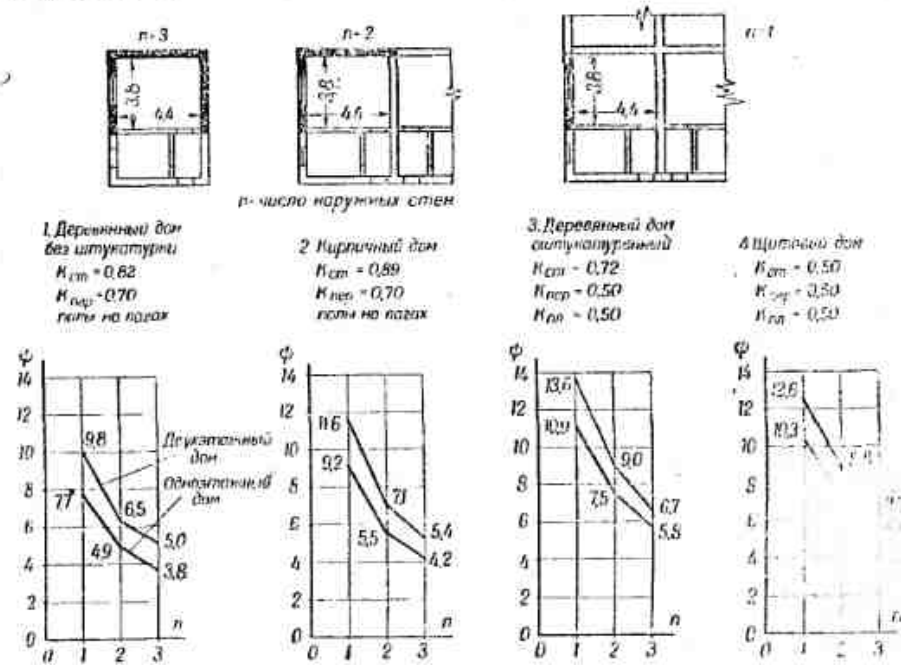


Рис. 20. Зависимость ψ от числа наружных стен при $z = 12$ час.

Здесь изображены три случая размещения комнаты размера $3,8 \times 4,4$ м:

- 1) угловая с тремя холодными стенами,
- 2) » с двумя » »
- 3) средняя с одной холодной стеной.

Из конструкций ограждений рассмотрены 4 варианта:

1) деревянный дом без штукатурки с холодным полом и брусковыми стенами толщиной 15 см;

- 2) кирпичный дом с холодным полом и стенами в 2,5 кирпича;
- 3) деревянный дом со штукатуркой, теплым полом и брусковыми стенами толщиной 18 см и
- 4) щитовой дом с теплым полом. (Щиты из 16-мм досок, утепленные оргалитом).

По этажности рассмотрены два случая: одноэтажный дом и второй этаж двухэтажного дома.

Из представленных кривых можно видеть, что при увеличении числа холодных стен с одной до трех во всех случаях тепловая инерция помещения падает примерно в 2 раза, причем наилучшим показателем имеет первый вариант, несколько лучше — кирпичный дом и самые лучшие — щитовой.

Таким образом, вопреки общераспространенным взглядам, что кирпичные дома обладают наибольшей теплоустойчивостью, а легкие сборные и каркасные — наименьшей, имеем в данном случае обратную картину. Решающую роль сыграло здесь большее утепление наружных ограждений, которое в легких конструкциях с применением эффективных утеплителей достигается сравнительно простыми и дешевыми средствами.

Замечательным свойством коэффициента ψ является отсутствие определенной зависимости его величины от размеров помещения.

Это свойство ψ имеет большое принципиальное значение, находясь в противоречии с существовавшим до сего времени методом проектирования печного отопления, по которому вес активного массива печи принимался пропорциональным теплопотерям помещения, составляя около 800 кг на 1000 ккал часовых теплопотерь.

Так, например, для помещения с теплопотерями 1500 ккал печь должна была весить около 1200 кг, а для помещения с теплопотерями 4000 ккал — около 3000 кг и т. д.

Между тем величина ψ с увеличением размеров помещения и его теплопотерь, может остаться неизменной и даже несколько увеличиться, вследствие чего для больших помещений, по условиям обеспечения теплоустойчивости, могут применяться печи таких же или даже меньших размеров (с большим значением коэффициента неравномерности теплоотдачи отопительного прибора M).

Приведем несколько примеров.

На рис. 21 представлены угловые комнаты в щитовом доме с утепленными полами. При увеличении площади комнаты с 4 до 36 м² теплопотери ее W_0 увеличиваются в несколько раз. Пропорционально этому возрастает и вес печи G_1 , определяемый как функция теплопотерь.

Между тем, как показывает расчет, коэффициент тепловой инерции здесь остается почти постоянным, вследствие чего вес печи, требуемый по условиям теплоустойчивости G_2 , получается для малых и больших помещений один и тот же.

На рис. 22 изображены такие же помещения, как на рис. 21, но в доме с кирпичными стенами и с неутепленными полами (на лагах).

Здесь расчеты приводят к еще более интересным результатам. При увеличении размеров помещения коэффициент ψ значительно возрастает (за счет уменьшения относительного влияния холодного угла), и поэтому вес печи G_2 , требуемый по условиям теплоустойчивости, уменьшается.

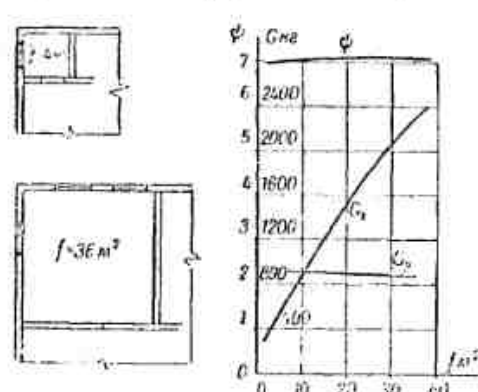


Рис. 21. Зависимость коэффициента ψ от размеров помещения для угловых помещений в щитовом доме с теплыми полами.

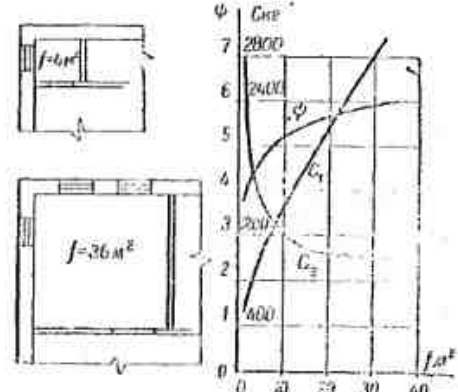


Рис. 22. Зависимость коэффициента ψ от размеров помещения для угловых помещений в кирпичном доме с холодными полами (на лагах).

Теоретический интерес представляет тот факт, что для очень малых помещений (площадью менее 2 м²) потребные для их теплоустойчивости размеры печи могут оказаться больше размеров самого помещения.

Наконец, на рис. 23 показаны помещения с одной наружной стеной. Здесь при увеличении размеров помещения величина ψ немного уменьшается, вследствие чего вес

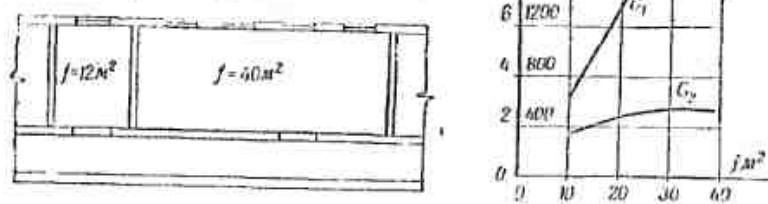


Рис. 23. Зависимость коэффициента ψ от размеров помещения для помещений с одной холодной стеной.

печи G_2 возрастает (очень незначительно). Из рассмотрения рис. 21—23 видно, что величина ψ с увеличением размеров помещения и его расчетных теплопотерь может вести себя по-разному. В одних случаях она возрастает, в других — падает, в третьих — остается неизменной.

В то же самое время из приведенных примеров видно, что с изменением размеров помещений и конструкций их ограждений пределы изменения величины ψ довольно ограничены и, как указывалось выше, большее влияние на величину ψ оказывает другой фактор, а именно — число холодных ограждений.

Это позволяет произвести приближенную классификацию помещений по величине ψ в зависимости только от этого последнего признака, которая и приведена в табл. 19.

Таблица 19

| | Число холодных стен | ψ | M |
|----------------------------------|---------------------|----------|-----------|
| Одноэтажные дома | 4 | 3,0—4 | 0,2—0,27 |
| | 3 | 3,8—6,0 | 0,26—0,42 |
| | 2 | 5,0—7,5 | 0,35—0,52 |
| | 1 | 7,7—11,0 | 0,53—0,70 |
| Двухэтажные дома | 2 | 6,5—9 | 0,45—0,63 |
| | 1 | 10—14 | 0,69—0,97 |
| Многэтажные дома (средние этажи) | 2 | 10—14 | 0,69—0,97 |
| | 1 | 18—25 | 1,25—1,73 |

В последнем столбце табл. 19 указаны значения коэффициентов неравномерности теплоотдачи M для печей, которые могут быть применены в этих помещениях; они определены по формуле (128) при $t_{\text{н}} = -30^\circ$.

Оценка конструкций ограждений с точки зрения теплоустойчивости помещения

Задача повышения теплоустойчивости помещения в строительном проектировании сводится, в конечном счете, к возможному увеличению коэффициента тепловой инерции помещения ψ .

Отсюда и качество конструкции того или иного ограждения, с точки зрения теплоустойчивости помещения, должно оцениваться исходя из того, как это ограждение влияет на величину ψ .

Для внутренних ограждений единственным и вполне исчерпывающим показателем является коэффициент теплопоглощения B .

В самом деле, если обратиться к формуле

$$\psi = \frac{1,08 \Sigma BF_0}{W_0}, \quad (126)$$

то видно, что характер внутреннего ограждения учитывается только в числителе, на знаменатель же формулы (126) он никакого влияния не оказывает.

Что же касается наружного ограждения, то, как это следует из предыдущего, выбор той или иной конструкции его отражается не только на ΣBF_0 , но и на величине W_0 , поскольку последняя зависит от коэффициента теплопередачи ограждения K .

Таким образом, заменяя кирпичную наружную стену, для которой $B_1 = 4,47$, деревянной оштукатуренной стеной, для которой $B_2 = 3,71$, неизвестно еще, проигрываем мы или выигрываем, так как если вторая стена является более теплой ($k_1 > k_2$), то может оказаться, что падение величины W_0 в формуле (126) опередит падение ΣBF_0 , в результате чего коэффициент ψ возрастет.

Возьмем чисто теоретический случай, когда все ограждения помещения одинаковы и все являются наружными.

Примем также $W_0 = \Sigma kF$,

где F — расчетные площади наружных ограждений.

Тогда из формулы (126) получаем:

$$\psi = \frac{1,08 \cdot B \cdot \Sigma F_0}{k \Sigma F} = A \cdot \frac{B}{k}, \quad (129)$$

где A — некоторая постоянная величина.

Таким образом для этого случая оценкой качества ограждения явилось бы отношение

$$\frac{B}{k} = \frac{R_0}{\frac{1}{\alpha_n} + \frac{1}{\gamma_n}}, \quad (130)$$

и, если кирпичную стену, имеющую $k_1 = 0,89$, мы захотели бы заменить деревянной оштукатуренной, с условием, чтобы $\psi = \text{const}$, то для последней должны были бы иметь:

$$k_2 = \frac{B_2}{B_1} k_1 = \frac{3,71}{4,47} \cdot 0,89 = 0,74.$$

Переходя от такого теоретического случая к реальным условиям, легко убедиться, что для сохранения $\psi = \text{const}$ при уменьшении B всегда требуется относительно меньшее снижение коэффициента k .

При этом играют роль следующие факторы:

1. Величина kF_0 данного ограждения по отношению к ΣBF_0 для всего помещения.

2. Величина теплопотерь через данное ограждение kF по отношению к общей величине теплопотерь (ΣkF).

Рассмотрим здесь два крайних случая.

Пример 1

Имеем помещение (рис. 24) с наружной стеной в 2,5 кирпича. Внутренние стены и потолок — деревянные оштукатуренные.

Пол и потолок — теплые (2-й этаж в 3-этажном доме).

По расчету имеем:

$\Sigma BF_0 = 225$; из них для наружной стены $BF_0 = 24,8$ или 11% .
 $\Sigma kF = 9,72$ ккал/час 1° ; из них для наружной стены $kF = 7,6$ или 80% .

Коэффициент тепловой инерции:

$$\psi = \frac{1,08 \cdot 225}{9,72} = 25.$$

Если в этой комнате заменим кирпичную стену какой-либо другой, с новыми значениями B и k , то величина ΣBF_0 изменится очень мало.

Принимая деревянную стену со штукатуркой, получим для нее: $BF_0 = 20,5$ откуда $\Sigma BF_0 = 220,7$.

Между тем теплопотери через наружную стену относительно весьма велики, почему уже небольшое уменьшение коэффициента k здесь должно существенно отразиться на величине ΣkF .

Для того, чтобы величина ψ осталась прежней, нужно иметь

$$(\Sigma kF)_2 = \frac{1,08(\Sigma BF_0)_2}{\psi} = \frac{1,08 \cdot 220,7}{25} = 9,54.$$

Для этого достаточно снизить k наружной стены с $k_1 = 0,89$ только до $k_2 = 0,875$, т. е. ~ на $1,5\%$.

Напомним, что для рассмотренного выше теоретического случая требовалось в подобном случае иметь

$$k_2 = 0,74.$$

В качестве следующего варианта возьмем брусковую стену $\delta = 0,15$ м без штукатурки, для которой имеем

$$B = 3,12 \text{ и } k = 0,84.$$

Производя соответствующие расчеты, получим:

$$(\Sigma BF_0)_3 = 217,5;$$

$$(\Sigma kF)_3 = 9,36;$$

$$\psi_3 = \frac{1,08 \cdot 217,5}{9,36} = 25 = \psi_1 = \psi_2.$$

Таким образом для данного помещения все три рассмотренные конструкции наружных стен с точки зрения теплоустойчивости равноценны.

Возьмем теперь наружную стену из фанерных щитов с утеплением оргалитом, и пусть для нее $B = 2,13$ и $k = 0,75$. Произведя расчет, получим

$$\psi_4 = 26,0.$$

Оказывается, этот тип ограждения для данного помещения является наилучшим.

Пример 2

Имеем помещение (рис. 25) в одноэтажном доме с наружной стеной в 2,5 кирпича. Внутренние стены — перегородки «Дифферент» ($B = 2,61$). Потолок — подшивной, фанерный ($B = 2,35$). Пол — дощатый, на лагах.

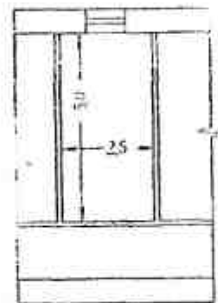


Рис. 24. План комнаты к примеру № 1.

По расчету имеем:

$$\Sigma BF_0 = 494; \text{ из них для наружной стены } BF_0 = 116 \text{ или } 23,5\%.$$

$$\Sigma kF = 75 \text{ ккал час } 1^\circ; \text{ из них для наружной стены } kF = 31 \text{ ккал час } 1^\circ \text{ или } 41\%.$$

Таким образом, по сравнению с предыдущим примером, относительные теплопотери через наружную стену снизились в 2 раза, а относительное значение BF_0 в два с лишним раза возросло.

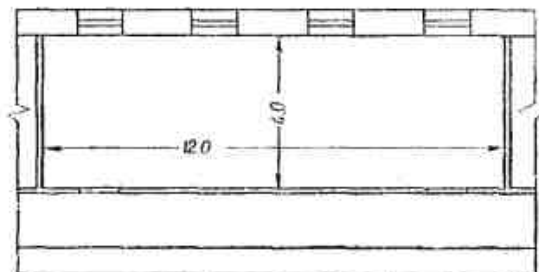


Рис. 25. План комнаты к примеру № 2.

Аналогично предыдущему примеру произведены расчеты для тех же 4 вариантов стен. Результаты вычисления ψ для обоих примеров приведены в табл. 20.

Таблица 20

| № п/п | Конструкция наружной стены | Пример 1-й | | Пример 2-й | |
|-------|--|------------|-----|------------|-----|
| | | ψ | % | ψ | % |
| 1 | Кирпичная в 2,5 кирпича ($\kappa=0,89$) | 25 | 100 | 7,1 | 100 |
| 2 | Деревянная со штукатуркой ($\kappa=0,875$) | 25 | 100 | 6,85 | 97 |
| 3 | Брусковая при $\delta=0,15$ м ($\kappa=0,84$) без штукатурки | 25 | 100 | 6,7 | 94 |
| 4 | Из фанерных щитов с утеплением оргалитом ($\kappa=0,75$) | 26 | 101 | 6,6 | 93 |

В отличие от первого примера во втором примере первые три типа ограждений не оказались равноценными.

Особенный интерес представляет тот факт, что ограждение № 4, которое в первом примере было наилучшим, для второго примера оказалось наихудшим.

Отсюда можно сделать вывод, что относительные качества различных конструкций наружных ограждений, с точки зрения влияния их на теплоустойчивость помещения, не являются постоянными, а находятся в зависимости от конкретных строительных особенностей каждого помещения. Иными словами, если для одной комнаты конструкция А лучше конструкции Б, то для другой комнаты конструкция Б может оказаться лучше, чем А.

Вместе с тем данные табл. 20 показывают, что в обоих примерах изменение конструкции наружных стен очень мало отражается на коэффициенте тепловой инерции помещения.

В рассмотренных примерах мы допустили некоторую условность, заключающуюся в том, что меняли конструкцию наружных стен, оставляя неизменными внутренние стены. На практике при применении для наружных стен легких типов ограждений и внутренние стены устраиваются также легкой конструкции с меньшими значениями коэффициентов теплопоглощения.

А это уже дополнительно и весьма существенно вызывает снижение коэффициента ψ .

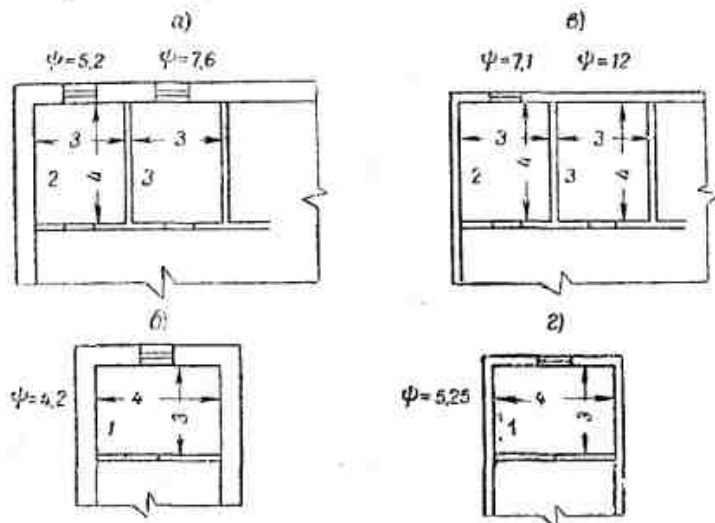


Рис. 26. Значения коэффициента ψ при разных конструкциях внутренних и наружных ограждений:

а и б — наружные стены в 2,5 кирпича, внутренние стены — легкие деревянные перегородки; в и г — наружные стены — дощатые щиты с утеплением ($k=0,65$), внутренние стены — кирпичные в 0,5 кирпича.

Для того, чтобы все же сохранить коэффициент ψ на прежнем уровне, необходимо в этих случаях идти на дополнительное снижение коэффициентов теплопередачи наружных ограждений k , чтобы компенсировать этим не только снижение коэффициента B наружных, но также и внутренних ограждений.

Теоретический интерес представляет то положение, что обычная конструкция наших домов, в которых наружные стены делаются более капитальными, чем внутренние, находится в прямом противоречии с интересами теплоустойчивости.

Учитывая возможность утепления щитовых и каркасных конструкций за счет применения легких эффективных утеплителей, мы практически можем снизить k наружных стен и перекрытий при применении этих конструкций до 0,65 и ниже. Этим мы резко снижаем величину W_0 в формуле (126), с избытком компенсируя уменьшение ΣBF_0 .

Для внутренних ограждений, напротив, нам выгоднее сохранить конструкции с высоким значением коэффициента теплопоглощения B , так как снижение этого коэффициента здесь нельзя компенсировать какими-либо другими изменениями их свойств.

В результате получается несколько парадоксальное положение: с точки зрения теплоустойчивости: выгоднее наружные стены делать легкой конструкции, а внутренние — из тяжелых материалов (кирпич, бетон).

Это положение иллюстрируется рис. 26.

В то время как при наружных кирпичных стенах и внутренних деревянных переборках коэффициент тепловой инерции помещений получался в пределах $\psi = 4,2-7,6$, при кирпичных внутренних стенах и щитовых наружных имеем $\psi = 5,3-12,0$.

О возможных перерывах в топке нетеплоемких систем отопления

Общий вид формулы для определения амплитуды колебания температуры помещения (при двух топках в сутки), в случае применения нетеплоемких систем отопления, может быть представлен в следующем виде:

$$A_t = \frac{A \cdot M_{np} Q_{cp}}{\Sigma BF_0} \quad (131)$$

или, заменяя

$$Q_{cp} \text{ на } W_0 (t_n - t_n)$$

и принимая

$$\frac{1,08 \Sigma BF_0}{W_0} = \psi,$$

получим

$$A_t = \frac{A \cdot M_{np} (t_n - t_n) \cdot 1,08}{\psi} = \frac{B \cdot M_{np} (t_n - t_n)}{\psi}, \quad (132)$$

где $B = A \cdot 1,08$.

На основании изложенного выше получим значение величины B .

При отоплении нетеплоемкими печами — 0,75.

При воздушном отоплении — 1,0.

При паровом отоплении — 0,85.

При водяном (без тепловых аккумуляторов) — 0,75.

Принимая в формуле (132) $A_t = 2,5$ и $t_n = 1c'$, получим

$$\psi = \frac{B \cdot M_{np} (18 - t_n)}{2,5},$$

а полагая

$$\frac{B}{2,5} (18 - t_n) = \Gamma,$$

имеем

$$\psi = \Gamma \cdot M_{np}. \quad (133)$$

Значения Γ для перечисленных выше систем отопления и при разных t_n приведены в табл. 21.

Таблица 20

| Система отопления | Значение Γ при $t_n =$ | | | |
|--|-------------------------------|-------------|-------------|-------------|
| | -40° | -30° | -20° | -10° |
| Нетеплоемкие печи и водяное отопление (без тепловых аккумуляторов) | 17,4 | 14,4 | 11,4 | 8,4 |
| Паровое отопление | 19,8 | 16,4 | 13,0 | 9,6 |
| Воздушное отопление | 23,2 | 19,2 | 15,2 | 11,2 |

Значение $M_{пр}$ даны на графике рис. 8 в зависимости от $\frac{m}{m+n}$.

При двух топках в сутки $m+n=12$ час. и тогда получим:

1. При $n=3$ часа $M_{пр}=0,8$.
2. При $n=6$ часов $M_{пр}=1,40$.
3. При $n=9$ часов $M_{пр}=2,2$.

Отсюда, пользуясь формулой (133) и табл. 21, можем определить, какова должна быть тепловая инерция помещения в различных случаях для того, чтобы можно было устраивать перерывы в топке длительною от 3 до 9 часов (при двух топках в сутки).

Эти данные приведены в табл. 22.

Таблица 22

| Система отопления | Перерыв в топке n (час) | Значение ψ при $t_n =$ | | | |
|--|---------------------------|-----------------------------|-------------|-------------|-------------|
| | | -40° | -30° | -20° | -10° |
| Нетеплоемкие печи и водяное отопление (без тепловых аккумуляторов) | 3 | 14 | 11 | 9 | 7 |
| | 6 | 24 | 20 | 15 | 12 |
| | 9 | 38 | 32 | 25 | 18 |
| Воздушное отопление | 3 | 19 | 16 | 12 | 9 |
| | 6 | 32 | 27 | 21 | 16 |
| | 9 | 51 | 42 | 33 | 25 |
| Паровое отопление | 3 | 16 | 13 | 10 | 8 |
| | 6 | 28 | 23 | 18 | 13 |
| | 9 | 44 | 36 | 28 | 21 |

ГЛАВА СЕДЬМАЯ

ПРОГРЕВ И ТЕПЛОТДАЧА ТЕПЛОЕМКИХ ОТОПИТЕЛЬНЫХ ПЕЧЕЙ

Низкая эффективность теплоотдачи тонкостенных печей умеренного прогрева

До 1947 г. наши нормы (ГОСТ 2127-43 и др.), исходя из санитарно-технических требований, давали одну и ту же норму предельного нагрева наружной поверхности как для толстостенных, так и для тонкостенных печей, а именно 80° (при облицовке изразцами — 90°).

Для того, чтобы уяснить себе, что получалось при соблюдении указанных норм прогрева, рассмотрим процесс нагревания и остывания наружной стенки печи при толщинах ее в 12 и 6 см.

Точные расчеты здесь весьма сложны вследствие неустойчивости ряда основных величин в процессе прогрева и остывания, а именно:

1. Температура дымовых газов по мере прогрева газовой стенки печи также непрерывно и значительно повышается.

2. Непрерывно меняется коэффициент теплоотдачи от газовой стенке вследствие непрерывного изменения разности температур между газами и стенкой и вследствие изменения плотности газа и скорости его при изменении его температуры.

3. Коэффициент теплопроводности стенки несколько возрастает по мере ее прогрева.

4. Этот коэффициент в каждый момент различен в разных слоях стенки по ее толщине ввиду весьма неравномерного прогрева стенки.

5. Коэффициент теплоотдачи от наружной поверхности стенки в наружный воздух повышается по мере повышения ее температуры.

6. Весьма сказывается влияние краевых условий (углы) ввиду ограниченных размеров стенки в плане. Это ведет к отклонению направления тепловых потоков от нормали в горизонтальной плоскости.

7. На прогрев стенки в данной зоне оказывает влияние неодинаковость температуры газов выше и ниже этой зоны ввиду быстрого падения температуры газов по пути их движения. Это ведет к

некоторому отклонению тепловых потоков от нормали в вертикальной плоскости.

8. На процессе остывания стенки оказывает влияние внутренний прогретый массив печи.

Практически всю сложную картину изменения этих факторов учесть весьма трудно, и поэтому мы ограничиваемся приближенным расчетом, чтобы выявить самый характер явлений, не претендуя на большую точность полученных цифр.

Исходя из некоторых средних условий, соответствующих примерно условиям первого восходящего канала печи, принимаем, что в течение всего процесса нагрева следующие величины остаются постоянными:

1. Температура газов $T_g = 700^\circ$.
2. Коэффициент теплоотдачи от газов к стенке $\alpha = 15$.
3. Коэффициент теплопроводности материала стенки $\lambda = 0,65$.
4. Температура внешней среды $t_n = 18^\circ$.

(Величины по пп. 3 и 4 полагаем неизменными и в процессе остывания).

Коэффициент теплоотдачи от стенки в наружную среду α_n берем по общепринятым формулам, в зависимости от температуры поверхности и учитывая изменение этого коэффициента по времени (в наших расчетах величина его колеблется в пределах от 7 до 14).

Влиянием крайних условий и проч. пренебрегаем. Для производства расчетов применен графический метод, как наиболее удобный в данном случае.

Ввиду общезвестности этого метода приводим только конечные результаты.

Обратимся к рис. 27, на котором изображен разрез стенки толщиной 12 см.

При воздействии горячих газов на правую поверхность стенки температура этой поверхности начинает повышаться, и тепловая волна постепенно распространяется в толщу стенки, достигая через некоторое время наружной поверхности.

В некоторый момент времени распределение температур по толщине стенки происходит по кривой 1.

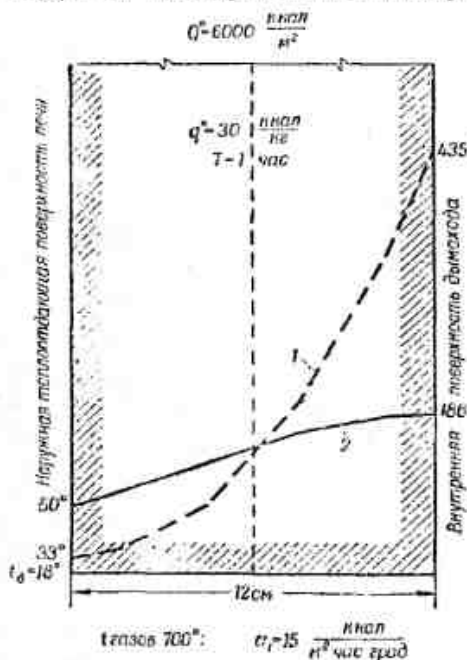


Рис. 27. Кривые прогрева стенки печи толщиной 12 см при максимальной температуре поверхности 80° .

Положим теперь, что топка печи прекращается, и приток тепла к внутренней поверхности равен нулю.

Начинается процесс остывания стенки. Теперь с некоторой условностью можно рассматривать внутреннюю поверхность стенки как абсолютно изолированную, а самый процесс остывания разбить на две стадии.

В первой стадии температура внешней поверхности еще должна возрастать за счет притока тепла от сильно нагретых внутренних слоев.

Через некоторое время подъем температур прекратится, и наступит вторая стадия остывания, когда начинается падение температуры и на наружной поверхности.

Кривая 2 соответствует концу первой и началу второй стадии остывания, когда температура на наружной поверхности достигает максимума.

Эти две кривые и являются ключом к пониманию сути процесса. Повидимому, величина максимальной температуры на наружной поверхности печи будет находиться в прямой зависимости от температуры на внутренней поверхности, а последняя, при принятых нами параметрах, зависит только от продолжительности процесса топки печи.

Путем производства ряда последовательных расчетов, задаваясь разными длительностями топки, можно найти такую, при которой температура на внешней поверхности печи в момент «спики» поднялась бы как раз до предельной величины, т. е. до 80° . Эти расчеты нами были произведены, и в результате их оказалось, что при принятых условиях топка печи должна продолжаться около 1 часа. К концу топки температура на внутренней поверхности печи достигнет 435° , на наружной 33° .

За это время 1 м^2 стенки воспримет 6000 ккал тепла. При весе 1 м^2 кладки, равном 200 кг, аккумуляция тепла на 1 кг кладки составит 30 ккал.

Обратимся теперь к рис. 28, на котором изображена стенка толщиной 6 см.

Если и в этом случае топку печи производить в течение 1 часа, то температура на внутренней поверхности к концу топки достигнет, примерно, такого же уровня, как и у стенки в 12 см, а именно 440° . Количество воспринятого тепла на 1 м^2 стенки также останется почти без изменения, а отнесенное к 1 кг кладки возрастет в два раза.

Обратим внимание на температуру наружной поверхности печи. Вместо 33° для предыдущего случая к концу топки имеем 138° . К концу первой стадии остывания максимальная температура получается 157° вместо допускаемых по нормам 80° .

Если мы при утонении стенки хотим сохранить указанный нормами предел поверхностной температуры, необходимо сократить продолжительность топки.

Путем пробных расчетов находим, что в этом случае она должна равняться всего 0,3 часа, причем температурные кривые располагаются, как показано на рис. 29.

Температура на внутренней поверхности печи достигает к концу топки всего 315° , а количество тепла, поглощенное 1 м^2 стенки, падает с 6000 до 2400.

Следует отметить, что в этом случае уменьшается количество тепла, отнесенное к 1 кг печной кладки, а именно с 30 до 25 ккал/кг.

Таким образом, при утончении стенки печи с 12 до 6 см кирпича используется менее эффективно, и расход его на кладку печей заданной мощности возрастает.

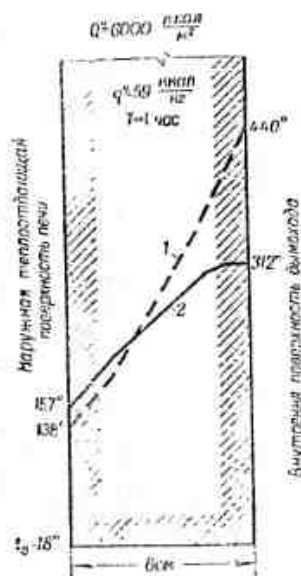


Рис. 28. Кривые прогрева стенки печи толщиной 6 см при нагревании ее в течение 1 часа.

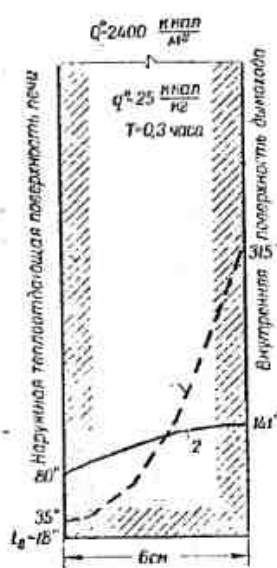


Рис. 29. Кривые прогрева стенки печи толщиной 6 см при максимальной температуре поверхности 80° .

Как уже указывалось выше, подобного рода теоретические расчеты не могут претендовать на большую точность и при переходе от такой упрощенной схемы к реальным условиям приходится учитывать ряд поправок.

Прежде всего необходимо отметить, что толстостенные печи остывают медленнее тонкостенных и к моменту следующей топки, особенно при двухтопочном режиме, остаточные температуры в них выше. Вследствие этого соотношение между аккумуляцией тепла в толстостенных и тонкостенных печах, полученное по нашему расчету, на деле несколько изменяется в пользу последних.

Однако эти расчеты в общем дают вполне правильную картину явлений, что видно по результатам проведенных нами многочисленных опытов, приведенным ниже.

На рис. 30 изображены кривые изменения температур поверхности печей ОС-24 и ОС-2.

Первая печь — тонкостенная, размерами $51 \times 51 \text{ см}$, вторая — толстостенная, размерами $102 \times 102 \text{ см}$.

У первой печи характер кривой более крутой, чем у второй, она быстро нагревается, но и быстрее остывает.

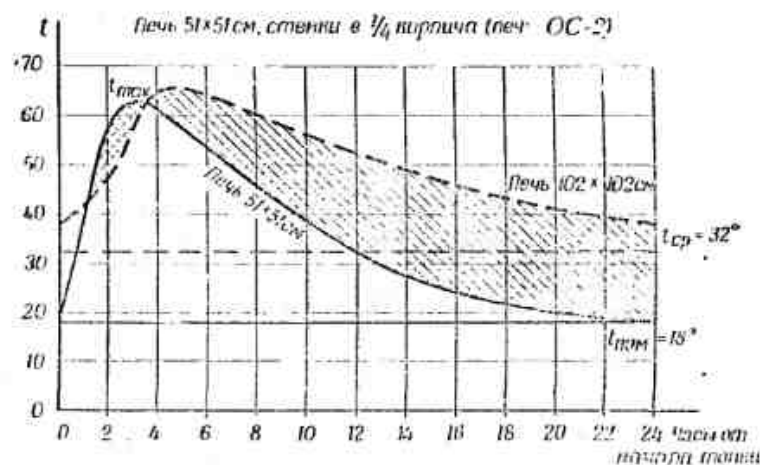
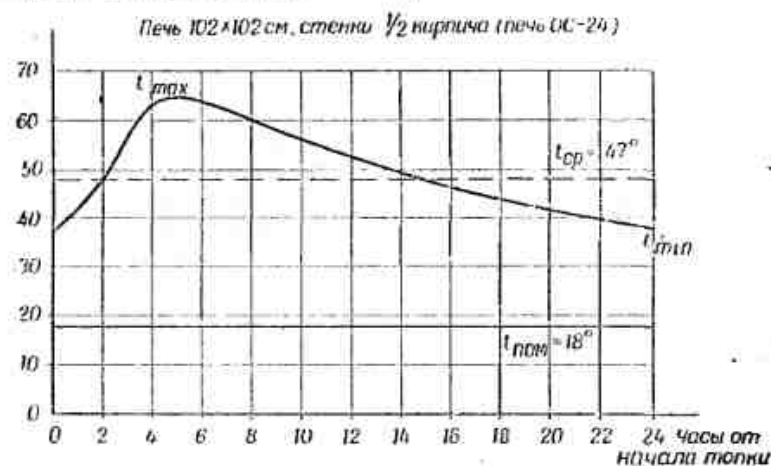


Рис. 30. Графики температуры поверхности печей ОС-24 и ОС-2.

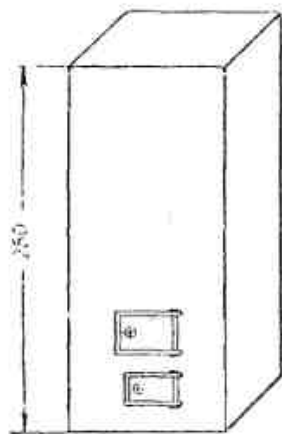
Вместе с тем вершины той и другой кривой получаются, примерно, на одинаковом уровне, так как норма предельного нагрева тех и других печей, как уже говорилось, одна и та же.

В результате площадь температурной кривой первой печи получается примерно вдвое меньше, чем у второй, что и видно при наложении этих кривых одна на другую.

Теплоотдача первой печи с 1 м^2 получается примерно вдвое меньше, так как теплоотдача печи приблизительно пропорциональ-

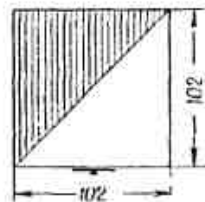
на площади температурной кривой. Это же положение очень наглядно иллюстрируется рис. 31.

Печь ОС-24

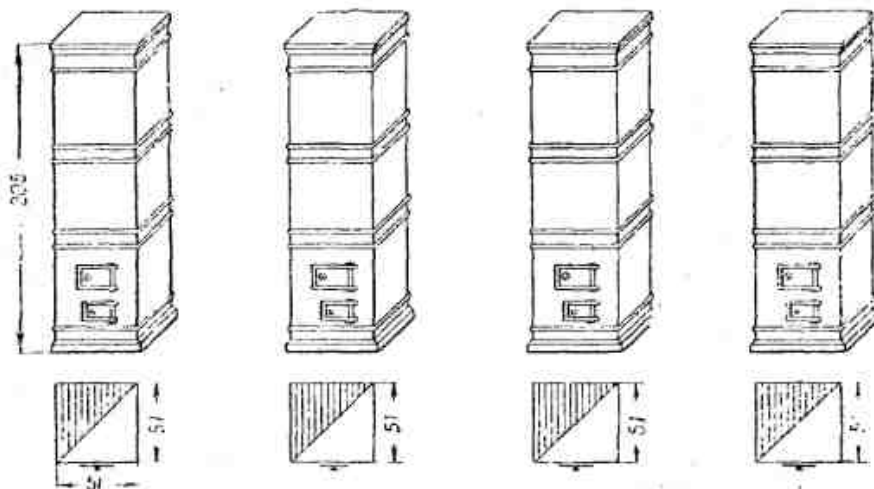


$$Q_{\text{час}} = 4200 \frac{\text{ккал}}{\text{час}}; N_k = 890 \text{ шт.}$$

$$N_k^0 = \frac{1000 N_k}{Q_{\text{час}}} = 212 \frac{\text{шт кирпич}}{1000 \text{ ккал/час}}$$



Печь ОС-2



$$Q_{\text{час}} = 1200 \frac{\text{ккал}}{\text{час}}; N_k = 230 \text{ шт.}$$

$$N_k^0 = \frac{1000 N_k}{Q_{\text{час}}} = 192 \frac{\text{шт кирпич}}{1000 \text{ ккал/час}}$$

Рис. 31. Сравнительные данные по теплоотдаче толстостенных и тонкостенных печей (при 2-х топках в сутки).

Печь ОС-24, при высоте 250 см и размерах в плане 102×102 см, имеет при двух топках теплоотдачу $Q = 4200$ ккал/час.

На кладку этой печи расходуется 890 кирпичей, а на 1000 ккал/час $N_k^0 = 212$ штук.

Разрежем эту печь в плане на 4 печи размером 51×51 см каждая и толщину стенок примем в 1/4 кирпича; при этом получим примерно удвоенную поверхность нагрева, поскольку общий периметр 4 печей 51×4×4 = 816 см вместо 102×4 = 408 см у печи ОС-24.

Получается ли какой-нибудь выигрыш от подобного увеличения поверхности нагрева?

На основании проведенных опытов, с точным соблюдением норм прогрева по ГОСТ 2127-43, оказалось, что теплоотдача каждой из четырех печей размером 51×51 см составляет только 1200 ккал/час, а всех печей — 4800 ккал/час.

На кладку этих печей израсходовано 920 штук кирпича и, следовательно, на 1000 ккал/час приходится $N_k^0 = 192$ шт.

Таким образом снижение удельного расхода кирпича N_k^0 улучшилось всего около 10%.

Вернемся теперь опять к печи ОС-24 и утоним её наружные стенки, которые выложим в 1/4 кирпича. Все остальное, т. е. топчанник, внутренний массив и газоходы, оставим без изменения (рис. 32). Такая печь была построена и испытана нами (печь ОС-16). Размеры ее в плане, за счет утонения стенок, снизились до 90×90 см.

В результате, как и следовало ожидать, теплоотдача этой печи по сравнению с печью ОС-24, значительно снизилась, а именно до 2830 ккал/час.

Расход кирпича на кладку этой печи составляет 640 штук, а на 1000 ккал/час — $N_k^0 = 225$ штук.

Подобного же рода данные получены нами при испытании свыше двадцати разного рода тонкостенных печей, и на основе этих испытаний величина теплоотдачи с 1 м² при двух топках оказалась в пределах 340—400, а в среднем 360 ккал/час.

В то же время для толстостенных печей (по испытаниям их в количестве около 40—45 штук) величина теплоотдачи получена в пределах 450—575, а в среднем около 510 ккал/час.

Удельный расход кирпича на кладку активного массива печи почти не зависит и от размеров ее.

Итак, мы показали, что на расходе кирпича в тонкостенных печах умеренного прогрева, по сравнению с толстостенными, мы почти ничего не выигрываем, а потребная поверхность нагрева тонкостенных печей получается в среднем больше толстостенных на

$$\frac{510 - 360}{360} \times 100 = 42\%$$

Удельный расход облицовочных материалов для тонкостенных печей на 1000 ккал/час получается больший, между тем как при применении такого материала как изразец, глазурованная плитка и т. п., основную стоимость составляет как раз облицовка.

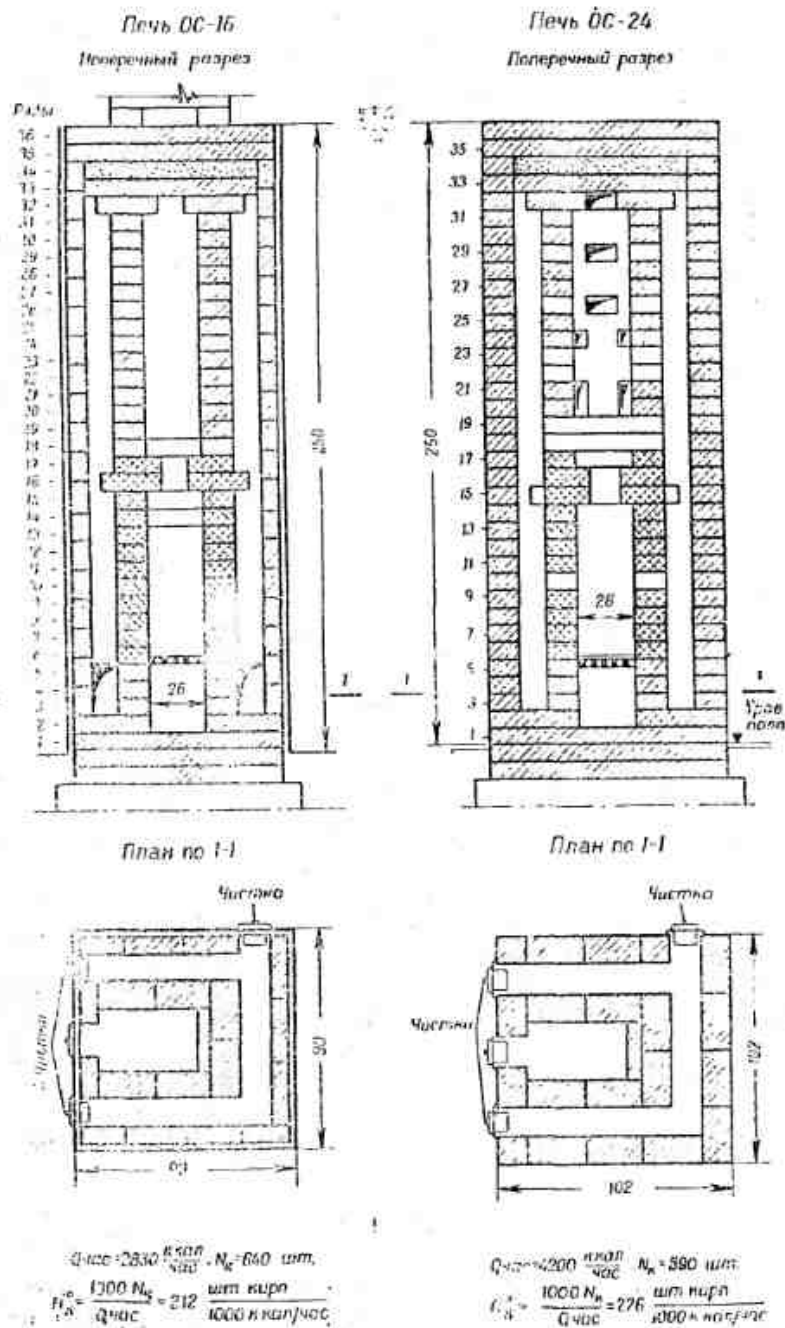


Рис. 32. Печи ОС-16 и ОС-21.

вод, что тонкостенные печи умеренного прогрева экономически целесообразны.

Новые нормы прогрева тонкостенных печей

Стремясь к повышению прогрева стенок печи, мы должны, в первую очередь, не забывать о сохранении прочности печной кладки и ее долговечности. Переходы в этом отношении известные границы, мы рискуем тем, что печи будут быстро разрушаться.

Для установления предельно допустимого прогрева необходимо иметь некоторые определенные критерии.

Испытания кирпичных печей с толщиной стенок в $\frac{1}{2}$ кирпича показывают, что установленный нормами предел нагрева их поверхности до 80° довольно близко подходит к тому пределу, который должен быть назначен для этих печей, исходя из условия их прочности. Практика показывает, что при дальнейшем перегреве стенок печей случаи появления сдвигов и трещин в них значительно учащаются. На это обстоятельство нами указывалось и раньше [3].

Таким образом, прогрев стенки печи по схеме, изображенной на рис. 27, можно считать допустимым; дальнейшее же повышение температуры стенки печи со стороны газов рискованно и нежелательно.

Если мы на рис. 27 отбросим слой стенки слева до пунктирной линии, то, очевидно, условия, в которых будет находиться утоненная стенка, не ухудшатся по сравнению с условиями прежней стенки, если максимум прогрева на внутренней поверхности останется в пределах тех же 435° .

Таким образом, мы переходим к случаю, изображенному на рис. 28, где предел прогрева наружной поверхности приближается к 157° .

Исходя из указанного выше и учитывая, что стенка в $\frac{1}{4}$ кирпича имеет толщину несколько больше половины полкирпича, по-видимому, можно было бы допустить прогрев ее до $140-150^\circ$.

При этом следует еще заметить, что чем тоньше стенка печи, тем меньше сказывается односторонний прогрев на ее прочности и, таким образом, при прочих равных условиях опасность появления трещин и сдвигов в стенке в $\frac{1}{4}$ кирпича меньше, чем в стенке в $\frac{1}{2}$ кирпича. Учитывая и это обстоятельство, есть основание утверждать, что, приняв указанный выше предел прогрева в $140-150^\circ$, мы не ухудшим условия работы стенки печи по сравнению с таковыми для стенки в $\frac{1}{2}$ кирпича, нагреваемой до 80° .

При оценке отопительного прибора с санитарно-гигиенической точки зрения обращается внимание в основном на два фактора: 1) дистилляцию органической пыли, оседающей на поверхности прибора и 2) лучеспускание.

Существует мнение, что указанная дистилляция происходит уже при температуре 80° и особенно эффективно начинает происходить при 100° и выше.

Исходя из этого, наши нормы ставят температурный предел для поверхностного нагрева отопительных приборов $80-90^\circ$ как для радиаторов центрального отопления, так и для отопительных печей жилых помещений.

При оценке этих норм прежде всего следует заметить, что характер работы теплоемкой отопительной печи периодического действия весьма отличен от такового для радиатора центрального отопления, так как:

во-первых, радиатор имеет постоянную во времени температуру, поскольку в соответствующие дни отопительного сезона эти предельно высокие температуры поддерживаются на его поверхности в течение круглых суток и, во-вторых, эта температура имеет место на всей поверхности радиатора.

Совсем иное мы имеем в печах.

Здесь температура на поверхности печи неравномерна, и предельная норма прогрева достигается только на небольшой площади (примерно на 10—15% всей поверхности печи).

Таким образом, если существует норма прогрева 80° , то не следует понимать, что вся поверхность печи нагревается до 80° . Или что средняя температура равна 80° . На самом деле в момент максимального пикета средняя температура обычно не превышает $55-60^\circ$.

Далее, температура печи непостоянна во времени и непрерывно меняется, доходя до известного максимума после топки печи и затем падая до минимума к началу следующей топки.

Установленные нормы и соответствуют этим «пикам», т. е. тому моменту, когда печь находится в состоянии максимального прогрева. Эти пики, конечно, относительно кратковременны, и в остальное время суток температура печи держится на значительно более низком уровне.

Необходимо отметить также то обстоятельство, что теплоотдающими поверхностями печи, имеющими наиболее интенсивный прогрев, являются вертикальные стенки, на которых пыль сравнительно мало оседает.

Таким образом, отопительная теплоемкая печь с периодической топкой ни в коем случае не может быть приравнена к приборам центрального отопления по условиям дистилляции пыли.

На радиаторе, как это указывалось ранее, эта температура при расчетной наружной температуре может держаться круглые сутки, т. е. 100% времени и распространяется на 100% его поверхности, на печи же она держится только 10% времени в течение суток и распространяется всего на 15% поверхности.

Учитывая эти обстоятельства, следует признать, что существовавшие ранее нормы прогрева для печей были занижены. Имеются и другие соображения, которые указывают на то, что опасность дистилляции пыли на поверхности печи не должна служить препятствием к повышению норм расчетных «пиковых» температур.

Самый процесс дистилляции до сего времени изучен недостаточно полно, и среди самих гигиенистов в оценке этого фактора не имеется единого мнения.

До сих пор еще не удалось определить, сколько пыли может пригорать на единице поверхности в единицу времени при той или иной температуре.

Фактически несомненные количества выделяющихся газов получаются столь ничтожными, что не поддаются измерению, почему и рассматриваемый фактор — пригорание пыли — до сих пор не получила еще объективной оценки.

Обратимся теперь к рассмотрению вопроса о воздействии на людей лучистого тепла.

При сильном разогреве стенок печи (свыше 150°) начинает преобладать отдача тепла лучением, что вызывает неприятное ощущение у находящихся вблизи отопительного прибора людей.

На рис. 10 представлены кривые лучеиспускания и конвекции поверхностей, имеющих температуру до 300° .

При температурах до 150° кривая лучеиспускания проходит ниже кривой конвекции.

Теплоотдача лучеиспусканием при 150° составляет всего $1000 \text{ ккал/час м}^2$, в то время как при 300° она равна $1000 \text{ ккал/час м}^2$.

Если принять во внимание, что средняя температура поверхности печи в момент «пик» может быть не выше 100° , то поток лучистой теплоты составит всего около $600 \text{ ккал/м}^2 \text{ час}$.

Обращаясь к вопросам пожарной безопасности, следует отметить, что повышение нормы прогрева стенок печи с 90° до $120-150^\circ$ в течение короткого отрезка времени и на ограниченном участке не может внести каких-либо новых требований по расчету печей в помещении, в сравнении с обычными печами умеренного прогрева, а также по устройству противопожарных разделок.

На основании опытных данных может быть допущена наибольшая температура нагрева поверхности печи в 120° при условии поддержания ее не более, чем в течение 1—2 часов, за период тепловыделения.

Средняя же температура в период максимального прогрева не должна превышать 90° . Эти температуры и следует принимать за основу при конструировании и испытании тонкостенных печей «повышенного прогрева»¹.

В том случае, когда одна часть печи, например, топливник, имеет стенки толщиной в $1/2$ кирпича, а остальная часть печи в $1/4$ кирпича, предел пикета печи должен определяться следующими условиями:

1) на части поверхности печи, имеющей толщину стенок в $1/2$ кирпича, температура не должна превышать в отдельных точках $80-90^\circ$;

2) на прочих участках поверхности печи в отдельных точках допускается кратковременное повышение температуры до 120° .

¹ Эти нормы вошли в ГОСТ 2127-47 [11] и ГОСТ 4057-48 [12].

При выполнении печей из других материалов, близких по своим свойствам к кирпичу, например, из жаростойкого бетона, керамики и проч., следует ориентироваться на эти же нормы прогрева.

Теплоотдача и теплоаккумуляция тонкостенных печей повышенного прогрева

На рис. 33 по аналогии с рис. 27, 28 и 29 представлен график изменения температур в толще стенки печи, если принять температуру на внешней поверхности печи в момент максимального прогрева 120° .

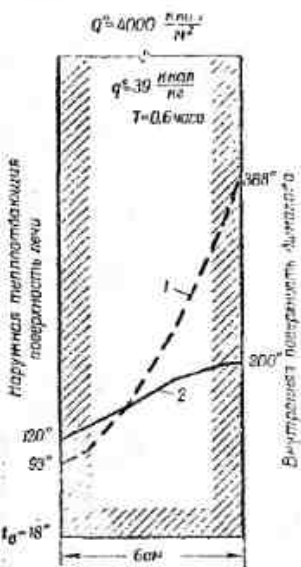


Рис. 33. Кривые прогрева стенки печи толщиной 6 см при максимальной температуре поверхности 120° .

температурных колебаниях, а следовательно, и в аккумуляции тепла.

Проведенные нами опыты подтвердили эти теоретические предположения, причем получены следующие показатели (при двух топках в сутки): теплоотдача с 1 м^2 — 550 — 650 ккал/час ; перепад температур массива печи в максимально разогретом состоянии и к моменту следующей топки $\Delta t = 140$ — 180° ; расход кирпича на 1000 ккал/час — 70 — 100 штук.

Столь низкий расход кирпича, а следовательно, и малый вес печей объясняется также и тем, что в небольших печах, особенно сложенных в железном каркасе, удается значительно умень-

¹ Для тонкостенных печей весом до 1000 кг по ГОСТ 2127-47 принята норма $\Delta t = 100$.

шить относительный объем неактивных элементов печи, пока она не перекрыта.

Таким образом, в печах повышенного прогрева расход кирпича на кладку печей уменьшается, примерно, в 2 — $2,5$ раза по сравнению с печами «умеренного прогрева».

Печи повышенного прогрева мощностью до 2000 ккал/час получаются столь легкими, что их можно устанавливать непосредственно на полу помещения без устройства специальных фундаментов.

Между тем известно, что для одноэтажных печей расход материалов на устройство фундаментов составляет по весу до 50% от расхода их на самую печь.

Учитывая и это обстоятельство, можно ожидать, что вес печей при применении новых печей должен снизиться в $2,5$ — $3,0$ раза.

Коэффициент неравномерности теплоотдачи печи

Коэффициент неравномерности теплоотдачи печи определяется по формуле (78):

$$M = \frac{Q_{\max} - Q_{\min}}{2Q_{\text{ср}}}$$

Величина его зависит от размеров печи и толщины ее стенок и определяется при лабораторных испытаниях печи. Как правило, при увеличении веса печи коэффициент неравномерности ее теплоотдачи уменьшается.

При одинаковом весе печи тонкостенные имеют более высокий коэффициент M , чем печи толстостенные.

Форма печи в плане также влияет на величину M : чем меньше периметр печи, тем значение M ниже. Еследствие этого при прочих равных условиях круглые печи имеют наиболее низкий коэффициент M .

Для печей, отапливаемых углем и антрацитом, величина коэффициента M меньшая, чем для таких же печей, отапливаемых быстрогорящим топливом (дрова, торф и т. п.).

Коэффициент M зависит от промежутка времени между топками (периода колебаний). Так, например, при переходе от одной топки в сутки к двум топкам величина M больших толстостенных печей снижается в $2,5$ — $3,0$ раза, а легких тонкостенных в $2,0$ — $2,3$ раза.

Весьма важным обстоятельством является то, что величина M остается почти без изменения при изменении порции сжигаемого топлива и, соответственно, степени нагрева печи. При увеличении прогрева печи величина Q_{\max} растет быстрее, чем Q_{\min} , и числитель в формуле (78) увеличивается. Но одновременно возрастает при этом и среднее значение теплоотдачи ($Q_{\text{ср}}$), и в результате значение M остается почти без изменения.

Далее необходимо учитывать, что коэффициент M не зависит от того, находится ли печь целиком в данной комнате или только

астично. Так, например, четыре отдельных печи (рис. 34 а) можно заменить двумя и даже одной печью таких же размеров (рис. 34 б, в и 34 г); при этом в отношении теплоустойчивости помещений результаты будут такие же.

Для кирпичных печей ориентировочная зависимость между весом печи и ее коэффициентом неравномерности теплоотдачи (при двух топках в сутки) изображена на рис. 35.

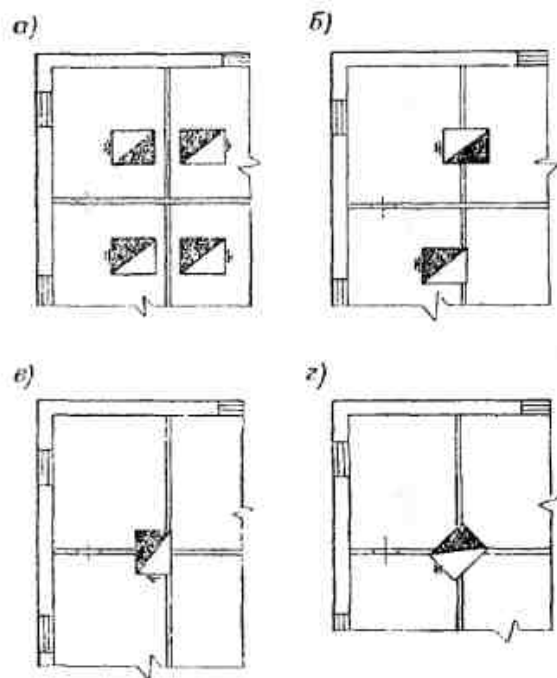


Рис. 34. Примеры различной установки печей без изменения теплоустойчивости помещений.

На основании формулы (128), которая связывает значение величины ψ и M , можно на той же оси абсцисс, параллельно с M , отложить и значения ψ (в нашем случае применительно к $t_{расч} = -30^\circ$ для Москвы).

В результате получается непосредственная зависимость веса печи от тепловой инерции помещения.

Рассмотрение рис. 35 приводит к следующим выводам:

1) для помещений с тепловой инерцией $\psi < 4,0$ тонкостенные печи практически неприменимы и необходимо ставить печи толстостенные;

2) для помещений с ψ от 4,2 до 5,0 применение тонкостенных печей хотя и возможно, однако обычно целесообразнее и выгоднее бывает применять также толстостенные печи;

3) для помещений с $\psi \geq 5,0$ вес печи достаточен в пределах 1000 кг и отсюда начинается область практического применения тонкостенных печей индустриальных типов.

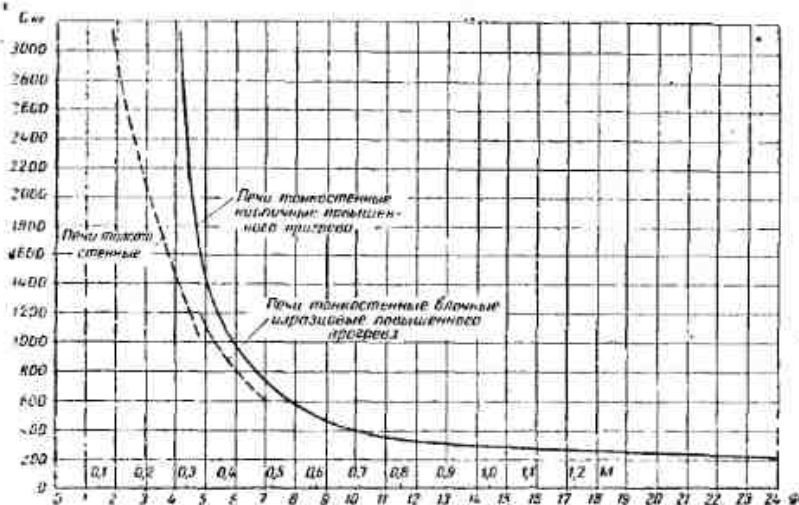


Рис. 35. Примерная зависимость веса печи от коэффициента неравномерности теплоотдачи и от коэффициента тепловой инерции помещения (при двух топках в сутки и при $t_{и} = -30^\circ$).

Некоторые соображения о конструировании тонкостенных печей повышенного прогресса

Внешнее оформление. Материалы и конструкции

Отопительная печь является элементом оборудования помещения и должна иметь соответствующее этому помещению архитектурное оформление.

Поэтому при создании конструкции новой печи вопросы художественного оформления ее должны прорабатываться столь же тщательно, как и при выпуске прочего оборудования жилой комнаты.

С этой точки зрения в настоящее время наилучшими печами признаются изразцовые (кафельные) печи.

Гладкая поверхность печи в этом случае не оставляет желать ничего лучшего. Кроме того, поверхность изразца весьма прочна по отношению к механическим, химическим и температурным воздействиям и не требует никакой дополнительной обработки в виде затирки, покраски и проч. Благодаря наличию румпы, изразцы удобно и прочно связываются между собой и с кладкой печи, причем в дальнейшем в случае надобности печь может быть легко разобрана без повреждения изразцов, а последние могут быть вторично использованы.

Применение шамотных футеровочных плит делает печь весьма стойкой к воздействию пламени и дымовых газов.

Перечисленные достоинства изразцовых печей обеспечили им исключительно широкое распространение у нас и за рубежом.

Следует и далее ориентировать печестроение в СССР на эти печи. Необходимо наладить массовый выпуск на наших заводах изразцов и др. потребных для этого рода печей материалов.

В самую сборку печей необходимо внести индустриальные методы.

При конструировании печей весом свыше 200—300 кг для удобства транспортировки их следует разбивать на отдельные блоки, собираемые на месте сооружения печи.

Ориентируясь в будущем на изразцовые печи, не следует, однако, забывать, что они имеют сравнительно высокую стоимость, а быстрое развертывание необходимого количества заводов для выделки изразцов представляет на сегодня значительные трудности.

Между тем, мы строим печи в огромных количествах. Новое жилое строительство требует постройки ежегодно не менее 1—2 миллионов печей. Немалое количество печей ежегодно строится и переделывается в существующих домах.

Несомненно, что при самых быстрых темпах развития кафельной промышленности и заводского печестроения в течение ближайшего ряда лет нам придется применять при строительстве печей и другие материалы.

К числу таких облицовочных материалов относится асбофанера. Она обладает рядом ценных свойств и должна получить широкое применение в печном деле. Особенно хороша для этих целей цветная полированная асбофанера.

Облицовка асбофанерой может быть применена только для каркасных печей: печь заключается в легкий каркас из уголкового стали, и листы асбофанеры заводятся своими краями за полочки стоек, а затем прижимаются к полкам уголков кирпичной кладкой (см. ниже «Индустриальные типы печей повышенного прогрева»).

Производились также опыты по креплению листов асбофанеры к поверхности печи путем наклейки их различными составами; однако эти опыты не дали вполне удовлетворительных результатов. Поэтому на сегодня для облицовки печей асбофанерой необходимо наличие металлического каркаса, для которого может быть применена уголковая сталь № 2—2,5.

Лучше всего штамповать элементы каркаса из листовой стали толщиной 1,5—2,0 мм. Такие каркасы получаются легкими, изящными и достаточно прочными.

Устройство печи в металлическом каркасе с облицовкой асбофанерой дает возможность получить достаточно прочную конструкцию, допускающую транспортировку ее в готовом виде. Внешнее оформление таких печей также может быть выполнено вполне удовлетворительно.

Производились также опыты по облицовке кирпичной печи глазурированными облицовочными плитками, которые приклеивались к поверхности печи на цементном растворе. Результаты получались вполне удовлетворительные: по истечении отопительного сезона не было замечено отставания или отрыва плиток от массива печи. Плитки держались столь крепко, что при последующей разборке печи они раскалывались вместе с кирпичом.

При высоком качестве плиток поверхность печи получается при этом способе облицовки ее очень эффективной, особенно для небольших печей в металлическом каркасе (см. рис. 38).

Несколько слов о применении гипса для устройства печей.

Как известно, из гипса очень удобно отливать всевозможные детали любой конфигурации и формы. Поверхность отливки получается ровной и гладкой и имеет приятный вид. Соответствующим устройством форм легко придать блокам тот или иной архитектурный орнамент.

Отливки быстро твердеют, не требуя пропарки. При всем этом гипс сравнительно дешев.

Эти качества гипса побудили многих конструкторов применить его для устройства отопительных печей. Так, при проведении всесоюзного конкурса на сборные печи в 1944—45 гг. было получено немало проектов гипсовых печей. При этом гипс применялся как в чистом виде, так и в смеси с другими материалами, главным образом, с глиной.

Среди специалистов-теплотехников сложилось мнение, что гипс неспособен сколько-нибудь длительно выдерживать температуры порядка 150—200° и по этой причине не может быть пригоден для печестроения. Это отвергается фактами. В 1943—1944 гг. в г. Горьком было построено несколько гипсовых печей, которые находились в эксплуатации длительный срок (проф. Г. Г. Пашо́тин).

В числе этих печей был кухонный очаг со щитком, сложенный из гипсовых кирпичей на ребро, так что топливник имел стенки толщиной всего около 7 см. Очаг выдержал более 120 топок и при обследовании никаких разрушений в стенках его не было обнаружено.

Другая печь являлась чисто отопительной и помещалась в одном из рабочих барачков.

В результате проведенных опытов и наблюдений было установлено, что в отношении жаростойкости гипс в смеси с огнеупорной глиной является достаточно прочным материалом. По другим своим теплотехническим свойствам гипс не удовлетворяет требованиям, предъявляемым к печным материалам, а именно: гипс весьма слабо воспринимает тепло от горячих газов и также слабо аккумулирует и отдает его воздуху помещения.

Наилучшим образом этим условиям удовлетворяли бы такие материалы, как гранит, мрамор, бетон с гранитным щебнем и т. п. Значительно худшим материалом является кирпич. Гипс же примерно вдвое легче кирпича и, соответственно, во столько же раз ниже его коэффициент теплопроводности и теплоусвоения.

В заключение следовало бы отметить, что гниль является, по видимому, весьма подходящим материалом для изготовления кухонных очагов, где указанные выше теплотехнические свойства его могут оказаться весьма уместными и полезными.

Топливники. Их проектирование и конструкции

Топливники должны проектироваться применительно к тому виду топлива, который предполагается применять в каждом конкретном случае. Однако приходится считать с тем, что на практике очень часто одну и ту же печь приходится топить в течение одного отопительного сезона различными видами топлива: дровами, торфом, каменным углем, антрацитом.

Специальные опыты, проведенные нами в 1940—41 гг., показали, что все эти виды топлива довольно хорошо можно сжечь в одном и том же топливнике, на горизонтальной колосниковой решетке, при наличии небольшой шахточки (глубиной 6—12 см) со скосками к колосниковой решетке под углом не менее 30—40°.

При применении же низкосортных бурых углей подмосковного бассейна выявилась необходимость коренного переустройства как топливника, так и всей печи в целом.

Особенностью этих углей, затрудняющей сжигание их, является высокая зольность, а также то обстоятельство, что куски угля, будучи пропитаны веществами различного состава и цементированы ими, при сгорании мало уменьшаются в объеме и не рассыпаются.

Уголь обгорает с поверхности, а вглубь горение распространяется медленно, и раскаленные кусочки угля хотя и покрывают колосниковую решетку довольно толстым слоем, но языков пламени почти не дают.

Воздух, проходя через довольно толстый слой угля (8—10 см), слабо вступает в реакцию, а горение идет медленно и с большим избытком воздуха.

Постоянное накопление шлака увеличивает сопротивление прохождению воздуха, и сжигание последующих загрузок топлива становится все более затруднительным и, наконец, просто невозможным. Приходится прибегать к выгребанию из топливника раскаленных невыгоревших кусков шлака.

В условиях обычной эксплуатации комнатных печей эта операция, конечно, не может быть допущена, так как помимо ее неудобства она сопровождается большим выделением в помещение сернистых газов и пыли.

В топках котельных установок для удаления шлака устраиваются поворотные колосники. В отопительных печах прибегать к таким относительно сложным устройствам можно только при заводском изготовлении всех деталей топливника, как это имеет место в некоторых переносных металлических печах.

В обычного типа печах с неподвижной колосниковой решеткой приходится идти по пути максимального развития площади решетки, при сравнительно небольшом живом сечении ее.

На большой решетке уголь и шлак распределяются менее толстым слоем, и удается сжечь всю порцию топлива, не прибегая к выгребу шлака в процессе топки.

По этой причине, при проектировании печей под эти виды топлива, приходится значительно расширять топливник, чтобы разместить решетку необходимых размеров. Тепловое напряжение решетки падает до 100—170 тысяч $\text{ккал}/\text{м}^2$, что примерно в 4—6 раз меньше, чем при дровах.

Выпуск газов в трубу, при сжигании низкосортных бурых углей, следует производить при более высоких температурах, чем обычно, а именно не ниже 200—250° с целью обеспечения надежной тяги.

При ослаблении тяги наблюдается распространение сернистого газа из зольника нечи, образующегося при догорании в нем кусочков провалившегося при шуровке печи угля.

В силу этого сама конструкция печи в отношении газоходов должна приспособляться к этому виду топлива, а именно: газовое сопротивление ее должно быть возможно малым, а поверхность тепловосприятия развита также сравнительно мало.

Интересно провести параллель со сжиганием антрацита в дровяной печи. Горение антрацита происходит в 2—3 раза медленнее, чем дров, и поверхность тепловосприятия внутренних газоходов оказывается излишне большой; тем не менее практически это обычно не вызывает никаких вредных последствий. Если при дровах отходящие газы имели температуру 150—180°, то при горении антрацита она падает до 90—120°; однако, благодаря низкой влажности антрацита и малому содержанию летучих и серы никаких вредных последствий такое понижение температуры за собой не влечет.

В качестве общего замечания о конструировании топливников необходимо отметить, что до настоящего времени мало обращалось внимания на потери тепла от химической неполноты горения.

Опыты, проведенные нами в 1940 г. со сжиганием торфа и соломы в полугазовых печах системы Инж. Коллерова и Джуваго, показали, что при замедленном горении потери тепла от недожога водорода и углеводородов могут дойти до 20% и выше.

Мало изучены нами также вопросы ведения самого процесса топки печи при различных топливах, и существующие на этот счет правила пока весьма грубы и примитивны.

Все вышеизложенное указывает на настоятельную необходимость уделять серьезное внимание вопросам горения, и для печей, предназначенных под сжигание топлива, богатого летучими соединениями, предусматривать особые меры, благоприятствующие его более полному сжиганию.

Такими мерами являются:

- 1) уменьшение поглощения тепла стенками топливника;
- 2) подача под колосники подогретого воздуха;
- 3) организация «поверхностного горения» путем пропуска газов, выходящих из топливника, через раскаленную решетку из какого-либо огнеупорного материала и

Печи каналные и бесканальные

Система газоходов

При проектировании печей, предназначенных для сжигания длиннопламенных топлив и в особенности жирных каменных углей, следует предусматривать возможность удобной чистки печей от сажи, так как при сжигании этих топлив в небольших топливниках периодического действия выделение сажи очень обильно.

При этом, как показали специальные обследования, особенно страдают заносом сажи бесканальные печи с колпаком насадочного типа. Так, при вскрытии некоторых бесканальных печей после 2—3 лет эксплуатации у перекрыши печи был обнаружен слой сажи толщиной до 11 см.

Канальные печи, как показал опыт, меньше страдают от заноса сажей. Возможно, что условия сжигания длиннопламенных топлив в канальных печах более благоприятны в силу того, что первый подъемный канал, будучи как бы продолжением топливника, имеет достаточно высокую температуру для дожигания сажи (и тяжелых углеводородов). Возможно также, что в канальных печах сажа более интенсивно выносится в трубу.

Положительной стороной бесканальных печей является их меньшая подверженность выстыванию при неплотно закрытой трубе, что якобы дает значительную экономию топлива.

На это обстоятельство особенно обращал внимание автор этого типа печей проф. Грум-Гржимайло и другие конструкторы, работавшие в этой области (Подгородников, Коробанов и др.).

В 1939—40 гг. нами в лаборатории ГВСУ РККА была проведена работа по наблюдению за работой шпуров, т. е. небольших отверстий в боковых стенках топливника круглой бесканальной печи Грум-Гржимайло с колпаком конифорсного типа [20]. Предполагалось, что шпур в деле экономии тепла и топлива (меньший унос в трубу при неплотных вышках) играют некоторую положительную роль.

В процессе испытаний была выявлена отчетливая картина движения газов, в общем совпадающая с теорией и с опытами, проведенными над моделью этой печи. Однако положительного влияния шпуров отмечено не было.

Положительными сторонами бесканальных печей являются также более равномерный прогрев их по периметру, сравнительная простота их устройства и легкая возможность для одной и той же печи варьировать место выхода дыма по периметру печи, без нарушения внутреннего устройства её, что обычно сравнительно редко удается при канальных печах.

Это обстоятельство облегчает подбор типовых печей при проектировании печного отопления.

Для уменьшения веса активной кладки печи, при условии сохранения аккумуляющей способности печи, необходимо увеличивать перепад температур Δt .

В печах умеренного прогрева, при двух топках в сутки, по нашим опытам $\Delta t = 70—80^\circ$, а в легких тонкостенных печах повышенного прогрева эта величина может быть доведена до 180° . Возможно, что в дальнейшем при разработке различных типов печей повышенного прогрева в некоторых из них удастся получить Δt несколько выше 180° , однако возможности в этом направлении для этого рода печей, по видимому, все же весьма ограничены.

Причина этого заключается в том, что в печах малых размеров основная масса материала сосредоточена в наружных стенках. Стенки же эти на внешней поверхности не могут иметь температуру выше определенного предела (90°), как это было указано выше.

В больших печах во внутреннем массиве может быть сосредоточена относительно большая часть материала. При делении этого массива на достаточно тонкие элементы, имеющие двухсторонний обогрев горячими газами, можно прогреть массив печи до весьма высоких температур, а именно до $400—500^\circ$ и даже выше. Однако вследствие относительно малой поверхности охлаждения большой печи и малой теплопроводности кирпичных или бетонных стенок остывание внутреннего массива больших печей происходит очень медленно. В результате, как показывают опыты, при двух топках в сутки опять получаем тот же перепад температур $\Delta t = 70—80^\circ$.

Таким образом, для увеличения температурного перепада необходимо одинаково заботиться как о максимальном разогреве печи в процессе ее топки, так и об интенсивной теплоотдаче и охлаждении ее к моменту следующей топки.

Теоретически первое условие выполняется наилучшим образом в том случае, когда мы наружные стенки печи делаем бесконечно тонкими и всю кладку печи сосредотачиваем во внутреннем массиве, расчлняя последний на достаточно тонкие элементы, подвергающиеся всестороннему обогреву горячими газами.

Утопление наружной стенки печи полезно и для остывания печи, так как при этом коэффициент теплопередачи стенки возрастает. При этом необходимо обеспечить максимально благоприятные условия для передачи тепла от внутреннего массива к тонкой наружной стенке как путем лучеиспускания, так и конвекции.

Практически такая идея осуществлена нами в проекте печи «Геркулес», изображенной на рис. 36. Эта печь состоит из тонкого металлического футляра и внутреннего массива, не связанного с футляром. Все элементы внутреннего массива имеют толщину не свыше 70 мм и при топке печи прогреваются в среднем до $600—700^\circ$. После окончания топки массив печи остывает довольно бы-

стро благодаря высокой теплоотдаче наружной стенки (футляра) и благоприятным условиям для создания внутренних конвекционных токов воздуха.

В результате, как показывает опыт, температура массива печи к моменту следующей топки при двухтопном режиме опускается в среднем до 150—200°. Отсюда интересующий нас перепад тем-

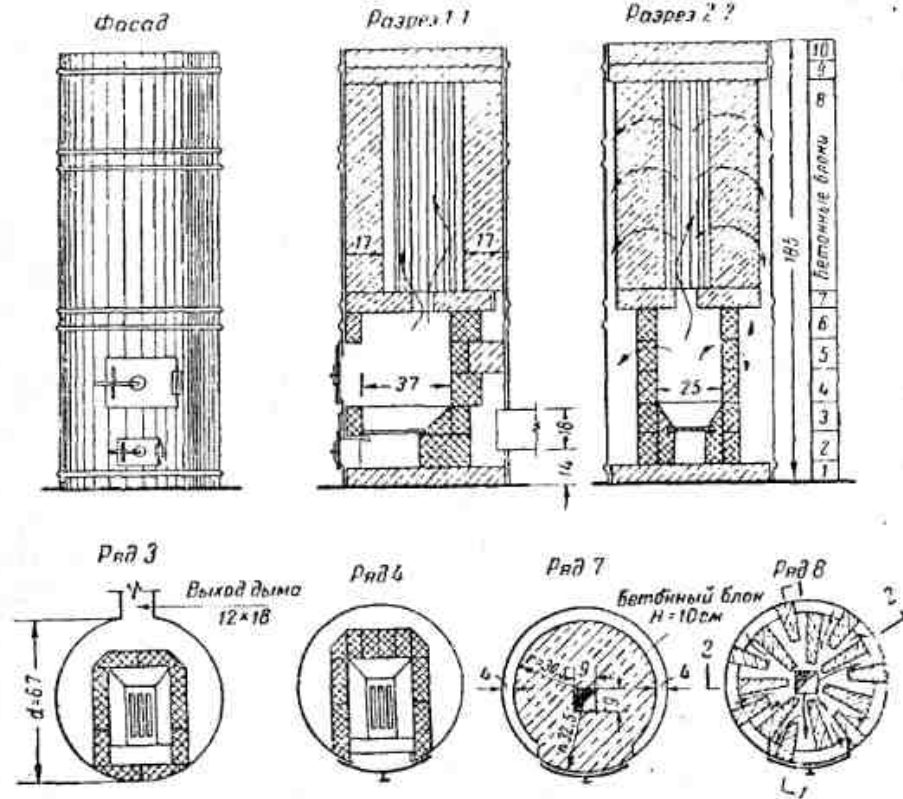


Рис. 36. Печь „Геркулес“.

ператур может достигать здесь 450—500°, что в 3 раза больше, чем в легких тонкостенных печах повышенного прогрева и в 6—7 раз больше, чем в печах умеренного прогрева.

Движение газов в печи происходит по принципу работы бескапальных печей. Газы из топливника выходят через хайло в цилиндрическую камеру, образованную торцами радиально установленных элементов трапециевидального сечения. Отсюда через вертикальные щели между элементами они проникают к наружной металлической стенке, по которой опускаются до низа печи, где собираются и отводятся в дымоход. Таким образом, газы достигают металлической стенки печи после того, как омоют внутренние элементы печи и отдадут им основную часть своего тепла. Благодаря этому устраняется опасность сильного перекала футляра.

Средняя температура стенки футляра в момент наибольшего накала в процессе топки будет зависеть от его размеров. Увеличивая диаметр футляра, оставляя размеры внутреннего массива печи неизменными, можно повысить температуру его поверхности до требуемых норм. Увеличение поверхности футляра можно получить и без увеличения его диаметра, за счет применения гофрированного железа. Однако для удобства чистки снаружи от пыли, а изнутри от сажи, желобки гофрировки должны быть достаточно широкими.

При конструировании насадки печи необходимо щели между отдельными элементами устраивать таких размеров, чтобы газы всюду выходили в пространство между внутренним массивом печи и футляром с более или менее одинаковыми температурами; в противном случае температура поверхности футляра получится неравномерной, и во время топки печи могут образовываться отдельные «пятна» с резко повышенной температурой.

Печные устройства, сконструированные по типу печи «Геркулес», имеют сравнительно малый вес. Уменьшение количества потребных материалов в 3—4 раза позволит применять более дорогие огнеупорные материалы, благодаря чему печи будут весьма долговечными. Поэтому в дальнейшем, при конструировании новых типов промышленных печей, рационально работать и над печами типа «Геркулес», которые должны найти применение в первую очередь для отопления временных жилых построек, барачков и общественных зданий.

ГЛАВА ВОСЬМАЯ

СОВРЕМЕННЫЕ ТИПЫ ПЕЧЕЙ

Классификация печей (в соответствии с ГОСТ 2127-47)

А. По теплоемкости

При новом методе расчета печного отопления применявшееся ранее деление печей на печи большой, средней и малой теплоемкости стало ненужным, и в настоящее время печи разделяются лишь на две группы.

1. Печи теплоемкие. К ним относятся печи с активным объемом в $0,2 \text{ м}^3$ и более с внешними стенками толщиной: а) в области топливника — не менее 6 см ; б) в прочих местах — не менее 4 см .

(Активным объемом печи называется объем нагреваемого массива, включая пустоты печи).

2. Печи нетеплоемкие. Сюда относятся печи, не удовлетворяющие условиям предыдущего пункта. (В основном это — переносные металлические печи, иногда снабжаемые футеровкой толщиной до $4-5 \text{ см}$).

Б. По движению газов внутри печи

а) С движением газов по каналам, соединенным последовательно: однооборотные (рис. 37 а), двухоборотные (рис. 37 б), многооборотные с восходящим движением газов и с короткими вертикальными каналами (рис. 37 в).

б) С движением газов по каналам, соединенным параллельно: однооборотные (рис. 37 г), двухоборотные (рис. 37 д).

в) С движением газов не по каналам, а свободно внутри полости, так называемые колпаковые печи (рис. 37 е).

г) С движением газов по комбинированной системе каналов — последовательных, параллельных, а также и не по каналам: нижнего прогрева (рис. 37 з, 37 и, 37 к, 37 л, 37 м).

С воздухоподогревательной камерой (рис. 37 н).

В. По толщине стенок печи (для теплоемких печей)

- а) Толстостенные — с толщиной всех стенок 12 см и более;
 б) Тонкостенные — с толщиной стенок в топливнике до 12 см , прочих стенок — до 7 см .

Г. По форме печи в плане

- а) прямоугольные или квадратные;
 б) круглые и многоугольные;
 в) угловые (треугольные).

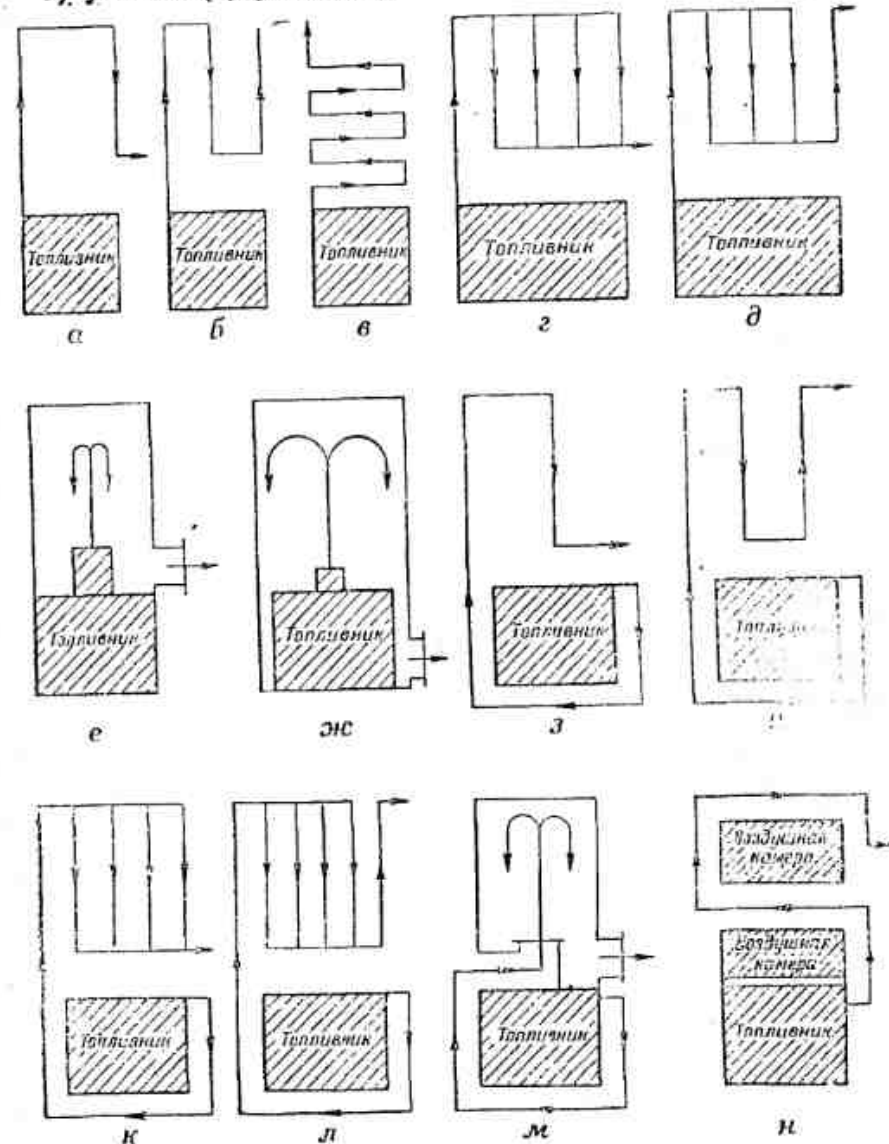


Рис. 37. Схемы движения газов в печах.

Д. По этажности

- а) одноэтажные;
 б) многоэтажные, с расположением массива печи в нескольких этажах, с одним топливником в первом или подвальном этаже;

в) многоярусные, с расположением двух или нескольких печей одна на другой, каждая со своим топливником.

Е. По основному материалу печи

- а) состоящие из мелких элементов (кирпича, кафеля, изразцов, шамотных плит) в железном футляре, каркасе и без них;
- б) сборно-блочные из керамики, жароупорного бетона и других материалов;
- в) металлические печи.

Ж. По характеру отвода дыма

- а) с насадной трубой;
- б) с отводом в коренную трубу или в канал в стене.

3. По температуре прогрева стенок печи

- а) печи умеренного прогрева — с температурой стенок в момент максимального нагрева в отдельных точках до $80 - 90^\circ$;
- б) печи повышенного прогрева — с температурой стенок в момент максимального нагрева в отдельных точках до 120° , при средней температуре всей поверхности до 90° ;
- в) печи высокого прогрева с температурами стенок выше температур, указанных в п. «б».

Расчет теплоемких печей

Ввиду ограниченного объема настоящей работы подробное изложение методики и норм расчета печей не представляется возможным; интересующихся отсылаем к ГОСТ [11], в котором содержатся исчерпывающие указания по этому вопросу. Ниже мы приводим лишь пример расчета одной печи, пользуясь указанным ГОСТ [11].

Произведем поверочный расчет тонкостенной печи повышенного прогрева МВМС-64, изображенной на рис. 42 (см. ниже).

1. Активный массив печи

Размеры печи в плане с облицовкой $0,52 \times 0,66$ м.
Высота (с ножками) — 1,55 м.

Так как толщина перекрыши печи равна 14 см, то активная высота печи, считая в данном случае от колосниковой решетки до верхней плоскости перекрыши,

$$H = 1,35 \text{ м.}$$

Отсюда активный объем:

$$V_a = 0,52 \times 0,66 \times 1,35 = 0,46 \text{ м}^3$$

Объем пустот, вычисление которого здесь не приводим, составляет $0,12 \text{ м}^3$.

Принимаем объемный вес кирпичной кладки $\gamma = 1650 \text{ кг/м}^3$; тогда вес активного массива печи:

$$G = 1650(0,46 - 0,12) = 565 \text{ кг.}$$

2. Аккумуляция тепла печью

Количество тепла, аккумулируемого печью, определяется по формуле:

$$Q_{\text{акк}} = C \cdot \Delta t \cdot G, \quad (134)$$

где: C — теплоемкость кладки, равная $0,21 \text{ ккал/кг } 1^\circ$,
 Δt — перепад температуры массива печи в максимально разогретом состоянии и к началу следующей топки,
 G — вес активного массива печи в кг,
Согласно таблицы 6 ГОСТ [11] принимаем $\Delta t = 160^\circ$.
Тогда $Q_{\text{акк}} = 0,21 \cdot 160 \cdot 565 = 19000 \text{ ккал.}$

3. Теплоотдача печи

Промежуток времени между топками

$$n = 12 - m \text{ час,}$$

где m — продолжительность топки; значение m приведено в табл. 4 ГОСТ [11].

Необходимо отметить, что для печей повышенного прогрева, имеющих, по сравнению с печами умеренного прогрева, при одной и той же теплоотдаче, относительно меньшие размеры всех элементов, продолжительность топки должна быть больше.

Величины m табл. 4 ГОСТ [11] достаточно удовлетворительны для печей умеренного прогрева; для печей же повышенного прогрева рекомендуется вводить к ним коэффициент 1,5.

Для полученной величины аккумуляции тепла (19000 ккал) часовая теплоотдача печи, повидимому, должна быть в промежутке между 1500 и 3000 и по табл. 4 ГОСТ [11], с учетом наших замечаний, можно принять продолжительность топки:

$$m = 1,25 \cdot 1,5 = 1,8 \text{ час,}$$

$$\text{тогда } n = 12 - 1,8 = 10,2 \text{ час.}$$

Отсюда найдем часовую теплоотдачу печи

$$Q_{\text{час}} = \frac{19000}{10,2} = 1860 \text{ ккал/час.}$$

Поверхность нагрева печи складывается из а) боковых стенок:

$$F_1 = (0,52 + 0,66)2 \cdot 1,35 = 3,18 \text{ м}^2 \text{ и}$$

б) перекрытия:

$$F_2 = 0,52 \cdot 0,66 = 0,34 \text{ м}^2.$$

На основании табл. 39 теплоотдача перекрытий принимается с поправочным коэффициентом 0,75 и, таким образом, «приведенная» поверхность нагрева печи:

$$F = F_1 + 0,75F_2 = 3,18 + 0,75 \cdot 0,344 = 3,44 \text{ м}^2.$$

Отсюда теплоотдача с 1 м² поверхности нагрева печи:

$$a = \frac{1860}{3,44} = 540 \text{ ккал/м}^2\text{час}.$$

Это соответствует нормам, приведенным в табл. 38.

4. Тепловосприятие печи

Тепловосприятие внутренними поверхностями печи за одну топку определяется по п. 10 ГОСТ [11] формулой:

$$Q_{\text{воспр}} = (\beta_1 f_1 + \beta_2 f_2 + \beta_3 f_3 + \beta_4 f_4) m, \quad (135)$$

где: m — продолжительность топки в часах;
 $f_1 - f_4$ — внутренние тепловоспринимающие поверхности, м²;
 $\beta_1 - \beta_4$ — соответствующие им коэффициенты тепловосприятия в ккал/м²час.

Имеем для топливника:

$$f_1 = 0,84 \text{ м}^2, \\ \beta_1 = 6000;$$

первого газохода (с перевалом):

$$f_2 = 1,03 \text{ м}^2, \\ \beta_2 = 4500;$$

прочих газоходов:

$$f_3 = 1,52 \text{ м}^2, \\ \beta_3 = 2300.$$

Отсюда за одну топку, продолжительностью 1,8 часа, печь может воспринять тепла:

$$Q_{\text{воспр}} = (6000 \cdot 0,84 + 4500 \cdot 1,03 + 2300 \cdot 1,52) 1,8 = 23600 \text{ ккал}.$$

Этого количества тепла достаточно для печи с теплоотдачей

$$Q_{\text{час}} = \frac{Q_{\text{воспр}}}{m + n} = \frac{23600}{12} = 1970 \text{ ккал/час},$$

что удовлетворяет нашим условиям.

5. Объем топливника

Теплонапряженность топочного пространства определяется по формуле

$$E = \frac{B_{\text{час}} \cdot Q_{\text{н}}^{\text{р}} \cdot \eta_{\text{т}}}{V_{\text{т}}}, \quad (136)$$

где: $B_{\text{час}}$ — количество сжигаемого за 1 час топлива кг/час;
 $Q_{\text{н}}^{\text{р}}$ — низшая теплотеплопроизводительность рабочего топлива в ккал/кг;
 $\eta_{\text{т}}$ — коэффициент полезного действия топливника, принимаемый при наличии колосниковой решетки, = 0,90;
 $V_{\text{т}}$ — объем топочного пространства в м³.
Величина $B_{\text{час}}$ определяется по формуле:

$$B_{\text{час}} = \frac{12 \cdot Q_{\text{час}}}{Q_{\text{н}}^{\text{р}} \cdot \eta_{\text{т}} \cdot m}. \quad (137)$$

Здесь $\eta_{\text{т}}$ — коэффициент полезного действия, принимаемый по п. 12 ГОСТ [11] для печей с колосниковой решеткой при антраците = 0,75, при прочих топливах = 0,70.

Принимая для дров с влажностью 25% $Q_{\text{н}}^{\text{р}} = 3300$ ккал/кг, получим:

$$B_{\text{час}} = \frac{12 \cdot 1860}{3300 \cdot 0,70 \cdot 1,8} = 5,4 \text{ кг/час}.$$

Объем топочного пространства:

$$V_{\text{т}} = 0,26 \cdot 0,38 \cdot 0,49 = 0,0483 \text{ м}^3$$

и отсюда напряжение топочного пространства:

$$E = \frac{5,4 \cdot 3300 \cdot 0,9}{0,0483} = 330000 \text{ ккал/м}^3\text{час}.$$

Это не выходит за пределы норм, так как по ГОСТ [11] при топке дровами $E = 350000$.

6. Колосниковая решетка

Весовое напряжение колосниковой решетки определяется по формуле

$$R = \frac{B_{\text{час}} \cdot \eta_{\text{т}}}{F_{\text{к}} \cdot \text{м}^2/\text{час}}, \quad (138)$$

где $F_{\text{к}}$ — рабочая площадь колосниковой решетки в м², для данного случая равная $0,25 \times 0,15 = 0,037$ м².

Тогда имеем:

$$R = \frac{5,4}{0,037} = 145 \text{ кг/м}^3\text{час};$$

по ГОСТ [11] при топке дровами:

$$R = 250 \text{ кг/м}^2 \text{ час.}$$

Таким образом, размеры решетки оказались несколько завышенными и могли бы быть уменьшены, примерно, на 40%.

Однако в данном случае уменьшение решетки не желательно, так как ухудшилось бы сжигание в этом топливнике торфа и бурого угля.

7. Скорости движения газов в дымоходах печи

Объем дымовых газов V в $\text{м}^3/\text{час}$ при температуре t определяется по формуле:

$$V = V_0 B_{\text{час}} (1 + \alpha t) \quad (139)$$

где: V_0 — объем продуктов горения при 0° и 760 мм давления в $\text{м}^3/\text{час}$ кг;

t — температура газов в соответствующем канале;

α — коэффициент расширения газа $= \frac{1}{273}$.

При топке дровами с влажностью 25% по ГОСТ [11]:

$$V_0 = 10 \text{ м}^3/\text{кг.}$$

Температура в 1-м газоходе $t_1 = 700^\circ$, а в опускных газоходах может быть принята в среднем $t_2 = 500^\circ$.

а) 1-й дымоход

$$\text{Объем газов } V_1 = 10 \cdot 5,45 \cdot \left(1 + \frac{700}{273}\right) = 194,0 \text{ м}^3 \text{ час.}$$

Сечение газохода:

$$F_1 = 0,12 \cdot 0,26 = 0,0312 \text{ м}^2,$$

откуда скорость

$$v_1 = \frac{V_1}{F_1 \cdot 3600} = \frac{194}{0,0312 \cdot 3600} = 1,73 \text{ м/сек.}$$

б) 2-й дымоход

Объем газов

$$V_2 = 10 \cdot 5,45 \cdot \left(1 + \frac{500}{273}\right) = 155 \text{ м}^3 \text{ час.}$$

Сечение 4 параллельно соединенных опускных каналов (точнее — одного канала с расщепками):

$$F_2 = 0,06 (0,26 + 0,38) 2 = 0,077 \text{ м}^2.$$

Откуда скорость:

$$v_2 = \frac{155}{0,077 \cdot 3600} = 0,56 \text{ м/сек.}$$

По ГОСТ [11] допускаемая скорость для 1-го дымохода 1,5—4,0 м/сек и для промежуточных дымоходов 0,5—2 м/сек.

Полученные нами значения не выходят из этих пределов.

8. Размер поддувального отверстия

По п. 19 ГОСТ [11] поддувальное отверстие при топке дровами для ориентировочных расчетов берется равным $F_n = 20 \cdot B_{\text{час}} \text{ см}^2$.

При $B_{\text{час}} = 5,4 \text{ кг/час}$ получаем:

$$F_n = 20 \cdot 5,4 = 108 \text{ см}^2.$$

По конструктивным соображениям в данном случае поддувальное отверстие принято

$$12 \times 12 = 144 \text{ см}^2.$$

9. Коэффициент неравномерности теплоотдачи печи

Значение коэффициента неравномерности M берется по табл. 23, исходя из активного объема печи и толщины стенок ее. Рассматриваемая нами печь имеет активный объем:

$$V_a = 0,46 \text{ м}^3.$$

Толщина стенок топливника в $\frac{1}{2}$ кирпича, прочих стенок $\frac{1}{4}$ кирпича, и, следовательно, она подходит под среднюю рубрику печей (второй столбец справа). Получаем $M = 0,63$.

На этом поверочный расчет печи заканчивается.

При лабораторных испытаниях данной печи расчетная теплоотдача ее была определена $Q_{\text{час}} = 2000 \text{ ккал/час}$, и коэффициент неравномерности теплоотдачи $M = 0,50$.

Таблица 23

| Активный объем печи в м^3 | Коэффициент неравномерности M при толщине стенок: | | |
|---------------------------------------|---|--|-----------------------------------|
| | топливника и прочих 7 см и менее | топливника более 7 см, прочих 7 см и менее | топливника и прочих 12 см и более |
| 0,20 | 1,00 | — | — |
| 0,25 | 0,90 | — | — |
| 0,30 | 0,85 | — | — |
| 0,40 | 0,80 | 0,65 | — |
| 0,60 | — | 0,60 | 0,50 |
| 0,80 | — | 0,50 | 0,40 |
| 1,00 | — | 0,45 | 0,30 |
| 1,20 | — | 0,40 | 0,25 |
| 1,40 | — | 0,36 | 0,21 |
| 1,60 | — | 0,34 | 0,18 |
| 1,80 | — | 0,32 | 0,16 |
| 2,00 | — | 0,31 | 0,14 |
| 2,20 | — | 0,30 | 0,13 |
| 2,60 | — | 0,28 | 0,12 |
| 3,00 | — | 0,26 | 0,11 |

Примечание. При выработке коэффициент M уменьшается на 25%.

1. Кирпичные печи в металлических каркасах конструкции НИИ по строительству Минмашстроя (автор Л. А. Семенов)

Печи выкладываются из кирпича в легких металлических каркасах и облицовываются асбофанерой или металлическими листами. Наружная поверхность этих печей может быть также покрыта штукатуркой или глазурованными плитками (рис. 38).

Металлические детали (каркас, печные приборы), а также листы облицовки доставляются на стройку в готовом виде, и на месте производится только их сборка и кирпичная кладка печи.

Каркас устраивается сборной конструкции и состоит из двух цельносварных рам (передней и задней), соединяемых одна с другой поясками из уголкового и полосового стали на болтах.

В нижнюю часть передней рамы вставляется металлический лист толщиной 1 мм с топочными и поддувальными дверцами. Дверцы крепятся болтами к стальным полоскам, которые размещаются позади металлического листа и своими концами привариваются к стойкам рамы.

Пояски, служащие для соединения передней и задней рам, крепятся болтами к особым накладкам из 2-мм листовой стали, приваренным к стойкам.

Каждый поясок на одном конце имеет закругление по окружности, которое позволяет повернуть его на болте, как на шарнире, на 90°.

При упаковке для перевозки каркас разбирается, и обе рамы связываются между собой.

В качестве облицовки рекомендуется применять крашеную полированную асбофанеру, которая нарезается по шаблонам, соответственно размерам каркаса и при перевозке упаковывается в отдельный ящик.

При применении серой прессованной асбофанеры последняя предварительно покрывается алюминиевым порошком¹, разведенным в асфальтовом лаке № 177. Рекомендуется применять следующий состав весовых частей: лак—70, алюминий—20, бензин—10.

Каркас может быть также покрашен под алюминий, причем берутся те же компоненты в пропорции 50, 20 и 10.

Перед нанесением краски поверхность асбофанеры полируется наждачным камнем, а каркас чистится металлической щеткой.

Изготовление каркасов и покраска облицовочных листов могут быть легко осуществлены непосредственно на стройплощадках (стройдворах) при наличии небольших механических мастерских.

Так как в этих условиях дальняя транспортировка каркасов отпадает, то они могут выполняться цельносварными, а не разборными, что упрощает их изготовление и сборку печи на месте.

¹ В настоящее время разрабатываются и другие виды красок асбофанеры.

После сборки каркаса на нижнюю обвязку его укладывается стальной лист (или асбофанера), а с боков и сзади вставляются листы облицовки (рис. 39), которые прижимаются затем изнутри к стойкам каркаса кирпичной кладкой.

После заполнения кладкой нижнего пояса печи устанавливается второй ряд облицовочных листов, и производится кладка верхнего пояса.



Рис. 38. Общий вид кирпичной печи в металлическом каркасе.

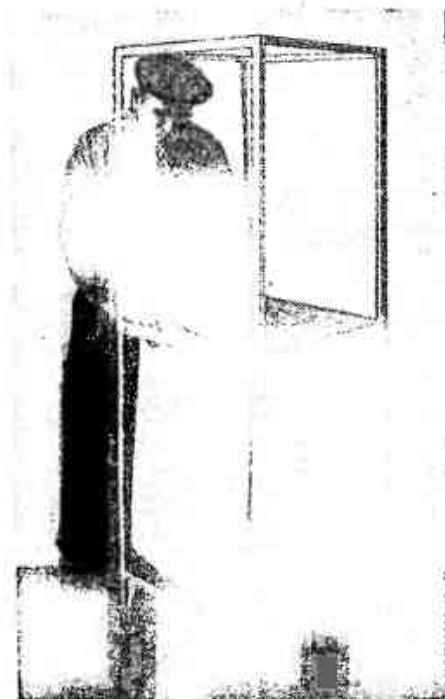


Рис. 39. Закладка асбофанерной облицовки в каркасе печи.

Кирпичная кладка выполняется с соблюдением обычных правил и требований, предъявляемых к кладке кирпичных печей в футлярах.

Отвод дыма производится со середины высоты печи при помощи короткого металлического патрубка, причем последний может быть установлен как в задней, так и в любой из боковых стенок печи.

По системе газоходов эти печи относятся к канальным однооборотным печам.

У печи, изображенной на рис. 40, восходящий канал расположен у передней стенки, занимая по ширине всю стенку.

У печей МВМС 63—66 восходящий канал устроен в центре печи, опускные же каналы (по существу один общий канал с рассечками) кругом его, по всему периметру печи (рис. 41, 42, 43 и 44).

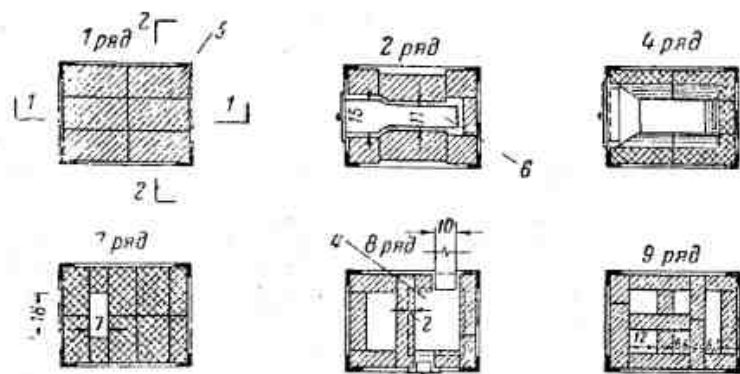
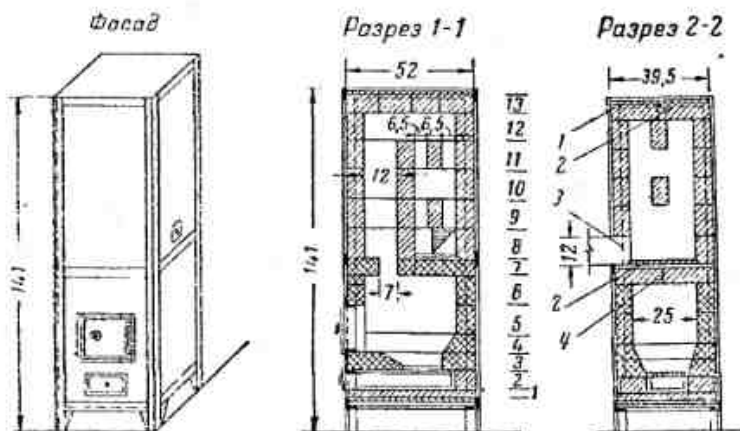


Рис. 10. Печь МВМС-62:

1 - лист асбофанеры; 2 - глиняная смазка толщиной 1 см; 3 - выход дыма 10×12 см; 4 - стальной лист 22×29 см, толщиной 0,5 мм; 5 - выстилка кирпичом, разрубленным на лещажку толщиной 4 см; 6 - поддувальная коробка.

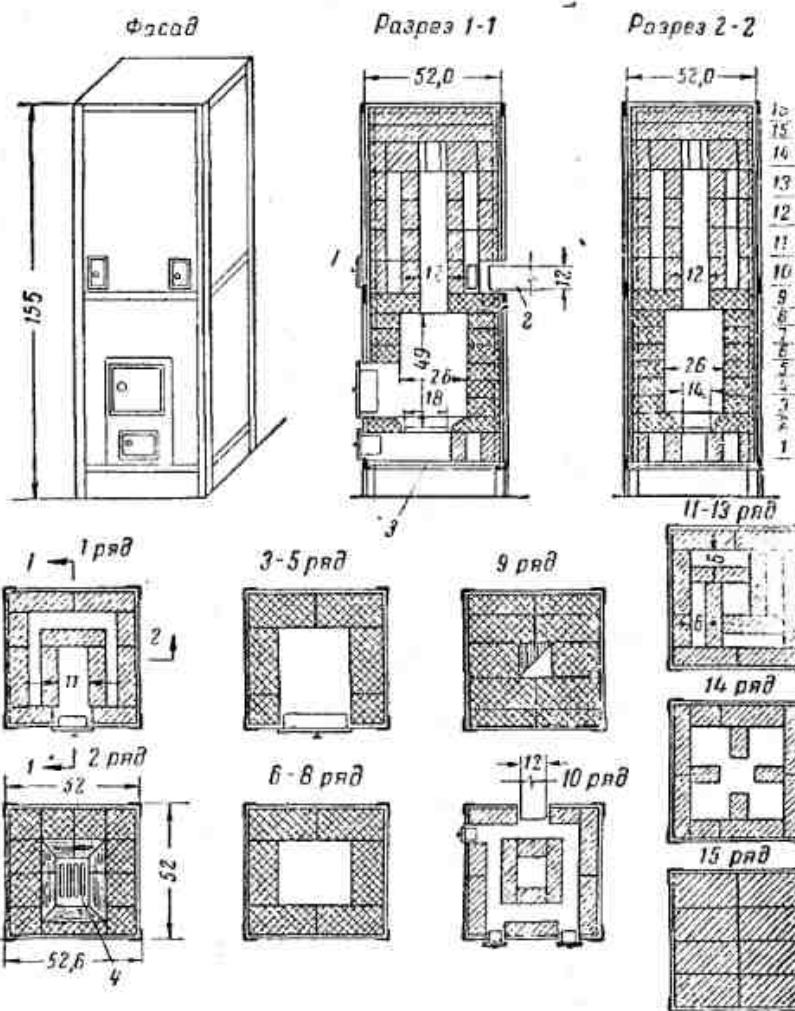


Рис. 41. Печь МВМС-63:

1 - щетка; 2 - выход дыма 12×12 см; 3 - стальной лист толщиной 1 мм; 4 - колесничковая решетка.

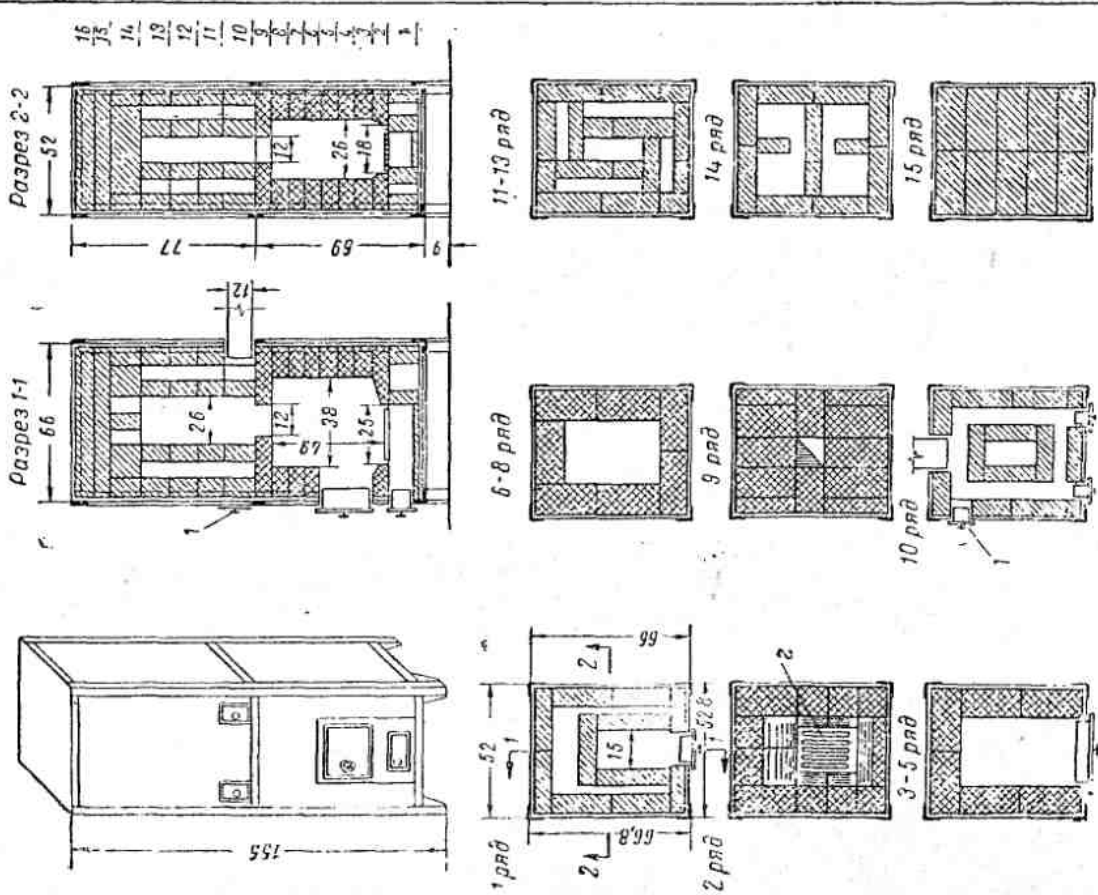


Рис. 42. Печь МВМС-64:
1—чистка; 2—колосниковая решетка 13×25 см.

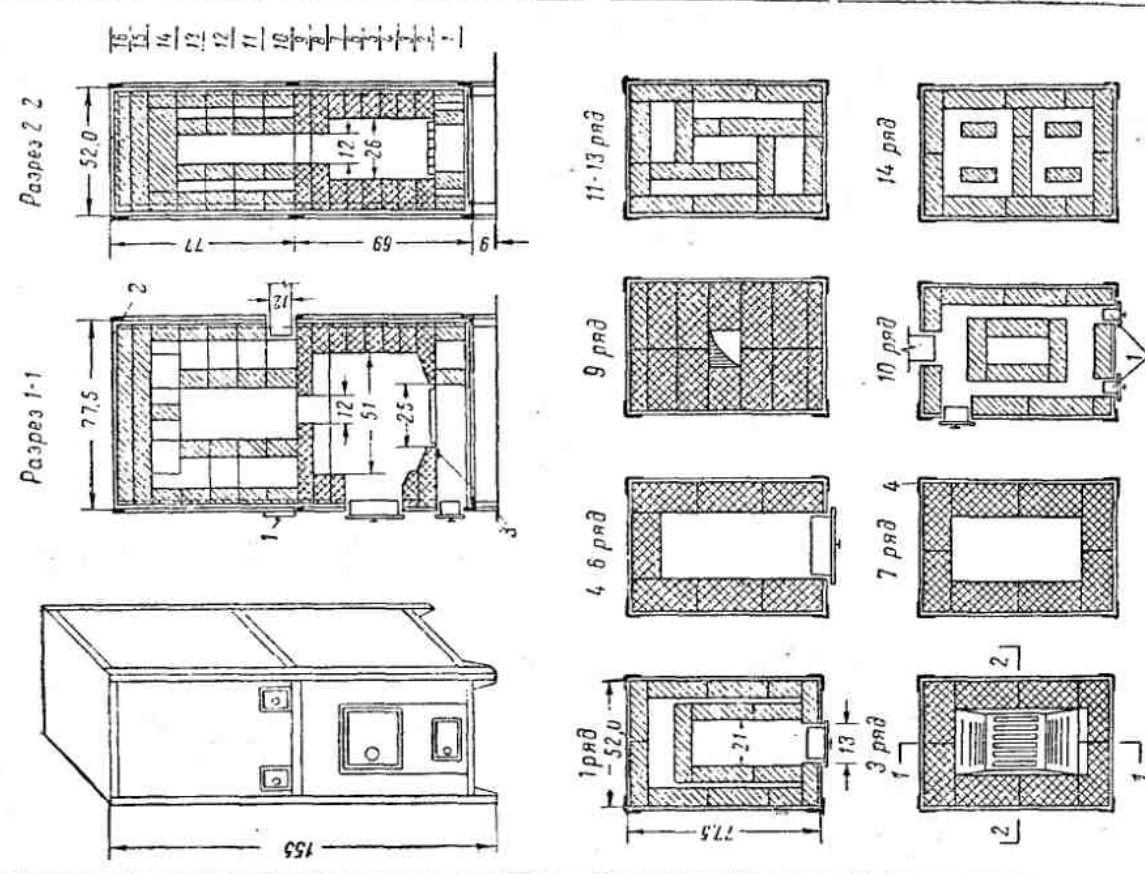


Рис. 43. Печь МВМС-65:
1—чистка; 2—лист асбофанеры; 3—полосовая сталь 35.4 мм, длиной 32 см; 4—каркас на уголках 35.35×4 мм.

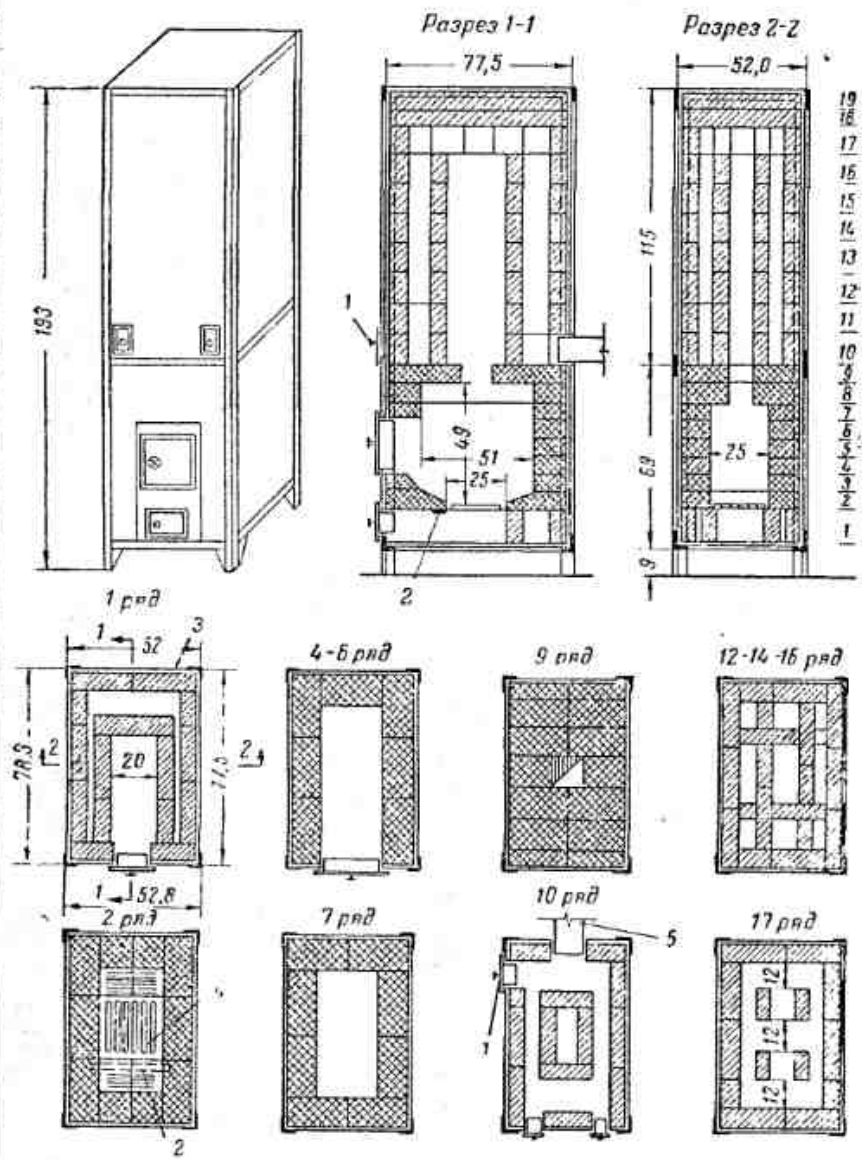


Рис. 44. Печь МВМС-66:

1—чистая; 2—полосовая сталь 40×4 мм, длиной 32 см; 3—асбофанера; 4—колосниковая решетка 25×25 см; 5—выход дыма 12×12 см.

Печи имеют вес от 300 до 950 кг и теплоотдачу от 1000 до 3000 ккал. Коэффициент неравномерности теплоотдачи колеблется в пределах от 0,8 до 0,43.

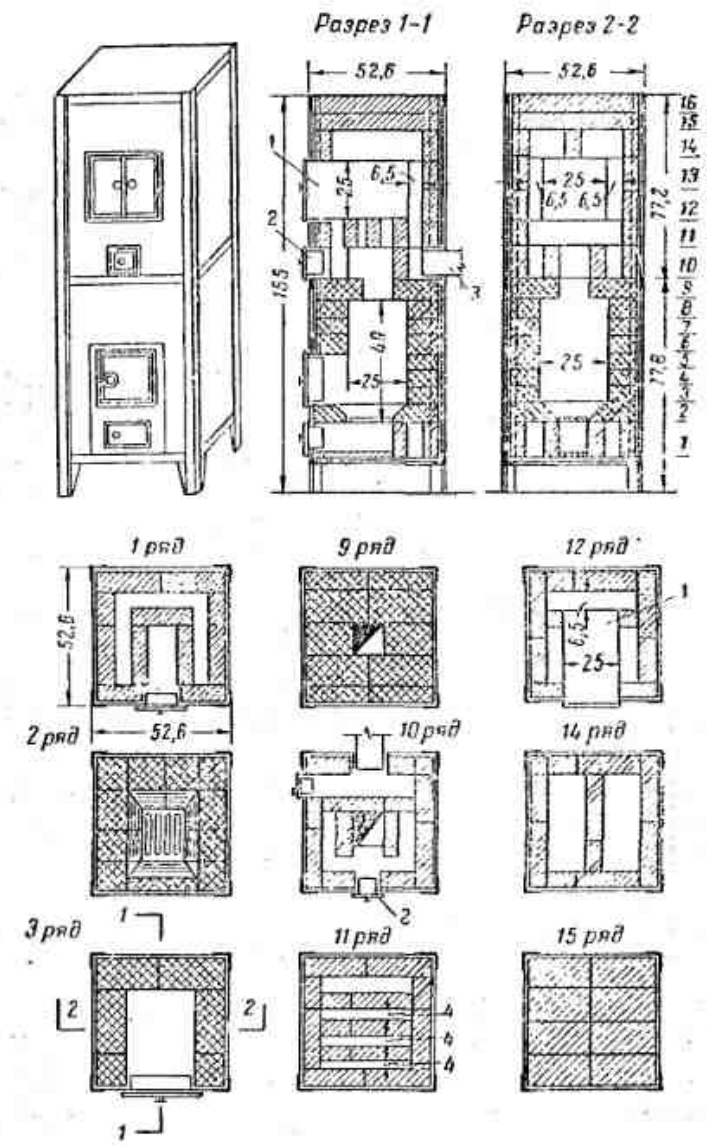


Рис. 45. Печь М-МС-103:

1 — духовой шкаф; 2 — чистая; 3 — патрубок.

Наличие каркаса и облицовки весьма облегчает кладку печи, благодаря чему самая большая печь может быть возведена всего в течение 2—3 часов.

Топливники указанных печей — универсального типа, пригодные для сжигания дров, торфа, каменного угля и антрацита.

На рис. 45 изображена отопительная печь МВМС-103 с духовым шкафом, который используется для разогрева пищи, а также в качестве термоса.

Газы из топливника поднимаются к духовому шкафу, омывают его дно и затем по бокам, двумя восходящими токамп, доходят до перекрыши печи. Здесь, омывая верх шкафа, переваливают к задней стенке печи и, опускаясь по ней, выходят через дымовой патрубок в трубу.

Отвод дыма может быть осуществлен сзади или сбоку. Технические показатели печи:
теплоотдача $Q_{\text{час}} = 1500 \text{ ккал/час}$,
коэффициент неравномерности теплоотдачи: $M = 0,6$.

На рис. 46 изображена печь МВМС-201. Она имеет чугунный настил размером $28 \times 41 \text{ см}$, духовой шкаф размером $26 \times 32 \times 40 \text{ см}$, водогрейную коробку емкостью 9 л и тепловой (сушильный) шкаф.

Газы из топливника поступают в боковой канал, опускаются вниз и затем, омывая шкаф и водогрейную коробку, поднимаются вверх и отводятся в трубу.

Дымовой патрубок может быть размещен сбоку или сзади печи.

Печь предназначена для отопления небольших комнат, занимаемых семьей в 2—3 человека. Теплоотдача печи: $Q_{\text{час}} = 1000 - 1200 \text{ ккал/час}$.

Коэффициент неравномерности теплоотдачи: $M \approx 0,8$.

На рис. 47 изображена печь МВМС-204. Она имеет чугунный настил разм. $50 \times 36 \text{ см}$, духовой шкаф разм. $32 \times 32 \times 20 \text{ см}$, водогрейную коробку на 18 л и тепловой (сушильный) шкаф.

Чугунный настил размещен во внутренней камере, которая снабжена дверцами и имеет вытяжное устройство для удаления чада и паров во время приготовления пищи.

Газы из топливника выходят в боковой канал, который в верхней своей части имеет задвижку.

При закрытой задвижке газы должны опуститься вниз, обогревая всю нижнюю часть печи. При открытой задвижке они сразу поднимаются вверх, и нижняя часть сбоку печи остается холодной.

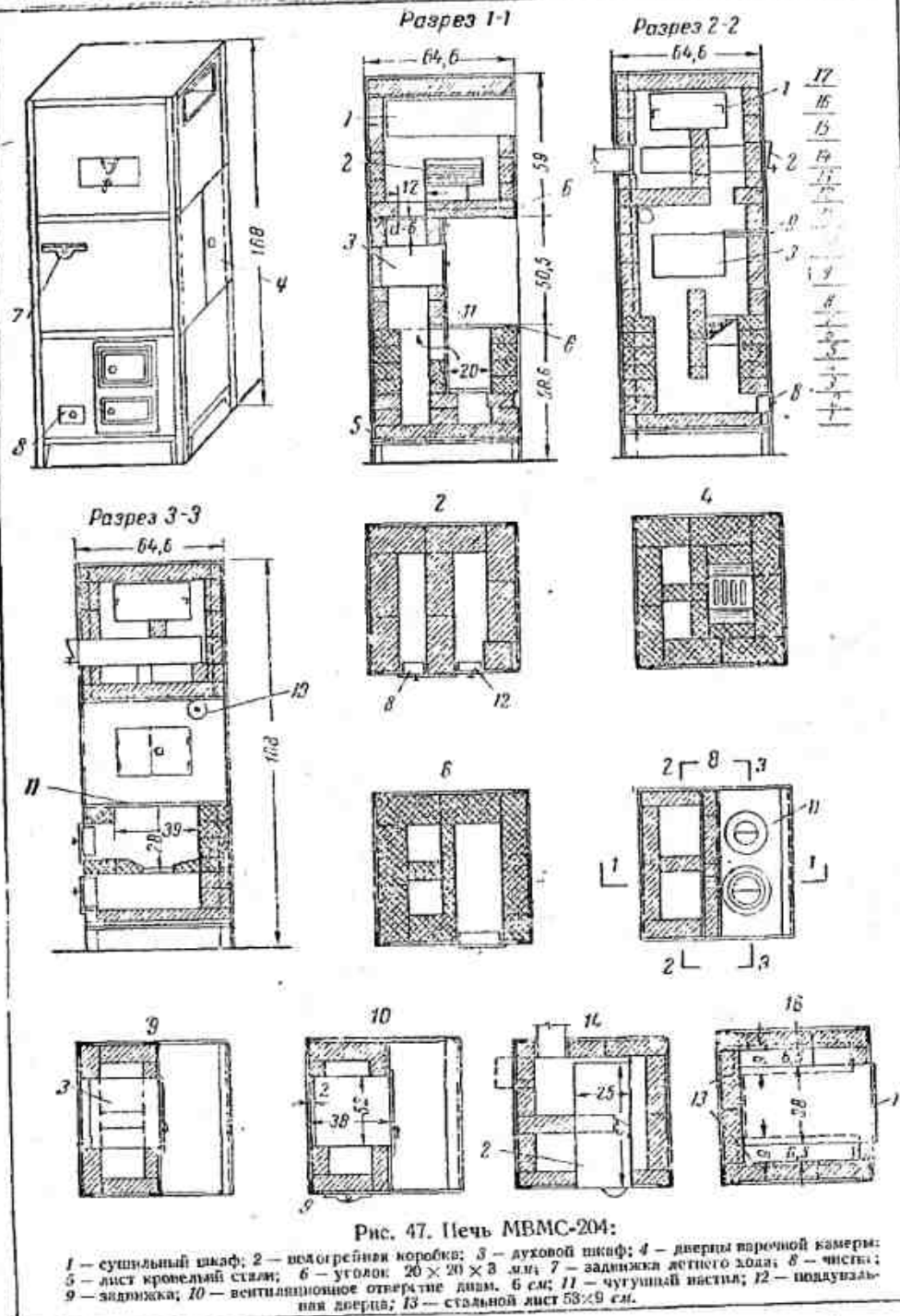


Рис. 47. Печь МВМС-204:
1 — сушильный шкаф; 2 — водогрейная коробка; 3 — духовой шкаф; 4 — дверцы варочной камеры;
5 — лист кровельный стали; 6 — уголок $20 \times 20 \times 3$ мм; 7 — задвижка летнего хода; 8 — чистяк;
9 — задвижка; 10 — вентиляционное отверстие диаметром 6 см; 11 — чугунный настил; 12 — поддувальная дверца; 13 — стальной лист 58×9 см.

Размеры печи $65 \times 65 \times 168$ см. Теплотехнические данные (приближенно): теплоотдача $Q_{\text{плс}} = 2500$ ккал/час, коэффициент неравномерности теплоотдачи $M \approx 0,55$. Печь предназначена для больших жилых комнат с семьей до 3—5 человек.

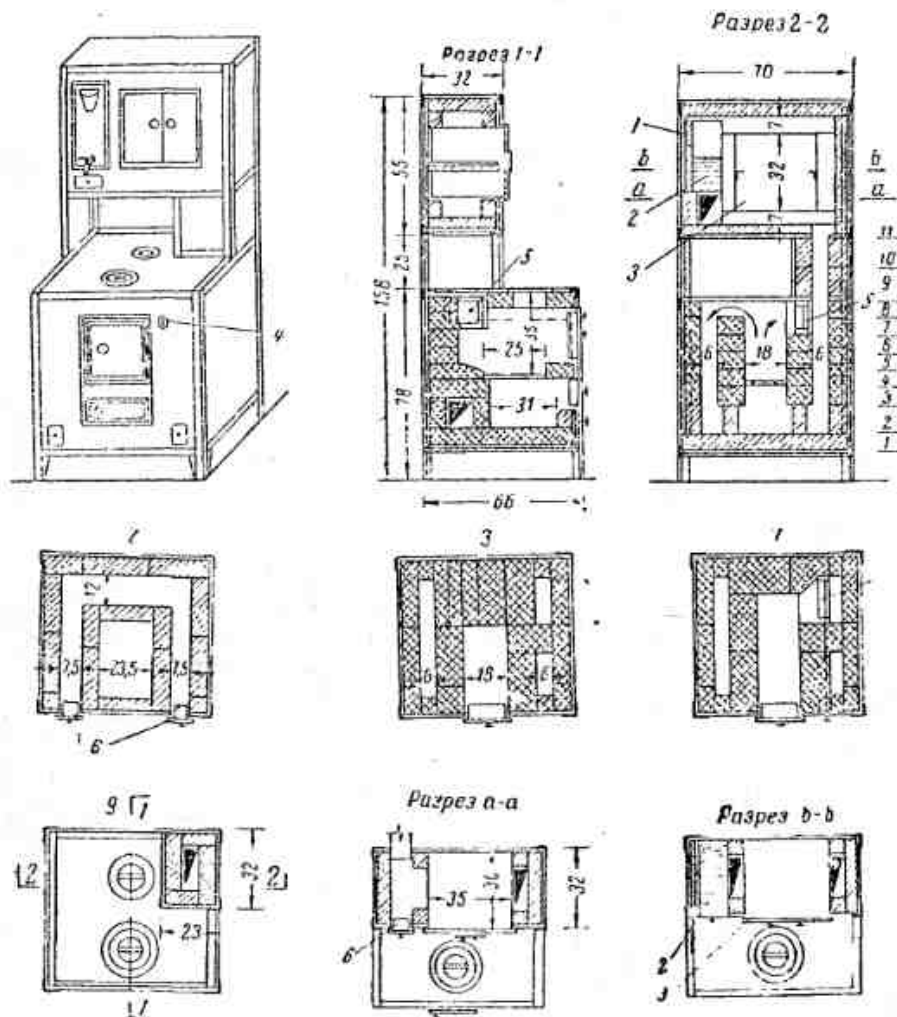


Рис. 48. Печь MBMS-208:

1—шлаковата; 2—водогрейная коробка; 3—духовой шкаф; 4—ручка клапана; 5—клапан; 6—чистка.

На рис. 48 и 49 изображена печь-плита MBMS-208. Она имеет чугунный настил разм. 55×60 см, духовой шкаф и водогрейную коробку.

Печь состоит из 3 основных частей: 1) нижнего массива, 2) соединительного патрубка и 3) щитка (со шкафом и коробкой).

В нижнем массиве устраивается топливник с боковыми газоходами и с переключательным клапаном, ручка от которого выводит-

ся на переднюю стенку. При открытом клапане газы из топливника непосредственно уходят в соединительный патрубок, и боковые стенки нижнего массива не прогреваются. Если же клапан закрыт, то газы переваливают в боковые каналы печи, интенсивно прогревая по всей высоте боковые и заднюю стенки печи.

Нижний массив печи выкладывается из кирпича, а соединительный патрубок делается из кирпича на ребро в металлическом футляре. Лицевая стенка патрубка на рис. 49 облицована плитками. Он устанавливается на чугунном настиле топливника с подливкой глиняного раствора.

Верхняя деталь печи (щиток) футеруется бетонными плитами различной толщины.

Выходя из соединительного патрубка, газы поднимаются вверх вдоль правой стенки шкафа, переваливают через него, а затем опускаются между шкафом и водогрейной коробкой и уходят в трубу.

Годогрейная коробка с левой стороны изолирована шлаковой ватой, которая закладывается между коробкой и асбофанерной облицовкой боковой стенки щитка (слоем в 3 см).

Каркас щитка имеет пожки высотой 25 см, снабженные шипами, которые при установке щитка входят в специальные отверстия в верхней раме каркаса нижнего массива печи.

Печь-плита предназначена для тех же случаев, как и предыдущая печь.

Теплотехнические данные (приближенно): теплоотдача $Q_{\text{плс}} = 2000$ ккал/час, коэффициент неравномерности теплоотдачи $M \approx 0,65$.



Рис. 49. Печь MBMS-208. Общий вид.

- Сборные печи из наразцовых блоков с кирпичной футеровкой конструкции НИИ по строительству Минмашстроя (автор Л. А. Семенов)

Наружные стенки печи устраиваются из блоков с толщиной стенок 8 см с замкнутым контуром; блоки кладутся один на другой на глиняном растворе (рис. 50 и 51).

В области топливника блоки футеруются кирпичной кладкой в $\frac{1}{4}$ кирпича.

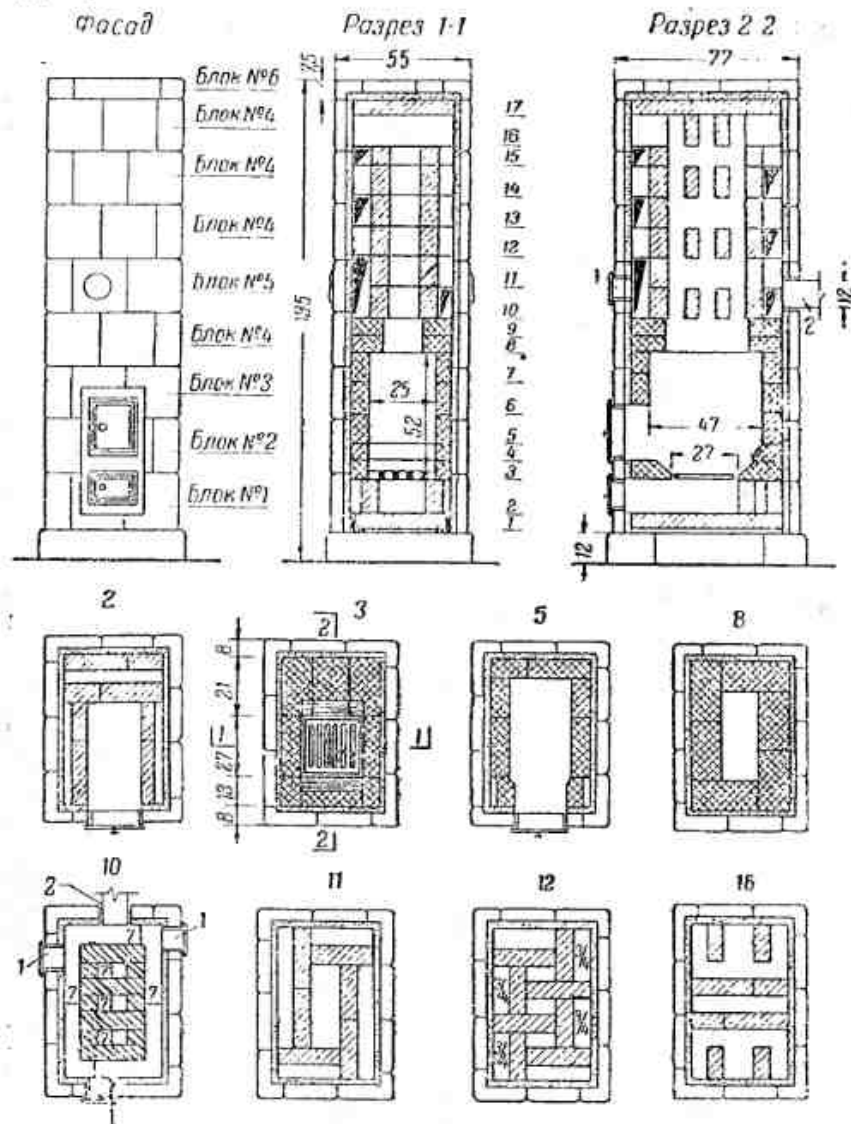


Рис. 50. Печь МВМС-206:
1 — чистка; 2 — выход дыма.

В верхней части печи из кирпича выкладывается только внутренний подъемный газоход, наружные же стенки оставляются без футеровки.

Печь устанавливается на двух подставках, на которые укладываются две бабочки из угловой стали и стальной лист толщиной 1—2 мм.

Можно устанавливать печь и на сплошном основании, выложенном из кирпича и облицованном по контуру цокольными изразцами. По системе газоходов печь относится к канальным однооборотным печам.

Газы из топливника поднимаются по центрально расположенному подъемному каналу, снабженному рассечками; дойдя до перекрыши печи, они опускаются вниз по кольцевому пространству

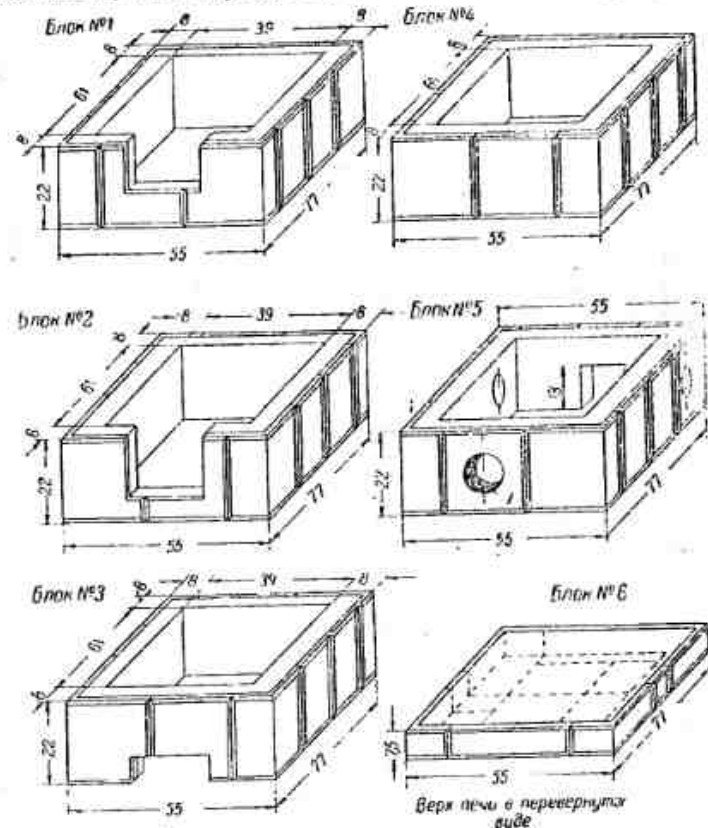


Рис. 51. Изразцовые блоки печи МВМС-306
1 — отверстие для чистки.

вдоль наружных стенок печи (также снабженному рассечками) и на уровне перекрыши топливника отводятся в дымовую трубу. Отвод газов может быть осуществлен как в задней, так и в любой из боковых стенок печи.

Изготовление изразцовых блоков производится в разъемных формах из швеллерного железа. Изразцы подрубаются и притесываются друг к другу, затем прочно скрепляются между собой, для чего в угловые изразцы вставляются стальные штыри $\varnothing 3-4$ мм, концы которых стягиваются проволокой в 4 нитки, которая потом закручивается. Кроме того, к этим штырям привязываются печной проволокой два хомута $\varnothing 4$ мм.

После этого во внутрь блока вставляются вкладыши соответствующих размеров, и кольцевое пространство между вкладышем и изразцами заполняется бетоном.

Последний должен заполнить все полости в румпах изразцов и между румпами, без образования пустот, причем толщина блоков получается около 8 см.

Бетон делается на портландцементе с кирпичным песком и кирпичным щебнем крупностью до 1 см.

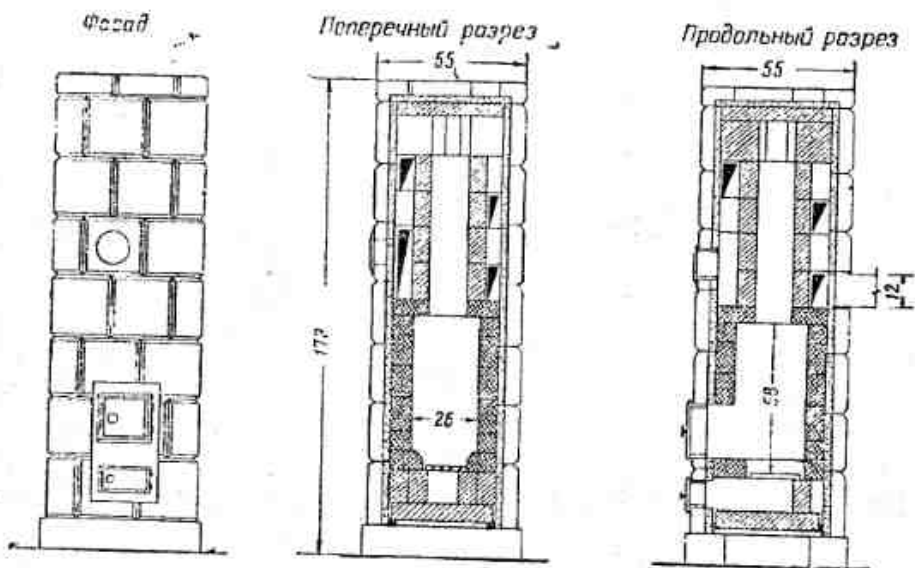


Рис. 52. Печь МВМС-303.

Блоки № 1, 2, 3 и 5 имеют вырезы для установки дверей и дымового патрубка. Для того, чтобы блок имел цельную конструкцию, достаточно прочную для транспортировки, в эти вырезы при изготовлении блока вставляются специальные вкладыши, отливаемые из гипса с добавлением глины.

При доставке блока на место эти вкладыши выбиваются, а проволоочная стяжка, проходящая здесь, удаляется при помощи кусачек.

Блок № 6, образующий перекрышу печи, выполняется из карнизных изразцов, располагаемых по контуру блока; в середине же располагаются стенные изразцы.

Для отливки блока эти изразцы укладываются на столе румпами вверх и заливаются бетоном вровень с краями боковых (карнизных) изразцов.

Печь имеет универсальный топливник для сжигания дров, торфа, каменного угля и антрацита.

Печи этого типа устраиваются разных размеров.

Размеры печи МВМС-306 (рис. 50): $77 \times 55 \times 195$ см.

Теплоотдача $Q_{\text{теп}} = 3000$ ккал./час.

Коэффициент неравномерности теплоотдачи $M = 0,32$.

Столь низкое значение коэффициента M объясняется несколько утолщенными, по сравнению с другими печами повышенного прогрева, наружными стенками.

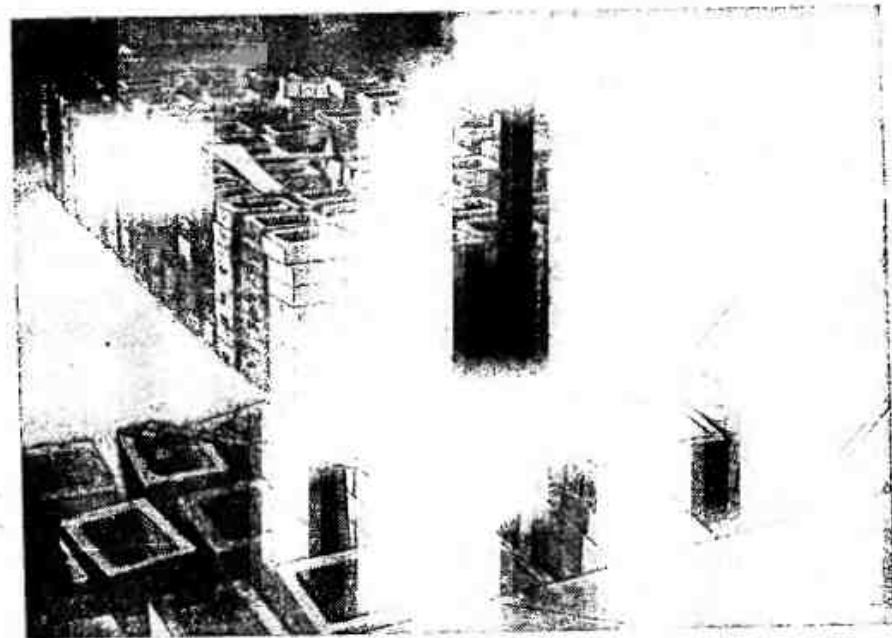


Рис. 53. Готовые комплекты изразцовых блоков на заводском дворе.

На рис. 52 изображена печь МВМС-303; она имеет такую же конструкцию, но меньшие размеры. На рис. 53 показаны комплекты блоков сборных печей МВМС-303 и МВМС-306.

3. Сборные печи из бетонных блоков (печь канд. техн. наук А. В. Хлудова, рис. 54)

Печь выполняется из 8 типов блоков. Блок № 1 — цоколь с зольником; ввиду сложности конфигурации удобнее всего его отливать из гипса.

Блок № 2 — топливник, собранный из кирпича в металлическом каркасе с облицовкой кровельной сталью или асбофанерой.

Блок № 3 — перекрытие топливника.

Блоки № 4, 5, 6, 6А — образуют верхнюю камеру (колпак) с рассечками для газов.

Блок № 7 — перекрыша печи.

Блок № 8 — насадки, укладываемые внутри колпака для увеличения теплоемкости печи.

Блоки № 3, 4, 5 выполняются из жаростойкого бетона.

Блоки № 6, 6А, 7 армируются проволокой $\varnothing 4-6$ мм.

Печь может иметь различную теплоотдачу за счет изменения числа блоков № 6 и 8.

Общее число блоков в печи колеблется от 15 до 21 шт., при высоте печи соответственно от 1540 до 2050 мм (рис. 54).

Движение газов в печи осуществляется по бесканальному принципу, а отвод дыма в задней стенке печи — на уровне топочных дверей.

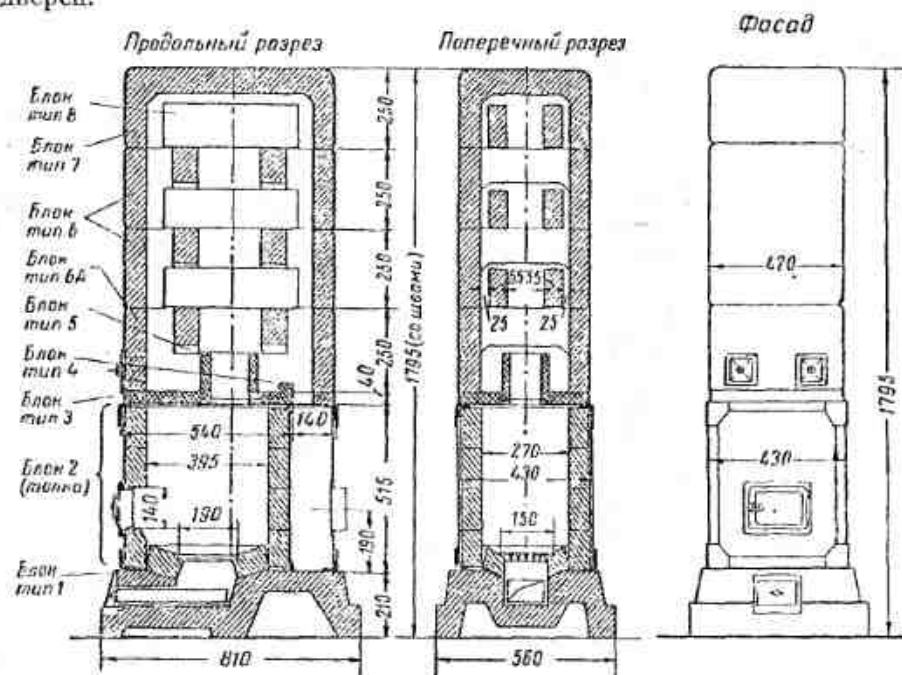


Рис. 51. Сборная печь А. В. Хлудова.

К достоинствам печи относится полная индустриализация ее изготовления, в то время как в других типах сборных печей требуется футеровку топливника производить на месте. На рис. 55 показана схема сборки печи.

Материалы для изготовления бетонных блоков сборных печей

(По данным Комитета по делам архитектуры [18])

Жаростойкий бетон может готовиться по следующим рецептурам (в весовых частях):

№ 1.

1 часть портландцемента М-400,

1/3 часть цемьянки (молотого кирпича),

2 части кирпичного песка крупностью зерен от 0,15 до 5 мм,

4 части кирпичного щебня крупностью зерен от 5 до 20 мм, водоцементное отношение (В,Ц) — 1,4 .

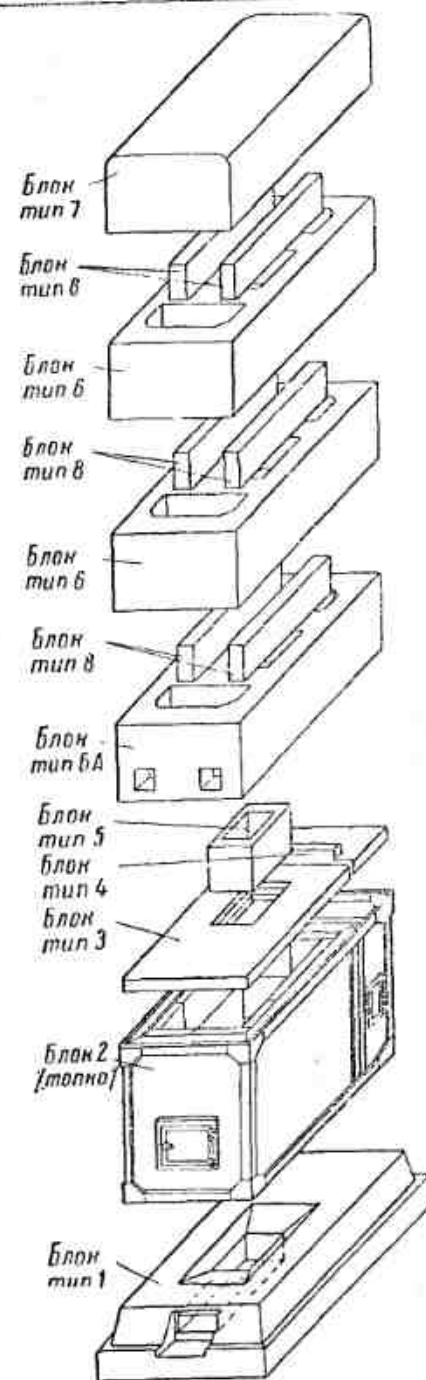


Рис. 55. Схема сборки печи А. В. Хлудова.

№ 2.

8 частей портландцемента М-400,

2 части цемента (молотого кирпича),

1 часть мела,

9 частей кварцевого песка,

9 частей кирпичного щебня крупностью зерен до 15 мм,

водоцементное отношение (В/Ц) — 1,4.

В обоих случаях для предохранения от растрескивания рекомендуется прибавка асбестовой мелочи до 5% по весу.

Бетон для печных блоков должен быть тщательно дозирован, хорошо смешан и уплотнен. Он должен иметь консистенцию по конусу Абрамса в пределах 7—12 см.

В качестве вяжущих для жаростойких бетонов можно применять шлако-портландцемент и другие цементы не ниже марки «400», а также жидкое стекло. В качестве пылевидных добавок можно применять также устойчивые шлаки черной металлургии (ОСТ 8219), которые в процессе охлаждения не кристаллизуются, шамотный порошок, молотую огнеупорную глину (ОСТ 3267). Все пылевидные добавки должны быть тонкого помола, без посторонней примеси, с влажностью порядка 3% (по весу).

В качестве мелкого заполнителя берется мелкий кирпичный щебень или кварцевый песок крупностью зерен от 0,15 до 5 мм, а крупного — кирпичный щебень крупностью зерен от 5 до 20 мм.

Бетонные блоки, приготовленные на портланд- и шлако-портландцементе с пылевидными добавками после их изготовления могут подвергаться воздействию высоких температур не ранее, чем через 30 дней. Изготавливать блоки рекомендуется в металлических формах с трамбованием бетона. Наружная поверхность блоков печи Хлудова А. В. покрывается специальным цветным облицовочным цементным слоем одновременно с бетонированием блока и монолитно связывается с последним.

Облицовочный слой толщиной в 5 мм наносят на гладкие шлифованные стенки формы и затем уже производят бетонирование блока. После твердения блока облицовочный слой шлифуется.

В качестве вяжущих для облицовочных цементных слоев применяются те же цементы, что и для материала блоков, марки не ниже «400».

Водоцементное отношение для облицовочного слоя принимается В/Ц — 0,30.

Жаростойкий бетон указанного состава проверен нами при изготовлении изразцовых сборных печей и бетонных печей кандидата технических наук А. В. Хлудова, описанных выше.

При применении этого бетона для изготовления печей других конструкций прочность их (на температуры напряжения в стенках блоков и пр.) каждый раз должна проверяться опытом.

Типы печей умеренного прогрева

Печи с умеренным прогревом стенок до сего времени имели в печном отоплении преимущественное применение. Различными организациями было разработано большое количество печей, разных по принципу устройства и по размерам.

Здесь мы рассмотрим несколько наиболее типичных конструкций печей, приведенных в альбомах Гипроавиапрома [13], Управления по делам архитектуры РСФСР [14].

Все эти печи толстостенные.

Печь О—2 (рис. 56)

Размеры печи 89×51×245 см. Печь двухоборотная, с движением газов по каналам, соединенным последовательно (рис. 37 в).

Труба — насадная. Облицовка — штукатурка. Теплоотдача печи $Q_{\text{нас}} = 2200$ ккал/час. Коэффициент неравномерности теплоотдачи $M = 0,3$.

Достоинство печи — сравнительная простота конструкции и хороший прогрев низа печи.

К недостаткам печи относится неравномерность прогрева стенок по периметру вследствие разной температуры газов в каналах.

Печь О—3 (рис. 57)

Размеры печи 77×64×245 см. Печь с движением газов по комбинированной системе каналов, нижнего прогрева.

Труба — насадная, на передней стенке печи, но может быть перенесена и на заднюю стенку.

Облицовка — штукатурка. Теплоотдача $Q_{\text{нас}} = 2400$ ккал/час.

Коэффициент неравномерности теплоотдачи $M = 0,25$.

Конструкция печи сравнительно сложна, но в теплотехническом отношении весьма рациональна. К особым достоинствам ее относятся хороший прогрев низа.

Печь О—5 (рис. 58)

Размеры печи 102×64×231. Печь бесканальная с копкаком насадочного типа (по схеме рис. 37 е). Труба насадная. Облицовка — штукатурка. Теплоотдача $Q_{\text{нас}} = 3000$ ккал/час. Коэффициент неравномерности теплоотдачи $M = 0,18$.

Печь хорошо себя зарекомендовала при топке дровами, торфом, тощими углями (антрацит). Для топки длиннопламенным каменным углем не рекомендуется, так как верхняя часть колпака быстро засоряется сажей, удаление которой затруднительно.

Печь О—9 (рис. 59)

Размеры печи 102×89×245 см. Печь с движением газов по каналам, соединенным параллельно, двухоборотная (по рис. 37, д). Труба насадная расположена на задней стенке печи. Облицовка — штукатурка.

Теплоотдача печи $Q_{\text{нас}} = 4180$ ккал/час. Коэффициент неравномерности теплоотдачи $M = 0,12$.

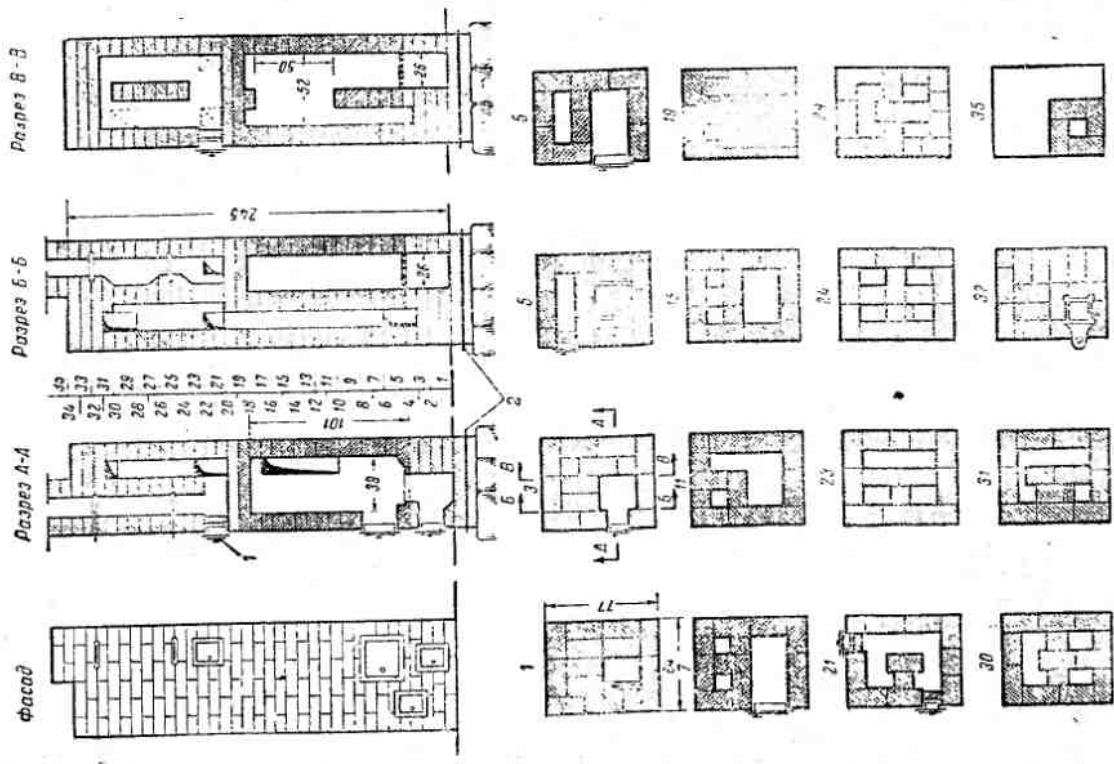


Рис. 57. Печь О-3:
 1 — чистка; 2 — гидроизоляция.

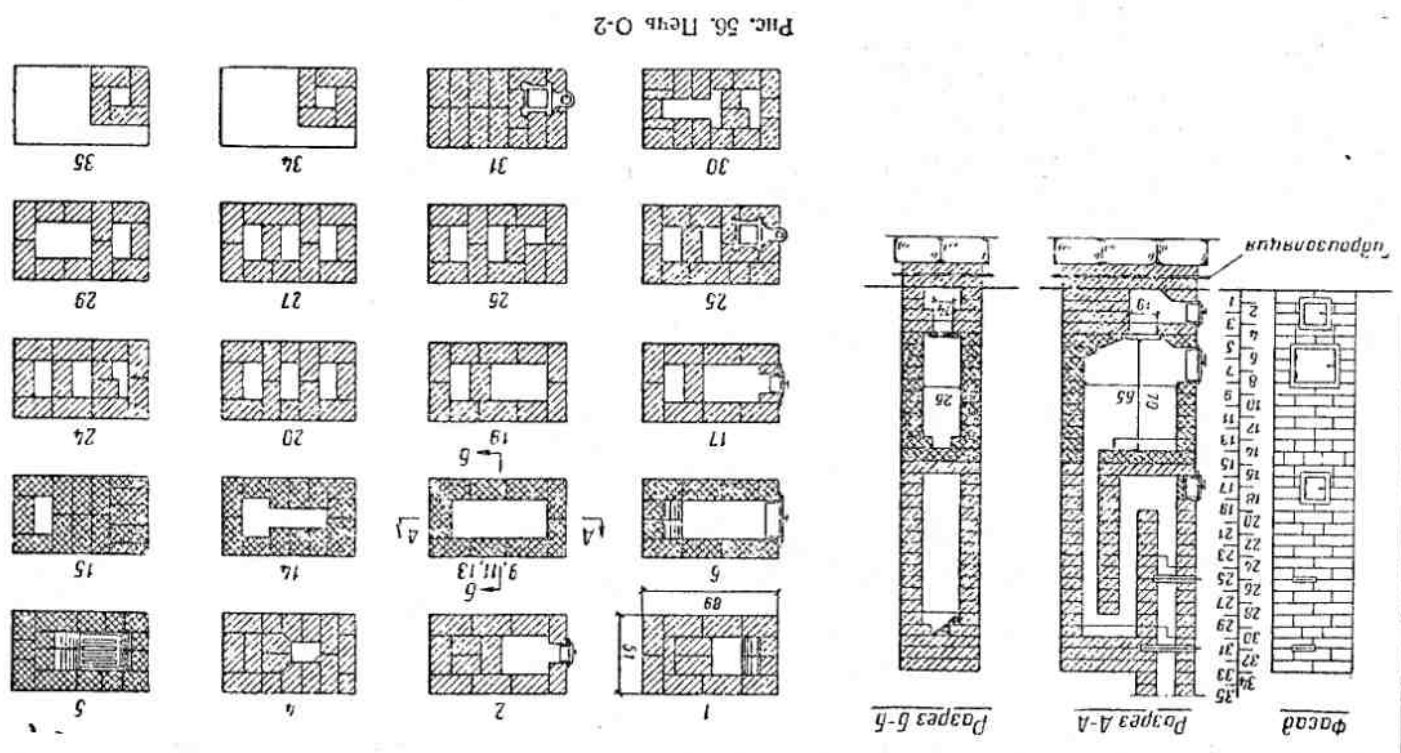


Рис. 56. Печь О-2

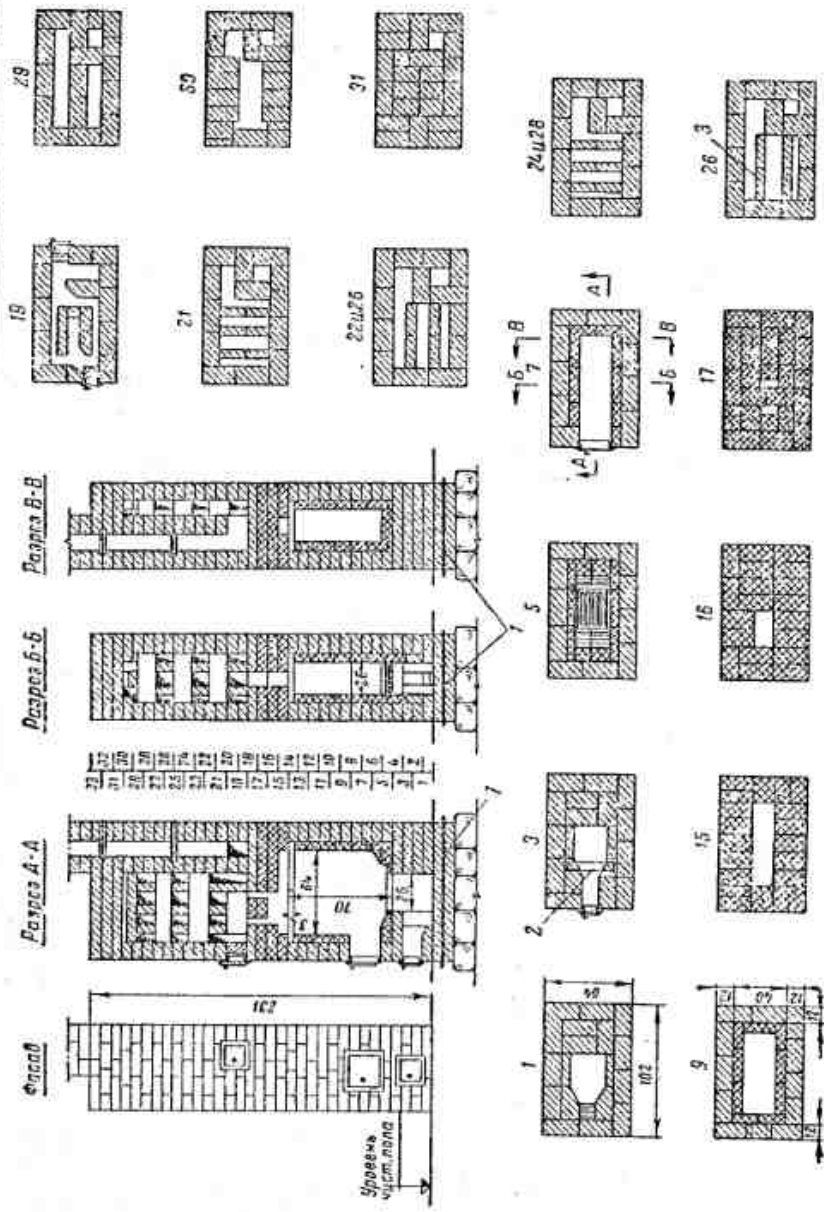


Рис. 58. Печь О-5: 1 — гидроизоляция; 2 — полужелезная; 3 — полужелезная сталь сечением 60×3 мм; 3 — пятый ряд насадки.

Топливник печи приспособлен специально для сжигания антрацита, а для топки дровами, вследствие малой длины, не совсем удобен.

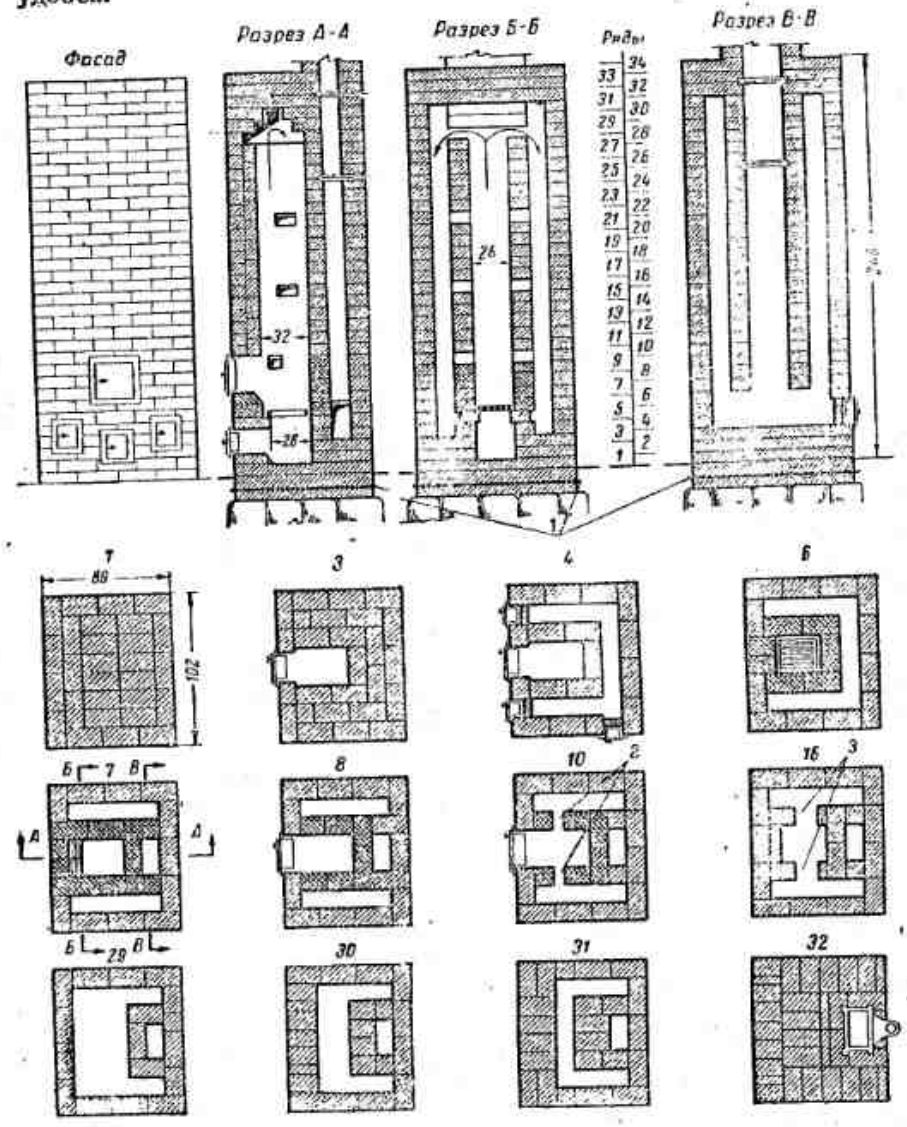


Рис. 59. Печь О-9:

1—гидроизоляция; 2—отверстия 7,7 см; 3—отверстия 12×7 см.

Существенным недостатком печи является относительно слабый прогрев низа печи, поскольку он обогревается уже остывшими газами, перед выходом их в трубу. Расположение трубы на задней стенке также имеет свои отрицательные стороны и не всегда удобно в эксплуатационном отношении.

Печь О-21 (рис. 60)

Размеры печи 115×51×231 см. Печь нижнего прогрева с движением газов по комбинированной системе каналов (рис. 37 м).

Труба насадная. Облицовка — штукатурка. Теплоотдача $Q_{\text{час}} = 2640$ ккал/час. Коэффициент неравномерности теплоотдачи $M = 0,30$.

В теплотехническом отношении конструкция печи весьма рациональна благодаря хорошему прогреву низа печи.

Некоторые неудобства возникают при топке печи дровами вследствие относительно малой длины топливника. По своей форме в плане печи данного типа удобны для установки в перегородке для отопления двух комнат с топкой из коридора.

Печь О-32 (рис. 61)

Размеры печи 102×102×231 см. Печь бесканальная, с колпаком насадочного типа (по схеме рис. 37 ж).

Отвод дыма в коренную трубу или канал в стене. Облицовка — штукатурка. Теплоотдача $Q_{\text{час}} = 4300$ ккал/час. Коэффициент неравномерности теплоотдачи $M = 0,15$.

Этот тип печи, особенно в варианте с насадной трубой, получил большое применение в жилищном строительстве, хотя и имеет существенные недостатки, выражающиеся, прежде всего, в относительно слабом прогреве боковых стенок нижнего пояса.

Для топки длиннопламенным каменным углем не рекомендуется из-за сильного засорения сажей.

Печь О-56 (рис. 62 и 62а)

Печь двухъярусная с насадной трубой.

По движению газов однотипна с выше рассмотренной печью О-3.

Теплоотдача печи 1-го этажа $Q_{\text{час}} = 2400$ ккал/час

2-го " $Q_{\text{час}} = 2250$

Коэффициент неравномерности теплоотдачи $M = 0,25$

Печи этого типа имеют широкое применение в 2-этажных деревянных домах, при невозможности устройства внутрестенных дымоходов.

Печь ОС-20 (рис. 63)

Размеры печи 102×63×252 см, печь бесканальная с колпаком насадочного типа (по схеме рис. 37 е).

Отвод дыма — в коренную трубу или канал в стене. Облицовка — изразцы. Теплоотдача печи $Q_{\text{час}} = 2900$ ккал/час. Коэффициент неравномерности теплоотдачи $M = 0,20$.

Так же как рассмотренная выше печь О-5, данная печь хорошо зарекомендовала себя при топке дровами, торфом и тощими углями. Для топки длиннопламенным углем не рекомендуется.

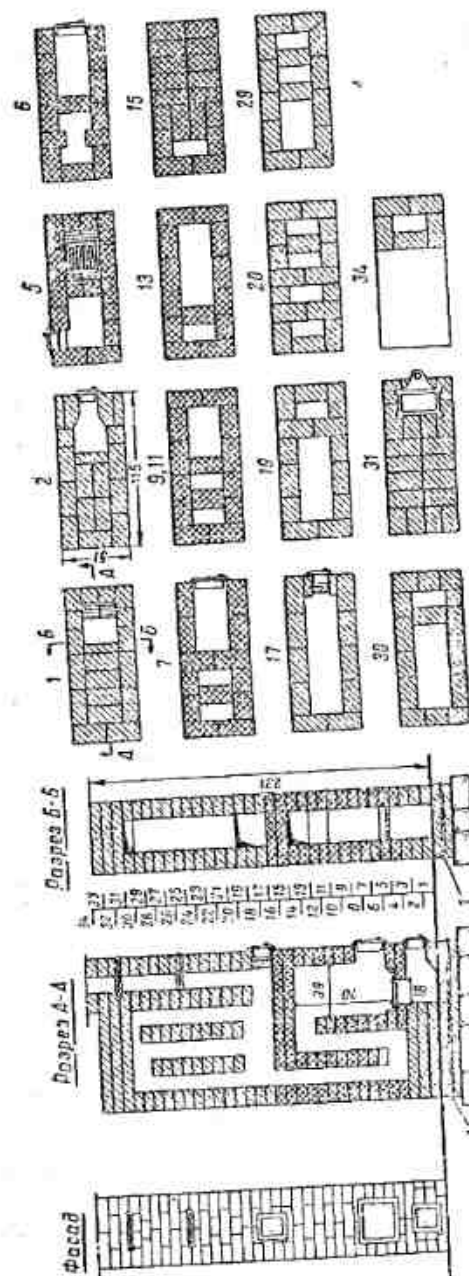


Рис. 60 Печь О-21:
1. облицовочный.

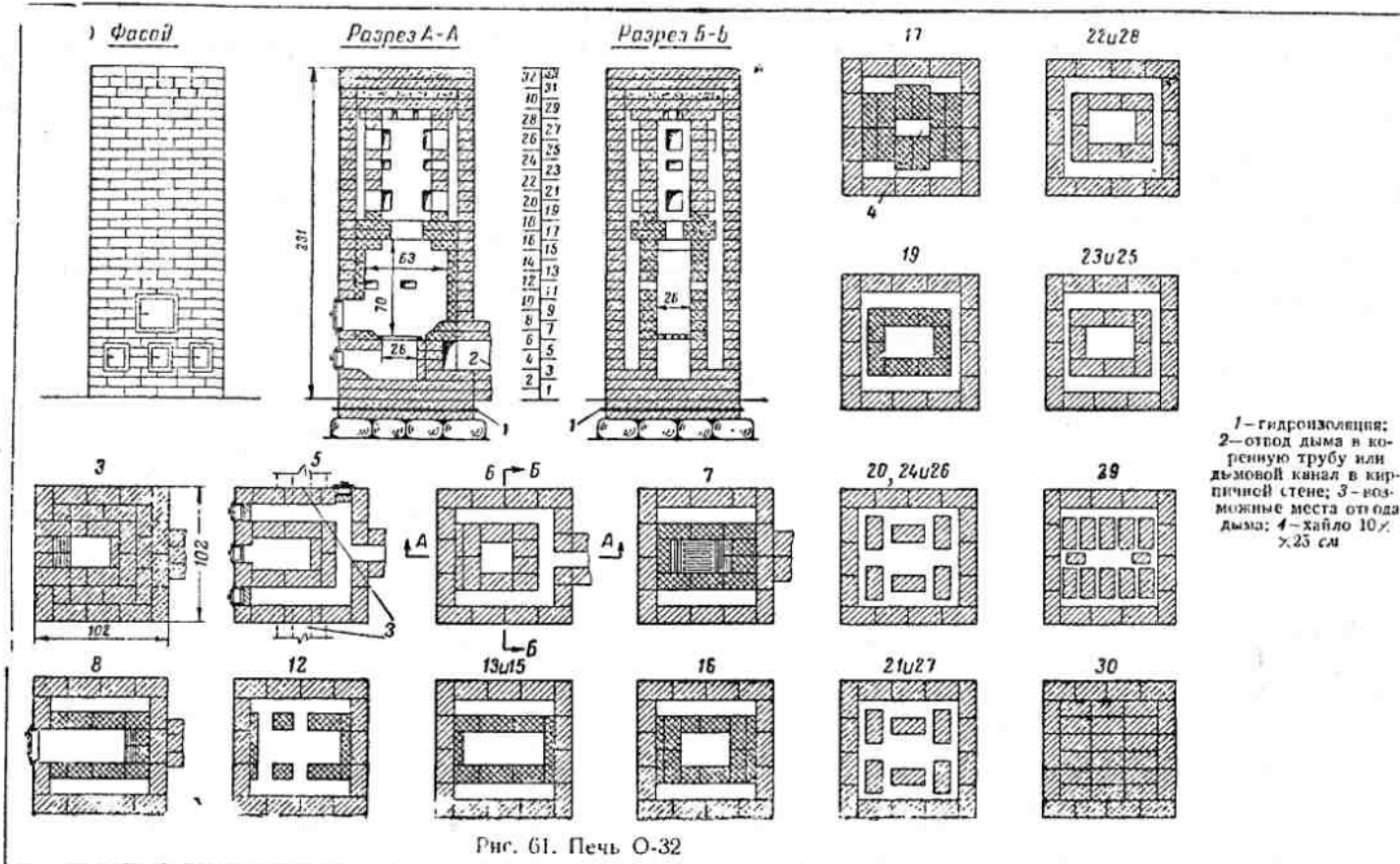
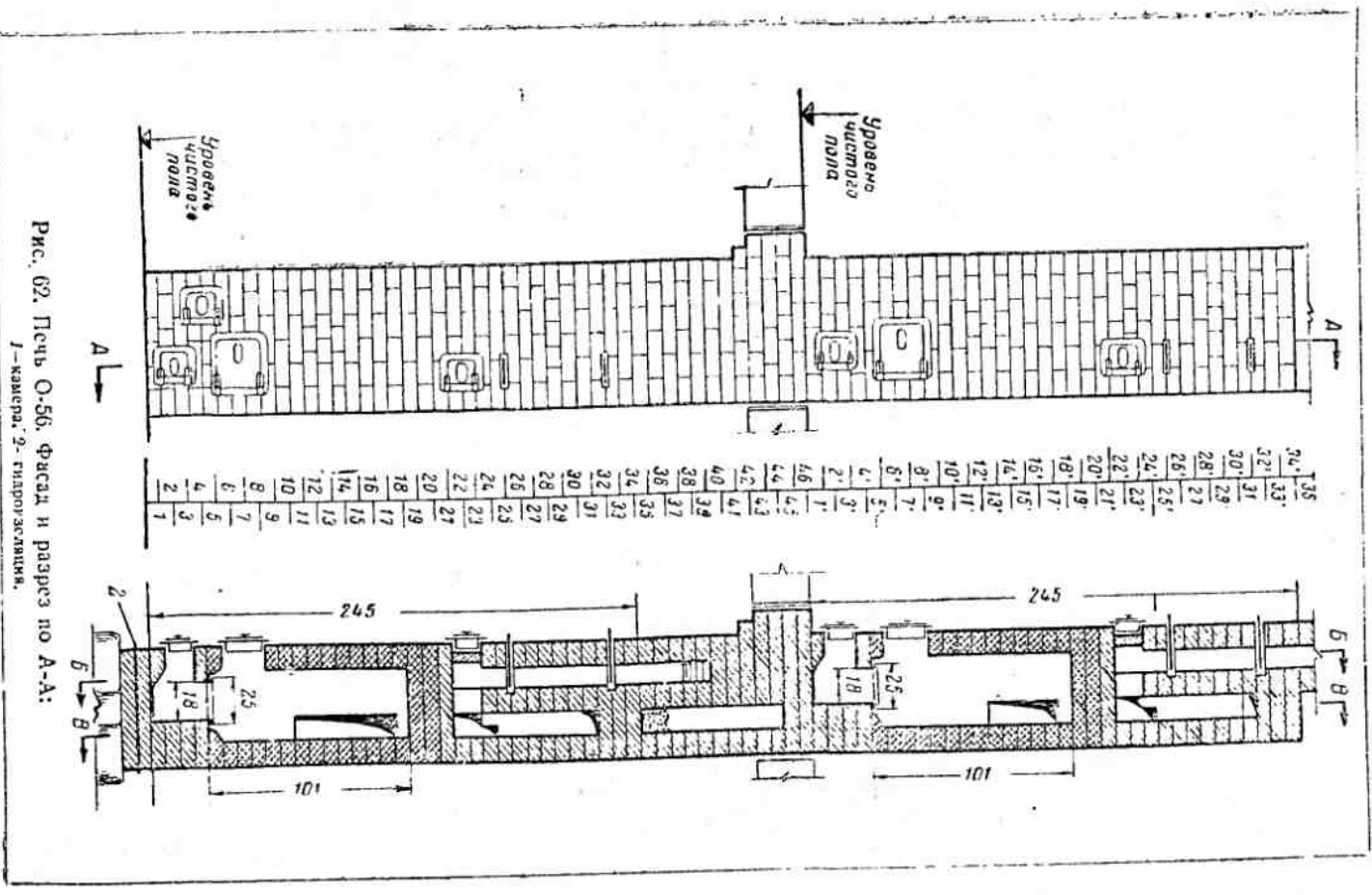


Рис. 61. Печь O-32



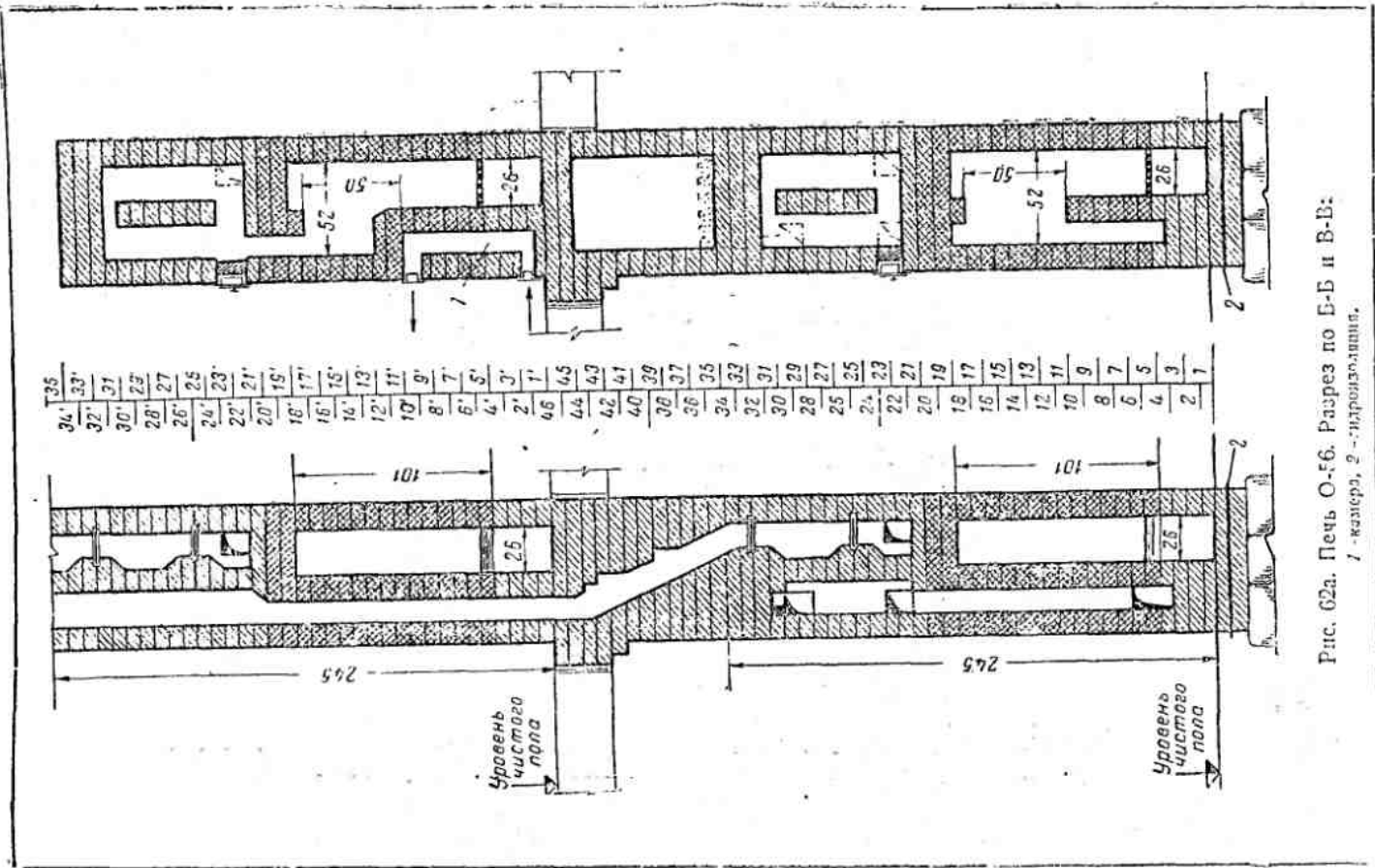


Рис. 62а. Печь О-56. Разрез по Б-Б и В-В:
1 - камера, 2 - лигронолаша.

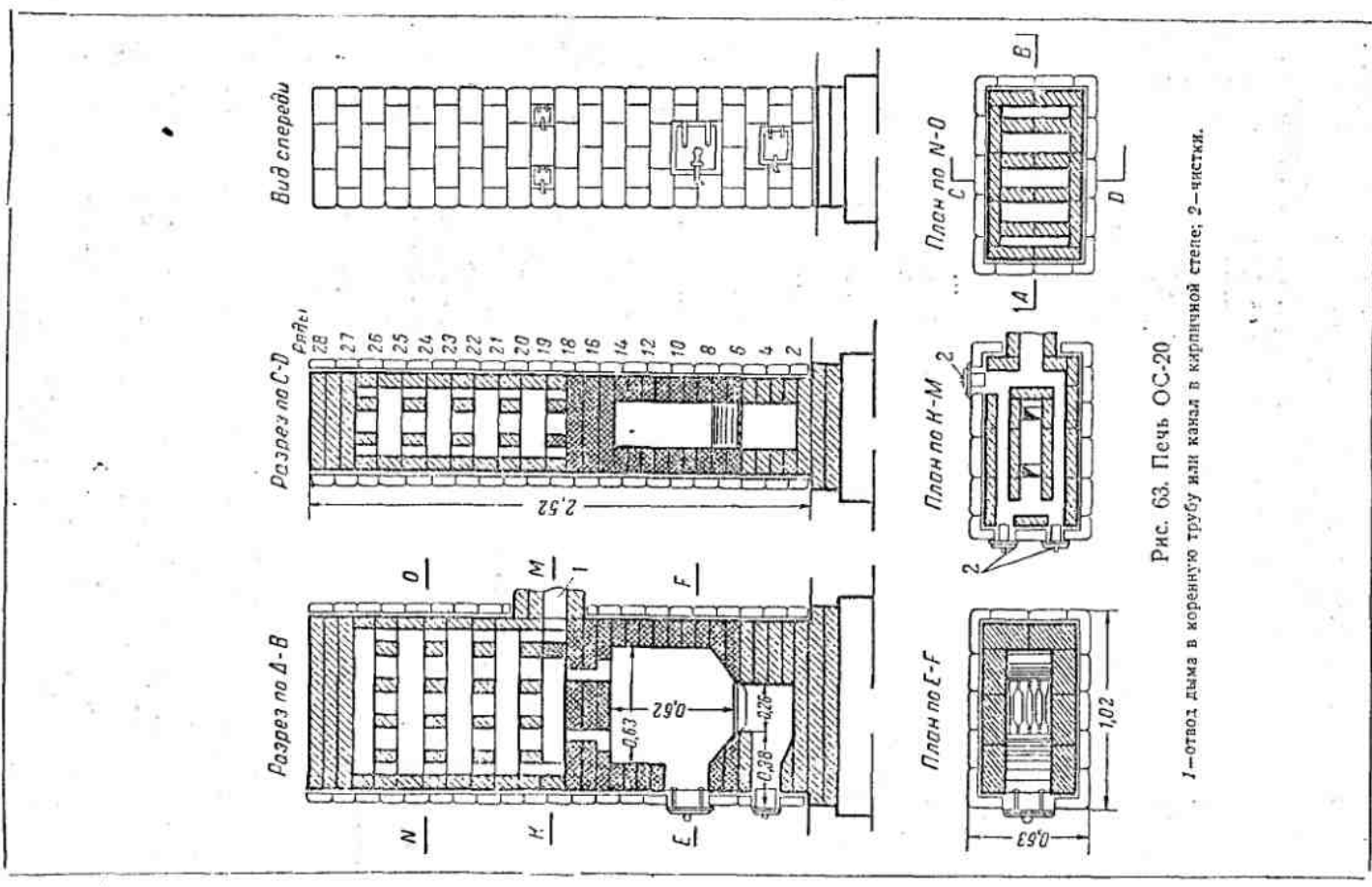


Рис. 63. Печь ОС-20

Печи комбинированные (отопительно-варочные)

[Печь конструкции Л. А. Коробанова и Н. И. Самарина (рис. 64)]. Размеры печи 102×77×231 см.

Печь имеет чугунную плиту 80×41 см и духовой шкаф. Плита размещена в камере, снабженной дверцами и вытяжной вентиляцией. Печь может топиться «по-летнему» и «по-зимнему».

В первом случае газы из топливника направляются в трубу по кратчайшему пути, и основная часть печи не нагревается. Благодаря этому избегается нежелательный перегрев комнаты в теплые летние месяцы. В зимнее время «летняя» задвижка закрывается, и в работу включается весь массив печи.

Теплоотдача печи $Q_{\text{нгр}} = 3200 \text{ ккал/час}$. Коэффициент неравномерности теплоотдачи $M = 0,23$.

Печь предназначена для отопления квартиры в 1—2 комнаты, с обслуживанием семьи в составе до 5—6 человек.

Печь И. Ф. Волкова (рис. 65).

Размеры печи 102×89×224 см. Труба насадная. Облицовка — штукатурка. Печь имеет чугунную плиту 50×50 см, духовой шкаф и водогрейную коробку.

Так же как и предыдущая печь, данная печь имеет закрытую взрывную камеру с вытяжной вентиляцией и может топиться по летнему и по зимнему режимам.

Теплоотдача печи $Q_{\text{нгр}} = 3400 \text{ ккал/час}$. Коэффициент неравномерности теплоотдачи $M = 0,22$.

Кухонные плиты и отопительные щитки

Кирпичная кухонная плита обычного типа приведена на рис. 66. Она имеет чугунный настил, духовой шкаф и водогрейную коробку. Размеры плиты 115×64×77 см.

При отсутствии водогрейной коробки длина плиты может быть уменьшена до 102 см.

На рис. 67 изображена небольшая плита в металлическом каркасе с облицовкой листовым металлом или асбофанерой. Внутренняя кладка в 1/4 кирпича. Размеры плиты в плане 79×54 см, вес около 300 кг.

На рис. 68 изображена плита «Флора», промышленного типа, конструкции автора. Плита имеет чугунный настил с двумя конфорками, духовой шкаф и водогрейную коробку.

Духовой шкаф соединяется с зольниковой коробкой при помощи патрубка 9 с клапаном 10. Когда духовка не занята, то она используется для предварительного подогрева воздуха, поступающего под колосники для горения топлива. Для этого дверца духовки открывается на 1—2 см, клапан 10 открывается, а поддувальная дверца 19 плотно закрывается.

Подогрев воздуха улучшает горение топлива и усиливает нагрев чугунного настила. Передняя стенка плиты облицовывается

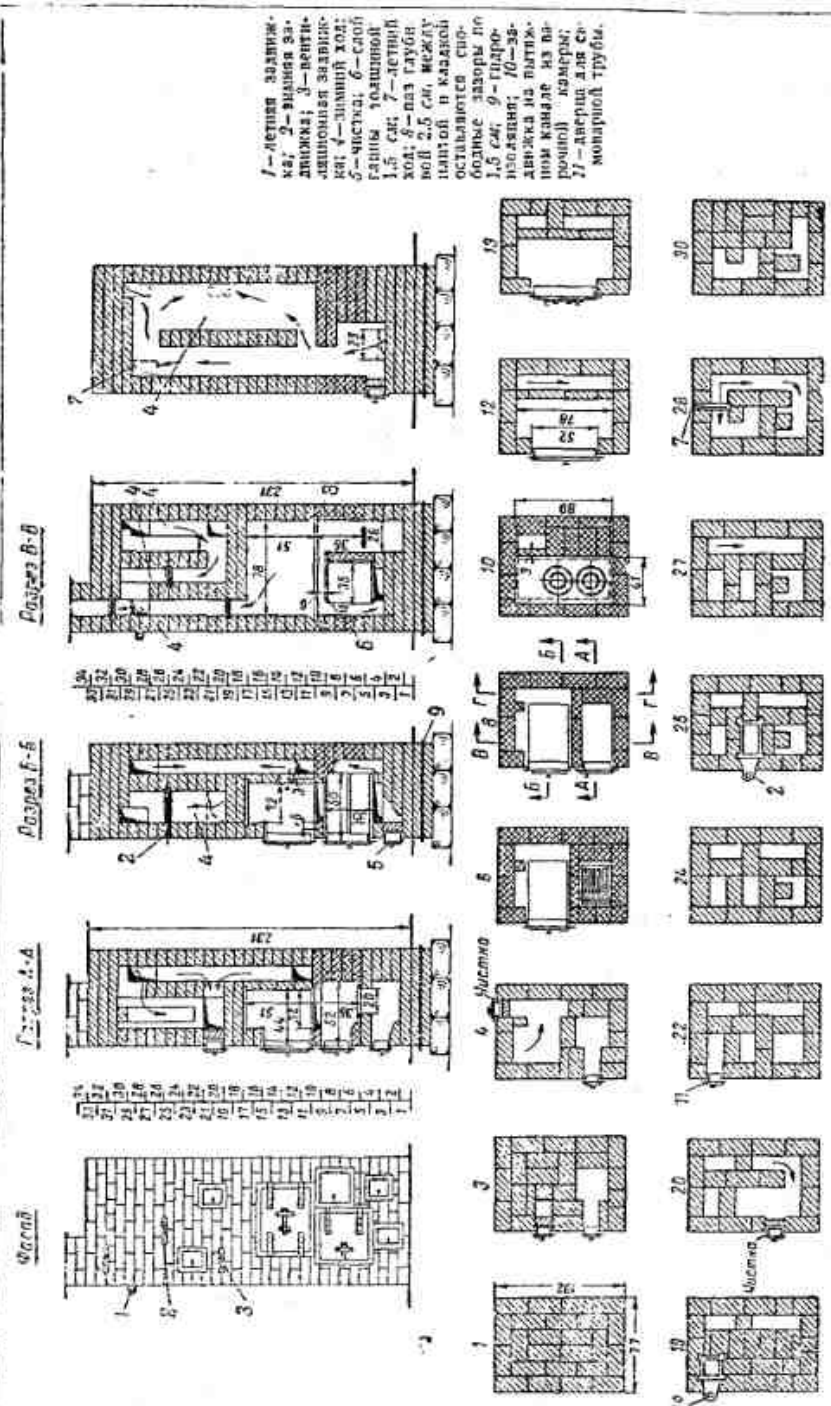
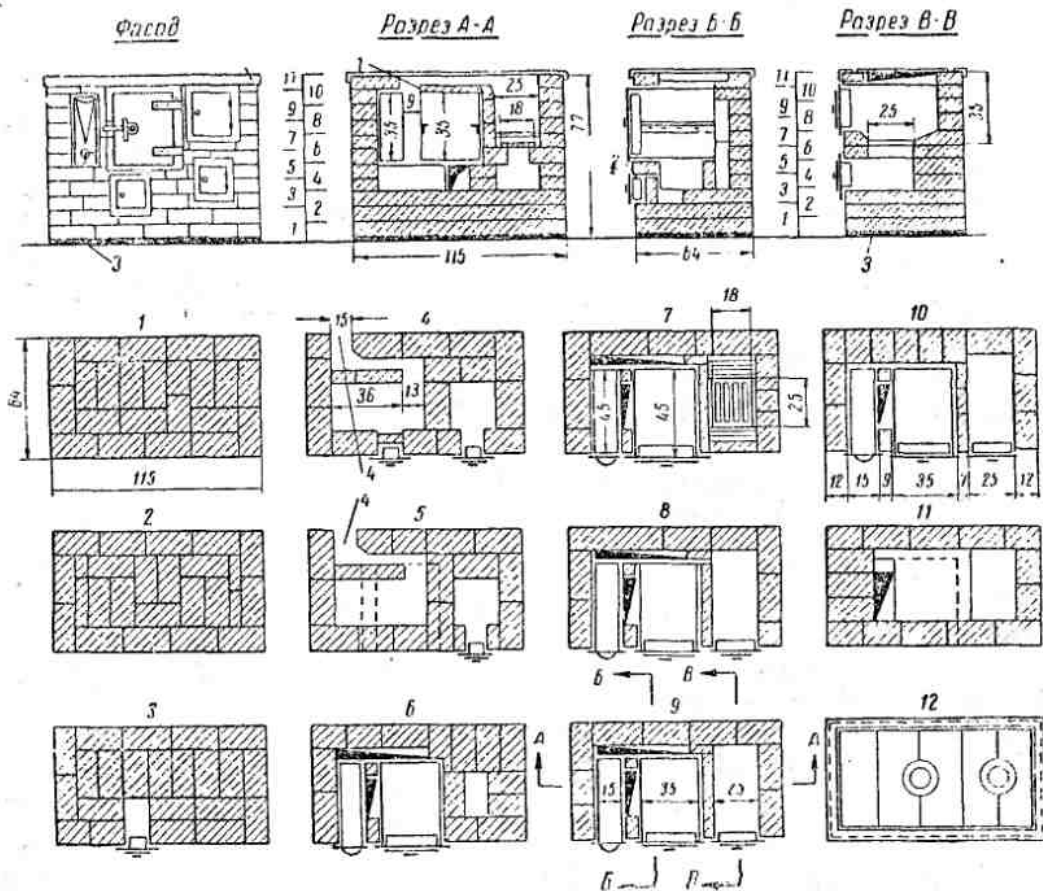
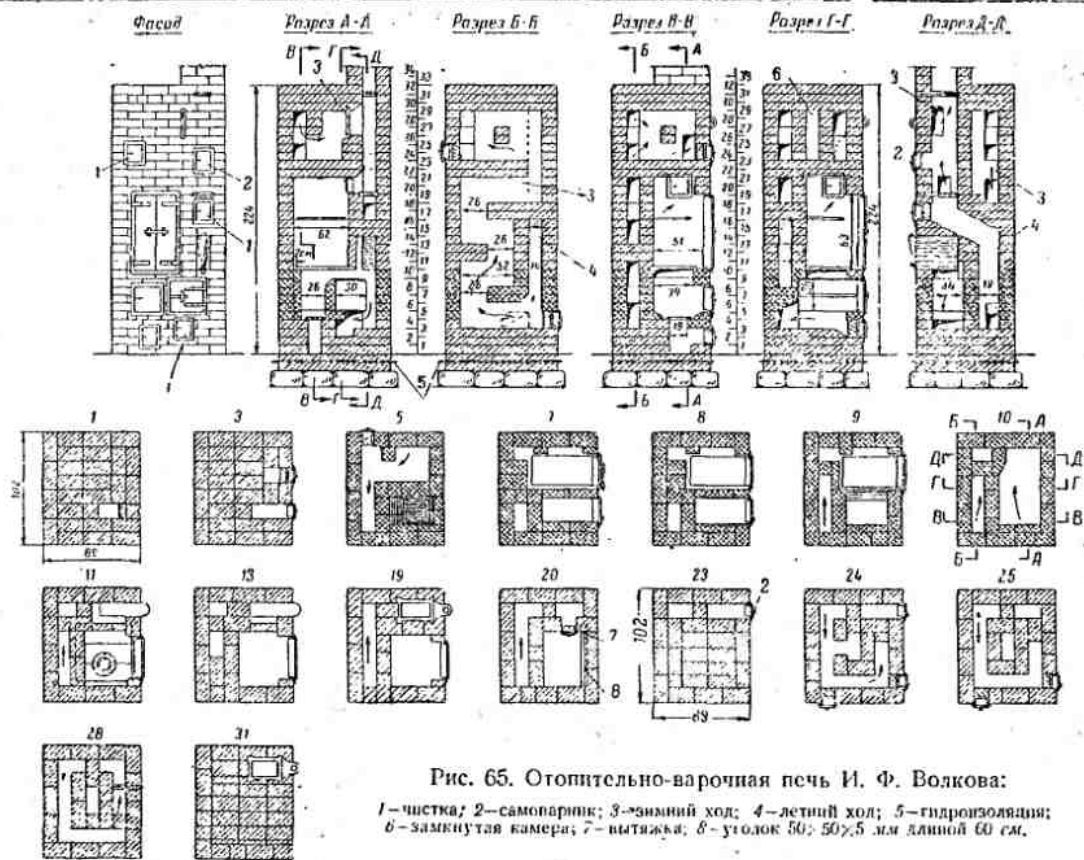


Рис. 64. Отопительно-варочная печь Л. А. Коробанова и Н. И. Самарина.



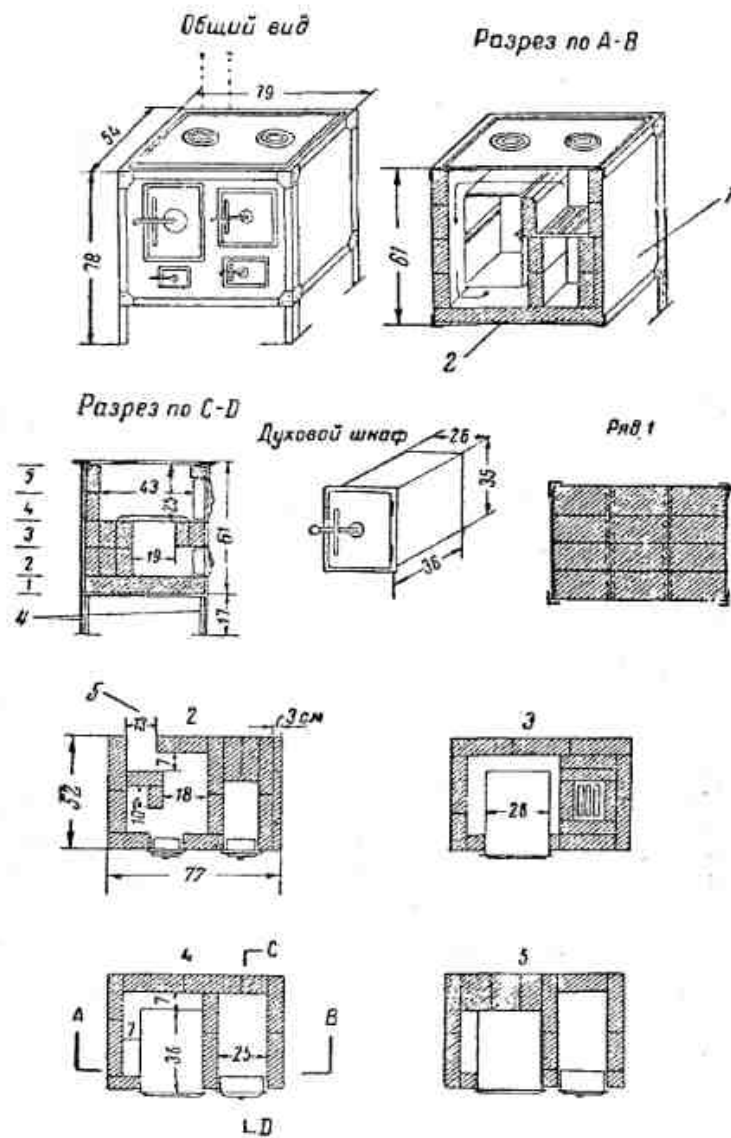


Рис. 67. Небольшая кухонная плита в металлическом каркасе с облицовкой асбофанерой:

1—облицовка (прямая сталь или асбофанера); 2—полосовая сталь 40×4 мм; 3—правильная сталь; 4—каркас из уголков 30×30×5 мм; 5—выход дыма, 13×13 см.

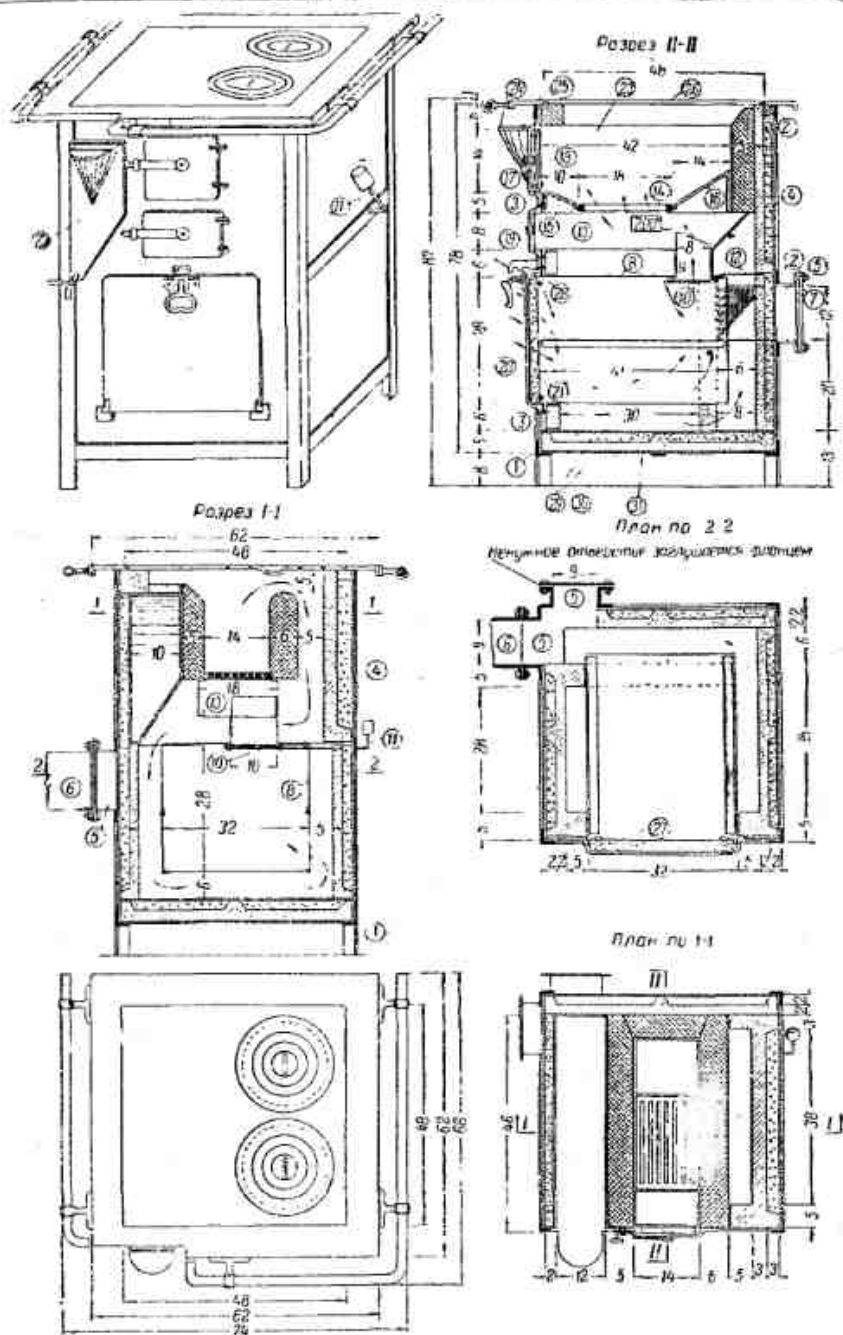


Рис. 68. Плита промышленного типа «Флора».

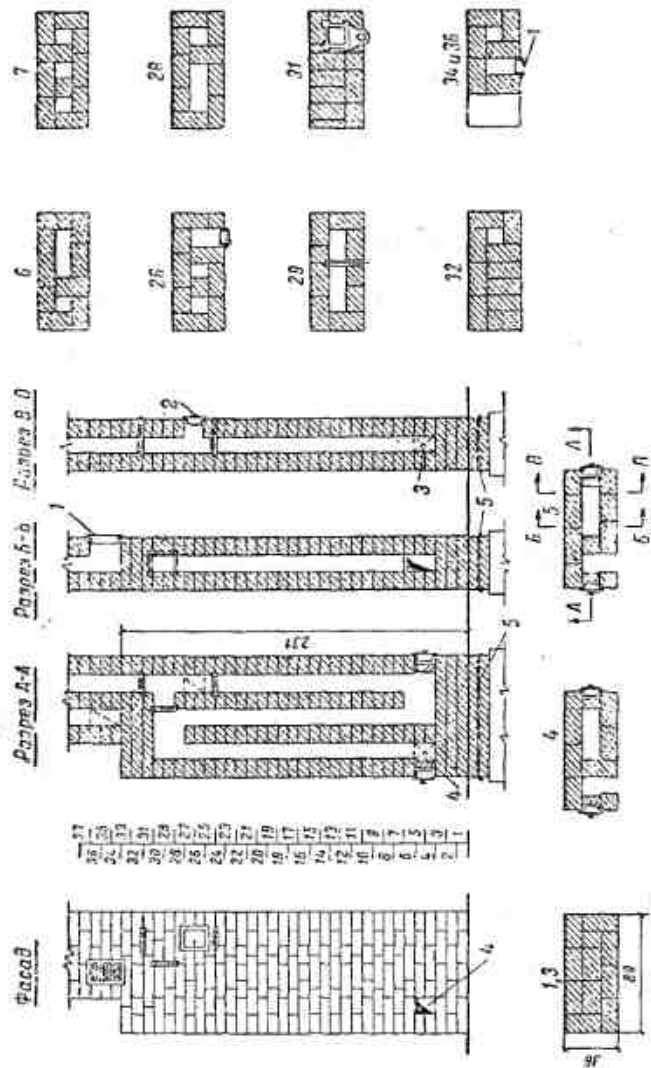


Рис. 69. Отопительный щиток обычного типа.

1 - вентиляционная решетка; 2 - самоварник; 3 - фланец; 4 - место присоединения плиты; 5 - гидроизоляция.

стальным листом толщиной 2 мм, к которому прикрепляется болтами зольниковая коробка, духовой шкаф и дверцы — топочная и поддувальная. Стенки плиты футеруются глино-гипсовыми плитами с изоляцией шлако-ватой.

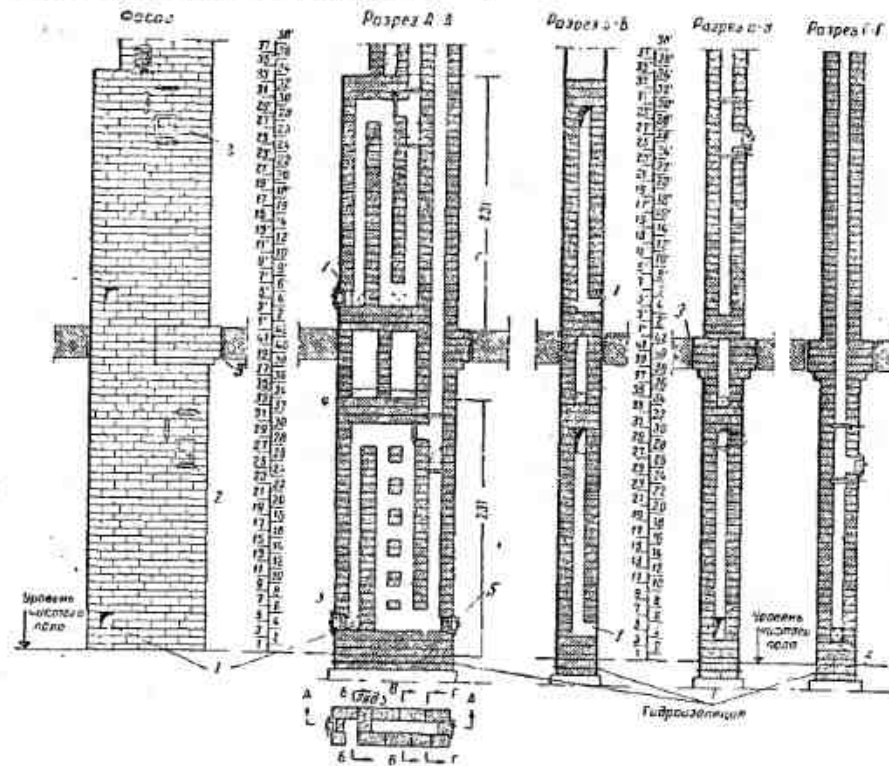


Рис. 70. Двухъярусный отопительный щиток:

1 - место присоединения плиты; 2 - самоварник; 3 - два слоя войлока, пропитанного гашеным раствором; 4 - слой песка толщиной 10 см; 5 - чистка.

Размеры плиты $62 \times 62 \times 87$ см, вес около 120 кг. Она целиком может выполняться на заводе и доставляться на место в готовом виде. Детали плиты «Флора» следующие: 1 — каркас из уголков $30 \times 30 \times 5$ мм; 2 — пояс каркаса; 3 — фронтальная плита; 4 — боковая и задняя стенки футляра; 5 и 6 — дымовые патрубки; 7 — глухой фланец; 8 — духовой шкаф; 9 — соединительный патрубок; 10 — клапан; 11 — рычаг клапана с противовесом; 12 — перегородка толщиной 0,5 мм; 13 — зольная коробка; 14 — колосниковая решетка; 15 — топочный порог; 16 — задний откос тонки; 17 — топочная дверка; 18 — отражатель; 19 — поддувальная дверца; 20 — дверца духового шкафа; 21 — внутренняя стенка дверцы; 22 — водогрейная коробка; 23 — футляр водогрейной коробки; 24 — крышка водогрейной коробки; 25 — фаяс; 26 — настил с конфорками; 27 — прут фаяса; 28 — защелка; 29 — асбофанера; 30 — шлаковата; 31 — гипс — глина.

На рис. 69 представлен кирпичный отопительный щиток наиболее распространенного типа. Щиток имеет 3 задвижки и самоварник. При топке «по-летнему» задвижка, поставленная вертикально, открывается, и газы уходят в трубу по короткому пути.

Если требуется увеличить длину щитка, то это достигается за счет расширения среднего (опускного) газохода, или же устраива-

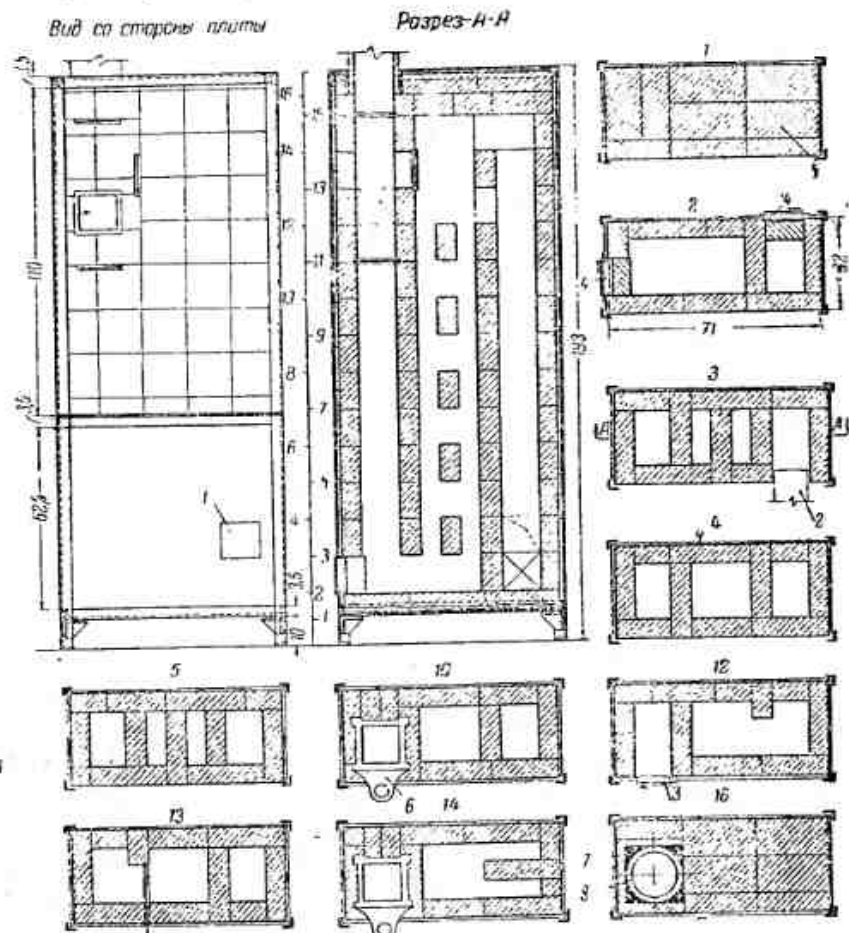


Рис. 71. Отопительный щиток легкой конструкции в каркасе:

1—место присоединения плиты к щитку; 2—железный патрубок; 3—самоварник; 4—чистка; 5—вставка кирпичом, расколотая на асбестку толщиной 3 см, по слою глины; 6—задвижка; 7—кирпичная кладка и обанцовка вокруг трубы; 8—асбестоцементная труба.

ется несколько опускающих газоходов, соединяемых параллельно. Следует заметить, что в тепловом отношении для щитка, обогреваемого газами от квартирной кухонной плиты, увеличение размеров выше указанных на рис. 69 не целесообразно, так как теплоотдача его увеличивается при этом очень незначительно (см. ниже, табл. 40).

На рис. 70 изображен двухъярусный отопительный щиток. По конструктивным условиям в этом случае щиток I этажа получился больших размеров.

На рис. 71 изображен щиток легкой конструкции, выложенный в $\frac{1}{4}$ кирпича в металлическом каркасе (конструкция Гипр-авиапрома) с насадной асбестоцементной трубой. Размеры щитка $71 \times 32 \times 193$ см, вес 680 кг (о применении асбестоцементных дымовых труб см. ниже рис. 103 и 104).

Русские печи

На рис. 72 изображена обыкновенная русская печь размерами в плане 165×127 см.

Эта печь может обслуживать семью в 5—6 человек в отношении приготовления пищи и обогревать жилой дом общей площадью 20—25 м². Основной частью печи является варочная камера. При постройке печи необходимо обращать особое внимание на правильное устройство сводчатого перекрытия камеры и пода.

Для того чтобы камера быстро нагревалась и хорошо держала тепло, сводчатое перекрытие и под ее следует делать с уклоном к передней части печи — шестку, точно по указанным размерам.

Скошенная стенка в перетрубьи (разрез А—А), через входом в дымовую трубу, так же как и опущенная на один ряд перед задвижкой стенка в $\frac{1}{2}$ кирпича, служат для улавливания искр.

Устье камеры закрывается съемной заслонкой из кровельной стали (о теплопередаче русской печи см. ниже).

На рис. 73 и 74 представлена русская печь с плитой в шестке и обогревательным щитком. Размеры печи в плане 165×153 см.

Топливник для щитка и для плиты — общий и располагается под шестком печи. Топочные и поддувальные дверцы выходят на боковую сторону печи, противоположную щитку. По желанию плита может быть использована только для приготовления пищи, с выпуском дымовых газов прямо в трубу (в летних условиях).

Обогревательный щиток устраивается со стенками в $\frac{1}{2}$ кирпича, и кладка его ведется как одно целое с печью на одном фундаменте.

Задвижка, выходящая на переднюю стенку печи, служит для закрывания дымовой трубы после окончания топки плиты, а задвижка в боковой стенке щитка — для закрывания дымовой трубы после окончания топки плиты и щитка.

Для закрывания дымовой трубы после топки варочной камеры русской печи служит выюшка.

Данная печь может обслуживать семью в 5—6 человек и отопить при одновременной работе со щитком жилую площадь до 30—40 м². (О теплоотдаче ее см. ниже).

Печь располагается таким образом, чтобы боковая стенка со щитком выходила в ту комнату, которая отделена от остального помещения глухой перегородкой.

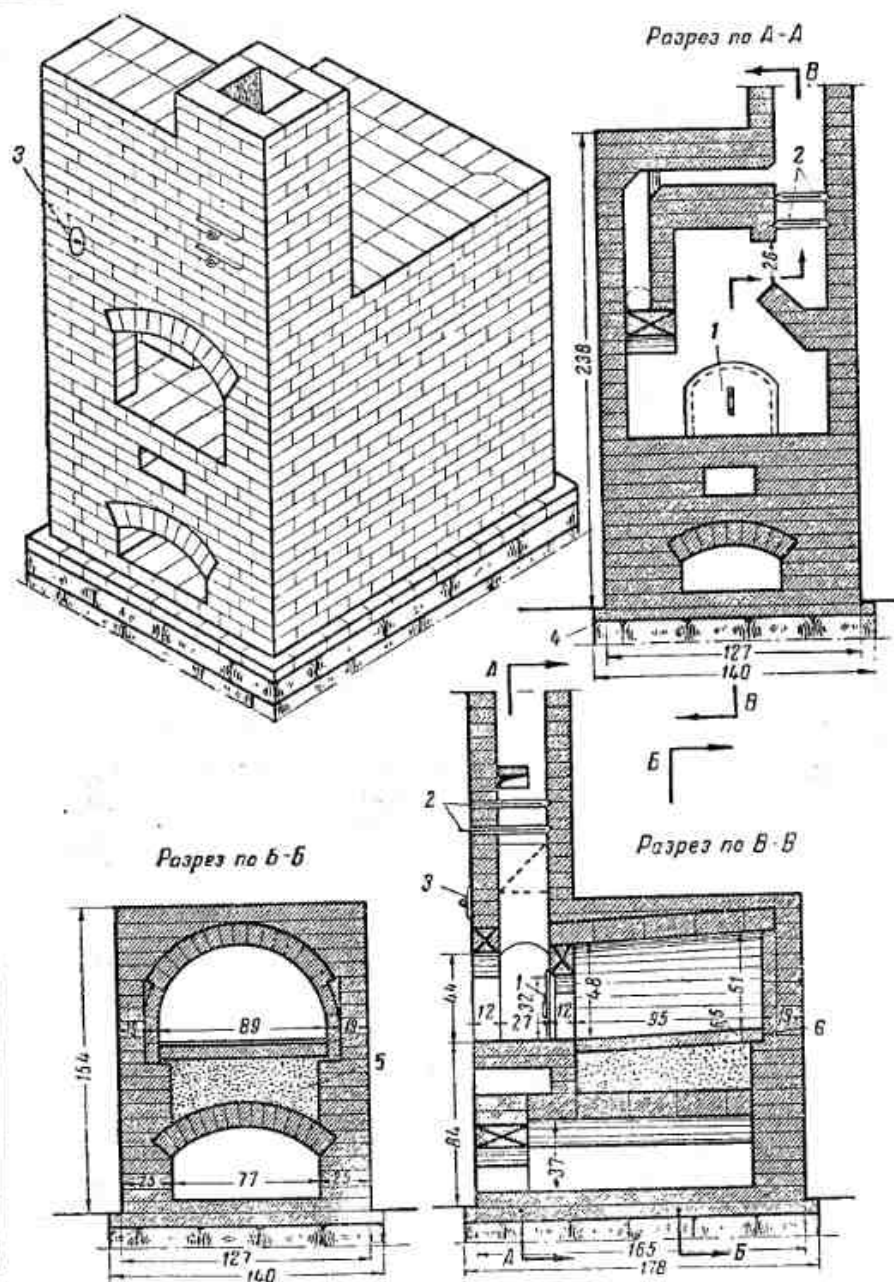


Рис. 72. Обыкновенная русская печь:

- 1 - заслонка для парочной камеры; 2 - задвижка; 3 - самсарник; 4 - изоляция (толь в два слоя); 5 - мелкий гранит и речной песок, смешанный с битым стеклом; 6 - подъем пола 2 см.

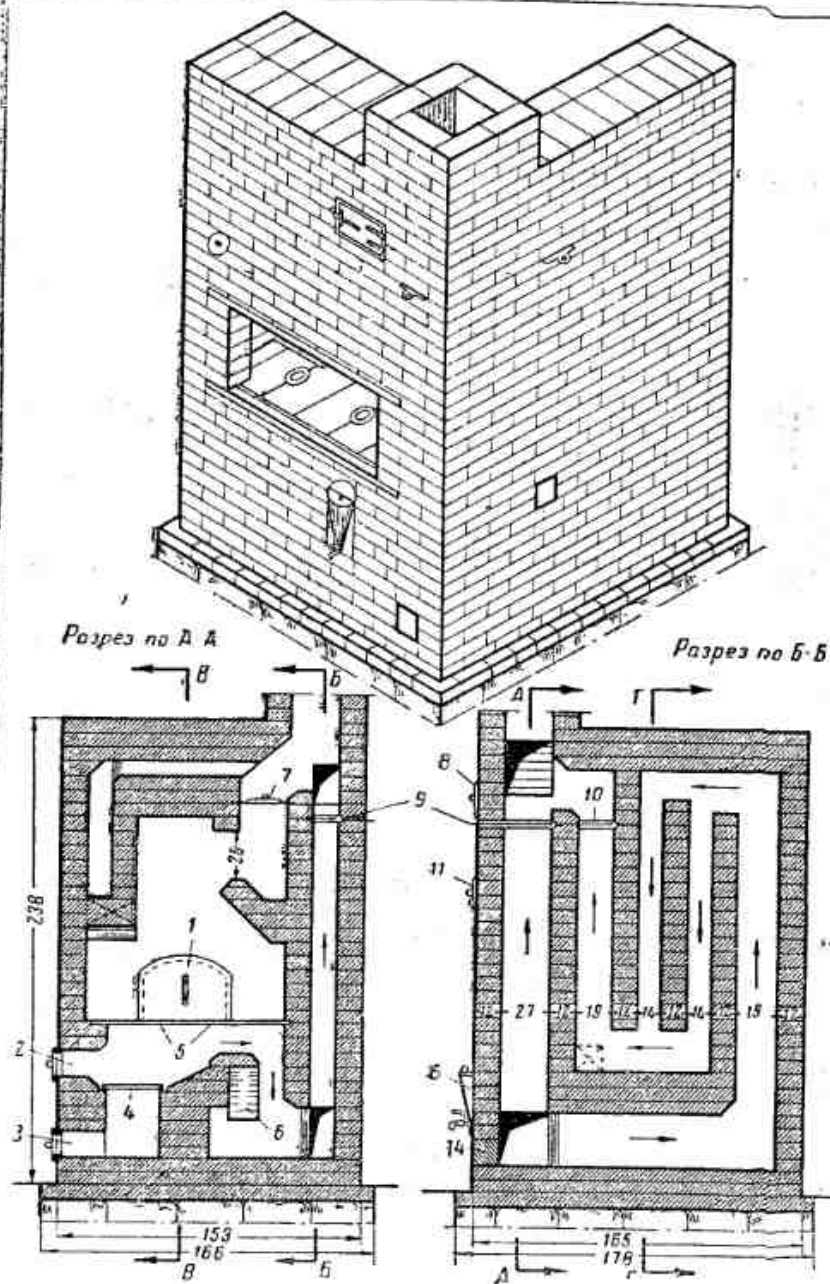


Рис. 73. Русская печь с плитой в решетке и обогревательным щитком:
 1 - заслонка к парочной камере; 2 - топочная дверца; 3 - поддувальная дверца; 4 - колосниковая решетка; 5 - плита с конфирмантами; 6 - подогревательная коробка; 7 - плита для печи; 8 - выходящая дверца; 9 - задвижка летнего хода для плиты; 10 - то же, зимнего хода; 11 - самсарник; 12 - уголки стали для перекрытия устья и шестка печи; 13 - подосовая сталь для перекрытия устья печи; 14 - чистка; 15 - изоляция (толь в 2 слоя).

Нетеплоемкие печи

Нетеплоемкие отопительные печи применяются у нас для отопления: а) помещений временного характера: землянок, барачков, палаток, сторожевых будок и т. д., б) помещений с периодическим пребыванием людей: мастерских, торговых и складочных помещений и т. п.), в) вагонов, приспособленных для жилья, и г) всякого рода помещений, в которых основная система отопления не дает достаточного эффекта

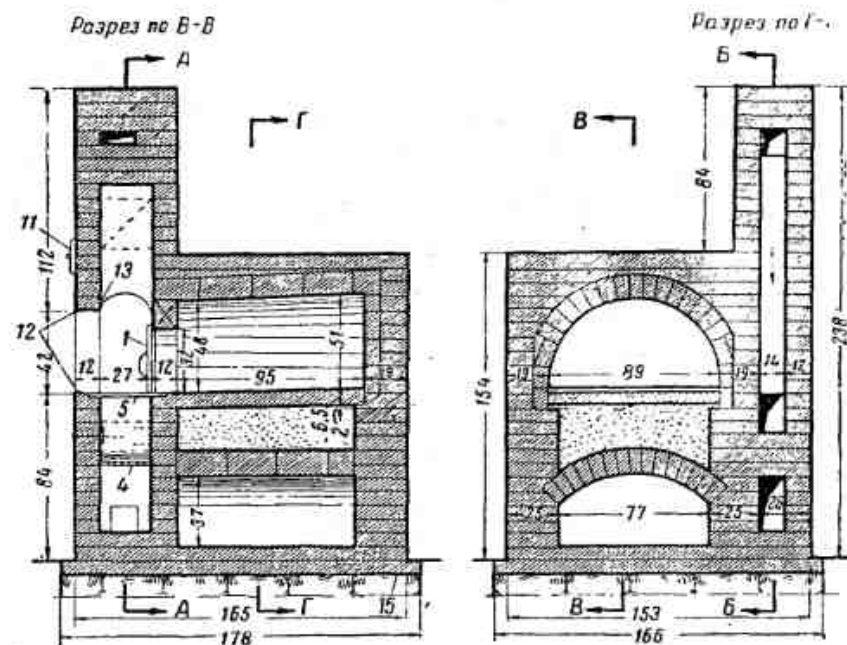


Рис. 74. Разрезы русской печи, показанной на рис. 73. Пояснения числовых обозначений см. в подписи к рисунку 73.

Существует весьма большое количество различных конструкций этого рода печей. В большинстве это металлические печи, изготовляемые из листовой стали или отливаемые из чугуна.

Некоторые из этих печей имеют футеровку из кирпича или тонких шамотных плит.

Чаще всего нетеплоемкие печи состоят собственно из одного топливника без каких-либо дымоходов. Вследствие этого температура отходящих газов получается очень высокой и, если эти газы сразу отводятся в дымовую трубу, то они уносят с собой до 50% и больше тепла, содержащегося в топливе.

Для лучшего использования топлива к этим печам присоединяют дополнительные поверхности нагрева, простейшим примером которых являются трубы из кровельной стали, горизонтально подвешенные в отапливаемом помещении.

Проходя по этим трубам, газы отдают помещению дополнительное количество тепла и уходят в дымоход с более низкой температурой. Ниже приведены 4 конструкции нетеплоемких отопительных печей, которые были испытаны в лаборатории.

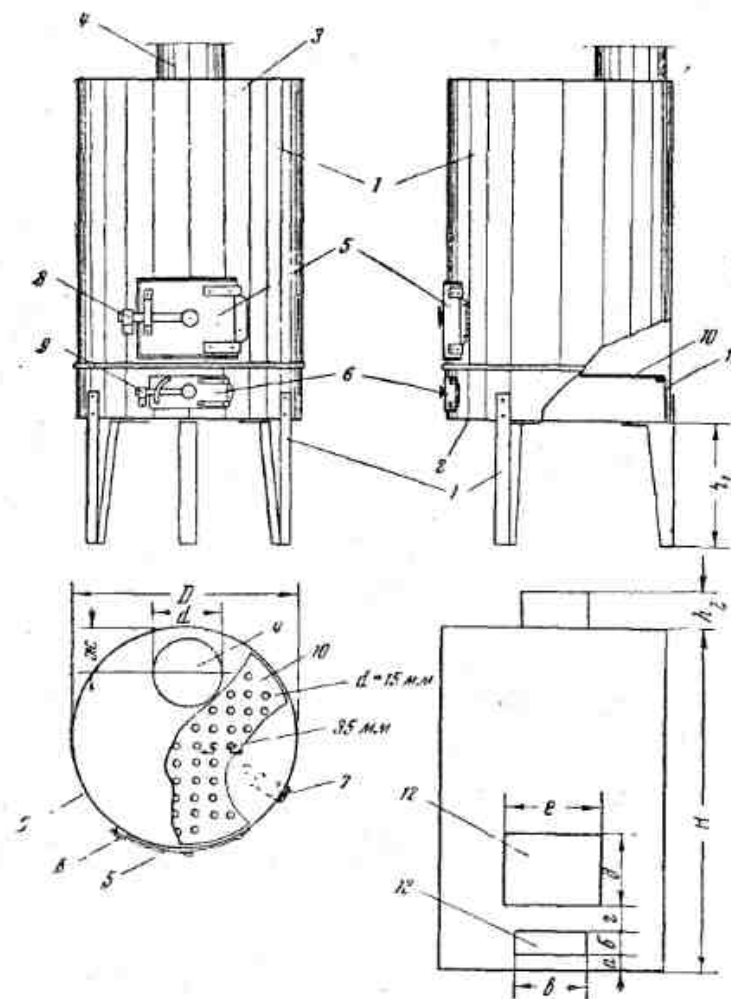


Рис. 75. Цилиндрическая печь из кровельной стали:

1 — цилиндрический корпус; 2 — дно; 3 — крышка; 4 — отводная трубка; 5 — топливная дверь; 6 — поддувальная дверь; 7 — ножки; 8 — скоба запора топливной дверцы; 9 — скоба запора поддувальной дверцы; 10 — колосниковая решетка; 11 — ножки колосниковой решетки; 12 — топочное отверстие; 13 — поддувальное отверстие; пояснения буквенных обозначений см. в табл. 24.

Испытания 3 первой печей производились на дровах влажностью около 25%. При этом топка производилась при 3 режимах: а) сжигалось минимальное количество топлива, при котором еще возможно было поддерживать устойчивый процесс горения (B_1 кг/час);

б) сжигалось максимально возможное количество топлива с интенсивной шуровкой (B_3 кг/час);

в) брался средний расход топлива:

$$B_2 = \frac{B_1 + B_3}{2} \text{ кг час.} \quad (140)$$

К печам присоединялись трубы из кровельной стали.

Температура отходящих газов T_{yx} замерялась в нескольких точках по длине труб, в расстоянии L м от выхода из печи.

В результате были получены величины теплоотдач печей $Q_{\text{ккал/час}}$, включая теплоотдачу участком трубы длиной L м.

Эти данные приведены в табл. 24—33, где при $L=0$ имеем теплоотдачу Q ккал/час, температуру отходящих газов T_{yx} и коэффициент полезного действия η , отнесенный собственно к печи, без учета труб.

Печи испытывались при высоте дымовой трубы от уровня колосниковой решетки, равной 4 м.

1. Цилиндрическая печь из кровельной стали (рис. 75), разработанная автором.

Разработаны и испытаны три печи этого типа разных размеров, приведенных в табл. 24.

Таблица 24

| № модели печи | Размеры в мм | | | | | | | | | | | | вес печи в кг |
|---------------|--------------|-----|-----|----------------|----------------|----|----|-----|----|-----|-----|----|---------------|
| | H | D | d | h ₁ | h ₂ | a | b | v | z | d | e | ж | |
| I | 700 | 445 | 135 | 250 | 50 | 20 | 60 | 150 | 50 | 150 | 200 | 85 | 10—13 |
| II | 700 | 330 | 110 | 200 | 50 | 20 | 60 | 100 | 50 | 130 | 150 | 70 | 7—9 |
| III | 420 | 330 | 110 | 200 | 50 | 20 | 60 | 100 | 40 | 130 | 150 | 70 | 5,5—7 |

Таблица 25

Теплотехнические данные для модели I: $D=445$; $H=700$; d труб = 135

| Длина труб L м | $B_1 = 3,9$ кг/час | | | $B_2 = 5,4$ кг/час | | | $B_3 = 8,9$ кг/час | | |
|------------------|--------------------|----------|--------|--------------------|----------|--------|--------------------|----------|--------|
| | Q ккал/час | T_{yx} | η | Q ккал/час | T_{yx} | η | Q ккал/час | T_{yx} | η |
| 0 | 6100 | 320 | 0,49 | 11400 | 465 | 0,56 | 15000 | 540 | 0,53 |
| 1 | 6700 | 287 | 0,54 | 12300 | 410 | 0,61 | 16800 | 450 | 0,59 |
| 2 | 7200 | 255 | 0,58 | 13000 | 360 | 0,61 | 18100 | 380 | 0,64 |
| 4 | 7900 | 212 | 0,64 | 14000 | 295 | 0,69 | 19700 | 300 | 0,70 |
| 6 | 8500 | 176 | 0,69 | 14800 | 242 | 0,73 | 20600 | 255 | 0,73 |
| 8 | 9000 | 148 | 0,72 | 15500 | 200 | 0,77 | 21200 | 215 | 0,75 |
| 10 | — | — | — | 16000 | 170 | 0,79 | 21800 | 183 | 0,77 |
| 12 | — | — | — | — | — | — | 22400 | 160 | 0,79 |

Таблица 26

Теплотехнические данные для модели I при устройстве внутренней футеровки в $1/4$ кирпича

| Длина труб L м | $B_1 = 2,5$ кг/час | | | $B_2 = 4,0$ кг/час | | | $B_3 = 5,5$ кг/час | | |
|------------------|--------------------|----------|--------|--------------------|----------|--------|--------------------|----------|--------|
| | Q ккал/час | T_{yx} | η | Q ккал/час | T_{yx} | η | Q ккал/час | T_{yx} | η |
| 0 | 2390 | 330 | 0,30 | 6900 | 440 | 0,53 | 9400 | 540 | 0,53 |
| 1 | 3100 | 285 | 0,39 | 7800 | 365 | 0,60 | 10600 | 440 | 0,60 |
| 2 | 3700 | 245 | 0,47 | 8500 | 303 | 0,65 | 11500 | 370 | 0,65 |
| 4 | 4700 | 187 | 0,59 | 9400 | 219 | 0,72 | 12600 | 280 | 0,72 |
| 6 | 5200 | 155 | 0,66 | 10000 | 170 | 0,77 | 13500 | 210 | 0,76 |
| 8 | — | — | — | — | — | — | 14100 | 165 | 0,80 |

Таблица 27

Теплотехнические данные для модели II: $D=330$; $H=700$; $d_{\text{тр}}=110$

| Длина труб L м | $B_1 = 3,0$ кг/час | | | $B_2 = 4,5$ кг/час | | | $B_3 = 6,0$ кг/час | | |
|------------------|--------------------|----------|--------|--------------------|----------|--------|--------------------|----------|--------|
| | Q ккал/час | T_{yx} | η | Q ккал/час | T_{yx} | η | Q ккал/час | T_{yx} | η |
| 0 | 4400 | 360 | 0,46 | 8300 | 460 | 0,58 | 11500 | 525 | 0,60 |
| 1 | 5100 | 305 | 0,53 | 9100 | 380 | 0,63 | 12500 | 425 | 0,65 |
| 2 | 5600 | 260 | 0,58 | 9700 | 315 | 0,67 | 13400 | 350 | 0,70 |
| 4 | 6300 | 205 | 0,66 | 10500 | 230 | 0,73 | 14600 | 245 | 0,76 |
| 6 | 6800 | 165 | 0,71 | 11000 | 180 | 0,77 | 15300 | 190 | 0,80 |
| 8 | — | — | — | — | — | — | 15700 | 142 | 0,82 |

Таблица 28

Теплотехнические данные для модели III: $D=330$; $H=420$; $d_{\text{тр}}=110$

| Длина труб L м | $B_1 = 3,0$ кг/час | | | $B_2 = 4,5$ кг/час | | | $B_3 = 6,0$ кг/час | | |
|------------------|--------------------|----------|--------|--------------------|----------|--------|--------------------|----------|--------|
| | Q ккал/час | T_{yx} | η | Q ккал/час | T_{yx} | η | Q ккал/час | T_{yx} | η |
| 0 | 3800 | 410 | 0,42 | 7000 | 600 | 0,49 | 9200 | 610 | 0,48 |
| 1 | 4600 | 345 | 0,48 | 8000 | 490 | 0,56 | 10700 | 520 | 0,56 |
| 2 | 5100 | 300 | 0,53 | 8900 | 400 | 0,62 | 11900 | 420 | 0,62 |
| 4 | 5800 | 240 | 0,60 | 10100 | 280 | 0,70 | 13400 | 300 | 0,70 |
| 6 | 6400 | 195 | 0,66 | 10800 | 205 | 0,75 | 14300 | 225 | 0,75 |
| 8 | 6800 | 155 | 0,71 | 11200 | 160 | 0,78 | 15000 | 165 | 0,79 |

1. Печь «Циклон» из кровельной стали конструкции автора (рис. 76).

Печь состоит из двух цилиндрических элементов. Первый элемент служит топливником и имеет колосниковую решетку. В верхней части его имеется отверстие с патрубком для присоединения ко второму элементу (циклону — экономайзеру). Дно топливника съемное и при упаковке снимается.

Размеры печей «Циклон»

| № модели | Размеры в мм | | | | | | | | | |
|----------|--------------|-------|-------|-------|-------|-------|-----|-----|-----|-----|
| | D_1 | D_2 | h_1 | h_2 | d_1 | d_2 | a | b | c | z |
| I | 405 | 450 | 250 | 160 | 125 | 135 | 100 | 300 | 120 | 100 |
| II | 270 | 310 | 200 | 140 | 80 | 85 | 70 | 210 | 90 | 70 |

Таблица 30

Теплотехнические данные для модели I печи «Циклон»: $D_1=405$; $D_2=450$; $d_{тр}=135$

| Длина труб L, м | $B_1 = 2,6 \text{ кг/час}$ | | | $B_2 = 4,9 \text{ кг/час}$ | | | $B_3 = 7,2 \text{ кг/час}$ | | |
|--------------------|------------------------------------|----------|--------|------------------------------------|----------|--------|------------------------------------|----------|--------|
| | $Q \frac{\text{ккал}}{\text{час}}$ | $T_{ух}$ | η | $Q \frac{\text{ккал}}{\text{час}}$ | $T_{ух}$ | η | $Q \frac{\text{ккал}}{\text{час}}$ | $T_{ух}$ | η |
| 0 | 5700 | 224 | 0,69 | 11000 | 265 | 0,70 | 16000 | 390 | 0,69 |
| 1 | 6100 | 180 | 0,74 | 11500 | 225 | 0,73 | 16700 | 330 | 0,73 |
| 2 | 6300 | 150 | 0,76 | 11900 | 190 | 0,76 | 17300 | 285 | 0,75 |
| 4 | — | — | — | 12500 | 140 | 0,80 | 18200 | 210 | 0,79 |
| 6 | — | — | — | — | — | — | 18900 | 135 | 0,82 |

Таблица 31

Теплотехнические данные для модели I печи «Циклон» с футеровкой толщиной 4 см из кирпича, разрушенного на лещадку

| Длина труб L, м | $B_1 = 2,5 \text{ кг/час}$ | | | $B_2 = 3,8 \text{ кг/час}$ | | | $B_3 = 5 \text{ кг/час}$ | | |
|--------------------|------------------------------------|----------|--------|------------------------------------|----------|--------|------------------------------------|----------|--------|
| | $Q \frac{\text{ккал}}{\text{час}}$ | $T_{ух}$ | η | $Q \frac{\text{ккал}}{\text{час}}$ | $T_{ух}$ | η | $Q \frac{\text{ккал}}{\text{час}}$ | $T_{ух}$ | η |
| 0 | 5300 | 235 | 0,67 | 8400 | 300 | 0,70 | 11500 | 350 | 0,72 |
| 1 | 5800 | 190 | 0,72 | 8900 | 250 | 0,74 | 12100 | 285 | 0,76 |
| 2 | 6100 | 160 | 0,76 | 9400 | 210 | 0,77 | 12600 | 250 | 0,79 |
| 4 | — | — | — | 10000 | 140 | 0,82 | 13500 | 175 | 0,84 |

Таблица 32

Теплотехнические данные для модели II печи «Циклон»: $D_1=270$; $D_2=310$; $d_{тр}=85$

| Длина труб L, м | $B_1 = 2 \text{ кг/час}$ | | | $B_2 = 3 \text{ кг/час}$ | | | $B_3 = 4 \text{ кг/час}$ | | |
|--------------------|------------------------------------|----------|--------|------------------------------------|----------|--------|------------------------------------|----------|--------|
| | $Q \frac{\text{ккал}}{\text{час}}$ | $T_{ух}$ | η | $Q \frac{\text{ккал}}{\text{час}}$ | $T_{ух}$ | η | $Q \frac{\text{ккал}}{\text{час}}$ | $T_{ух}$ | η |
| 0 | 4800 | 200 | 0,75 | 7300 | 222 | 0,75 | 9700 | 237 | 0,76 |
| 1 | 5000 | 165 | 0,78 | 7500 | 190 | 0,78 | 10000 | 195 | 0,78 |
| 2 | 5100 | 140 | 0,80 | 7600 | 160 | 0,80 | 10200 | 165 | 0,80 |
| 4 | — | — | — | — | — | — | 10500 | 120 | 0,83 |

Второй элемент — «циклон-экономайзер» — имеет крышку с отверстием, к которому присоединена наглухо внутренняя дымовая труба, занимающая в цилиндре центральное положение.

Для соединения с топливником служит патрубок 16, внешняя боковая стенка которого касательна к поверхности цилиндра.

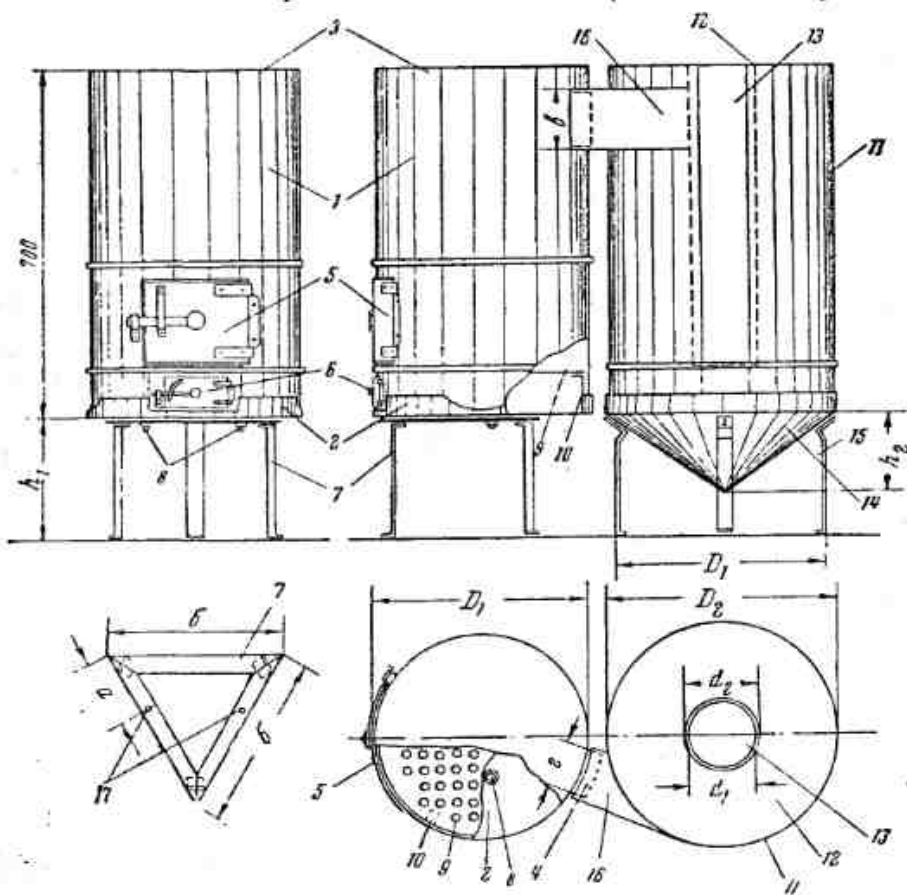


Рис. 76. Печь «Циклон»

Элементы топливника: 1 — цилиндрический корпус; 2 — съемное дно; 3 — крышка; 4 — отводный патрубок; 5 — топливная дверь; 6 — ползувальная дверь; 7 — подставка; 8 — болты с шайбами; 9 — колосниковая решетка; 10 — ножки колосниковой решетки.

Элементы циклона-экономайзера: 11 — цилиндрический корпус; 12 — крышка; 13 — внутренняя труба; 14 — съемное дно; 15 — ножки; 16 — присоединяемый патрубок; 17 — отверстия для болтов.

При упаковке для перевозки печь разбирается и I-й элемент (топливник) вкладывается во внутрь «циклона-экономайзера».

Характерной особенностью данной конструкции печи является то, что искры, образующиеся в топливнике, полностью улавливаются в «циклоне-экономайзере», и дымовые трубы этих печей не искрят.

Разработанные и испытанные две печи этого типа разных размеров приведены в табл. 29.

Теплотехнические данные для цилиндрической чугунной печи $d_{гр}=110$ мм.

| Длина труб L, м | $B_1 = 2,1$ кг/час | | | $B_2 = 4,2$ кг/час | | | $B_3 = 6,0$ кг/час | | |
|--------------------|--------------------|----------|--------|--------------------|----------|--------|--------------------|----------|--------|
| | $Q_{ккал/час}$ | $T_{ух}$ | η | $Q_{ккал/час}$ | $T_{ух}$ | η | $Q_{ккал/час}$ | $T_{ух}$ | η |
| 0 | 2800 | 310 | 0,37 | 6700 | 550 | 0,50 | 10500 | 625 | 0,55 |
| 1 | 3400 | 270 | 0,44 | 7700 | 450 | 0,57 | 12000 | 487 | 0,63 |
| 2 | 3800 | 238 | 0,50 | 8500 | 365 | 0,63 | 13000 | 390 | 0,68 |
| 4 | 4400 | 195 | 0,57 | 9500 | 258 | 0,71 | 14200 | 275 | 0,74 |
| 6 | 4800 | 165 | 0,62 | 10100 | 195 | 0,75 | 14900 | 207 | 0,78 |
| 8 | — | — | — | 10400 | 155 | 0,78 | 15400 | 160 | 0,81 |

2. Цилиндрическая чугунная печь (рис. 77).

Печи этой конструкции имеют большое распространение на железных дорогах для отопления вагонов-теплушек. Они особенно удобны при топке каменным углем и антрацитом.

3. Цилиндрическая печь с футеровкой шамотными вкладышами

На рис. 78 изображена цилиндрическая печь из листовой стали, футерованная шамотными вкладышами в виде отдельных сегментов. Оголовок и постамент печи, а также рама с дверцами — чугунные.

Колосники печи состоят из двух деталей: неподвижная деталь имеет вид части цилиндра с вертикальными прорезами; подвижная деталь — горизонтальная плоская. Последняя деталь имеет два рода движений — круговое и поступательное (вперед и назад).

Загрузка топлива производится сверху через особую дверцу. На верху печи имеется конфорка. Нижняя дверца двойная, и через нее открывается доступ как к шуровке, так и в зольник.

Отвод газов вверх сзади, при помощи патрубка, с вмонтированным в него дросселем, укрепленным на вертикальной оси.

Общая высота печи 93 см, диаметр цилиндрической части — 27 см, верхнего оголовка — 35 см.

В этой печи можно с успехом сжигать подмосковный уголь, дрова, кокс, каменный уголь, антрацит, брикеты.

Одна порция подмосковного угля весом 8—10 кг сгорает в течение 10—12 часов, при средней температуре отходящих газов $T_{ух} = 300—350^\circ$ и к.п.д. $\eta = 0,60—0,65$.

Особенно хороши печи этого типа при топке коксом, так как почти не требуют ухода и наблюдения.

Теплоотдача печи при топке каменным углем $Q_{час} = 2000—3000$ ккал/час. При топке дровами $T_{ух}$ поднимается до 600° и выше и к.п.д. печи падает до 0,30—0,40.

В табл. 34 приведены величины теплоотдачи для нетеплоемких печей рассмотренных выше типов (без учета теплоотдачи трубами), которые мы рекомендуем для ориентировочных расчетов.

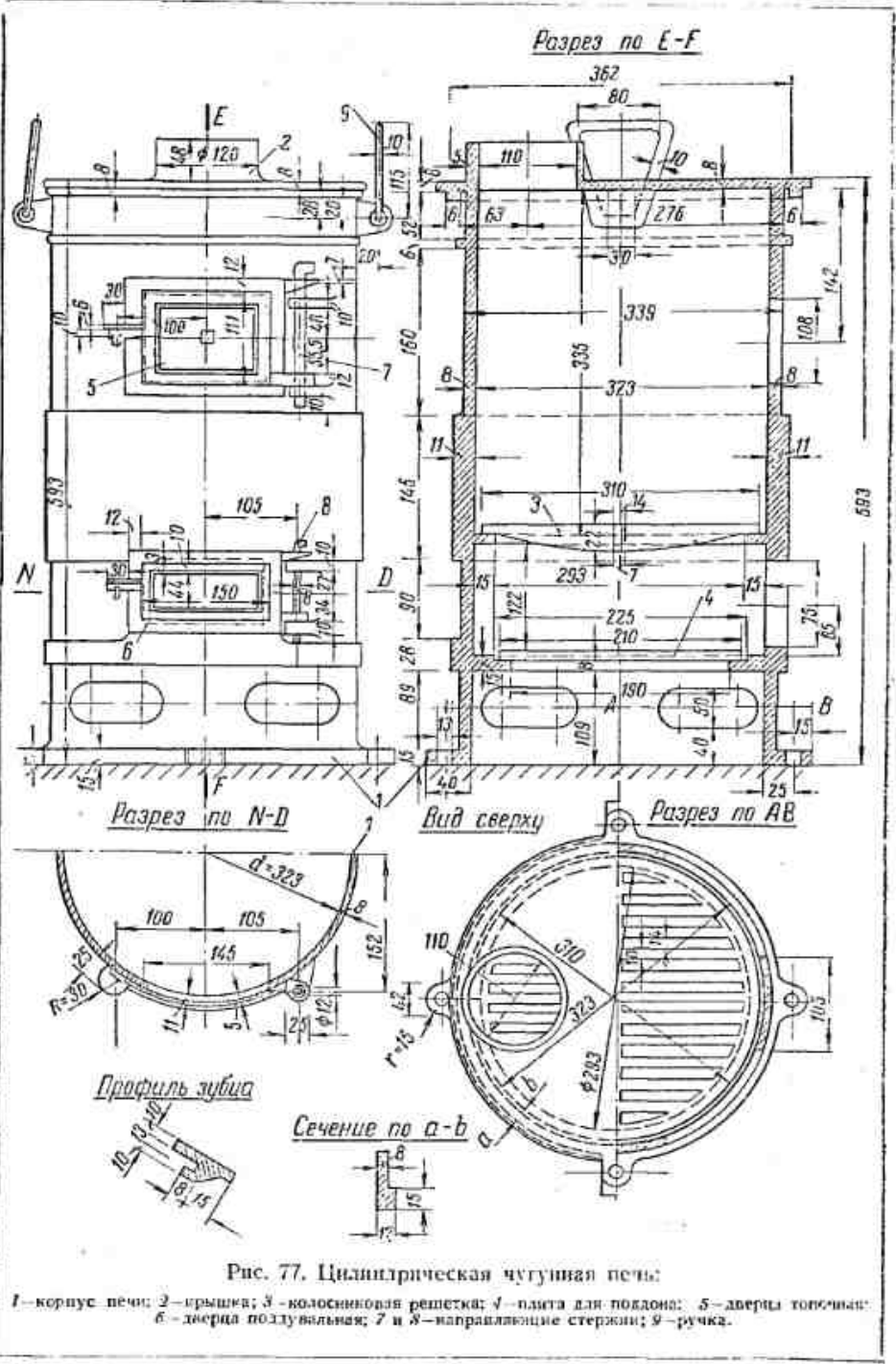


Рис. 77. Цилиндрическая чугунная печь:
1 — корпус печи; 2 — крышка; 3 — колосниковая решетка; 4 — плита для колосника; 5 — дверца топливная; 6 — дверца поддувальная; 7 и 8 — направляющие стержни; 9 — ручка.

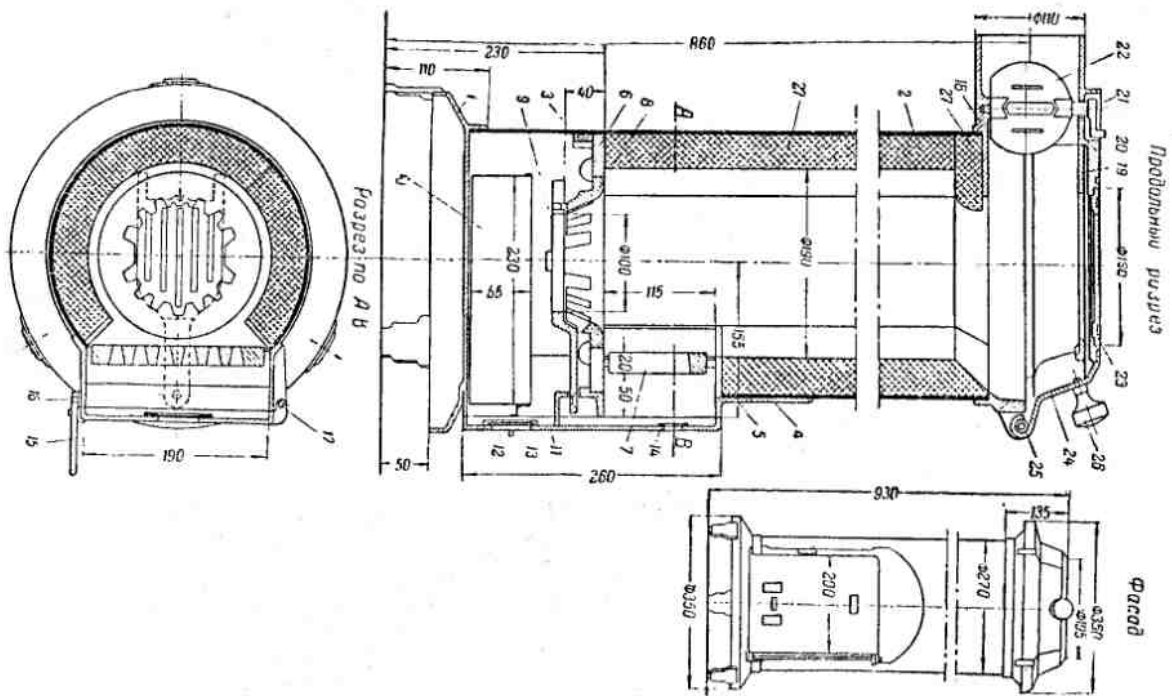


Рис. 78. Цилиндрическая печь с футеровкой шамотными вкладышами:
 1—основание; 2—корпус; 3—калошк; 4—дверь; 5—рама; 6—под; 7—верхняя решетка;
 8—решетка поворотная; 9—решетка выдвинутая; 10—зольник; 11—дверца; 12—зольник;
 13 и 14 рамы; 15—ручка; 16—шпатель; 17—ось; 18—верхняя оправа; 19—защитный колпачок;
 20—крышка; 21—ось с рычажком; 22—застопор; 23—вкладыш круглый; 24—защитный колпачок;
 25—ось; 26—ручка; 27—футеровка.

Таблица 34

Ориентировочные величины теплоотдач неагломерных печей (без учета труб)

| Тип печи | № модели | Размеры в мм | | | Расход дров кг/час | к. п. д. η | Q ккал/час | Поверхность нагрева в м ² | Примечание |
|--|----------|--------------|-----|-----------------|--------------------|-----------------|--------------|--------------------------------------|----------------------------|
| | | D | H | d _{гр} | | | | | |
| Цилиндрическая печь из кровельной стали (рис. 75) | I | 415 | 700 | 135 | 4,8 | 0,50 | 8000 | 1 | Без футеровки. |
| | II | 445 | 700 | 135 | 3,0 | 0,45 | 4500 | 1 | С футеровкой в 1/4 кирпича |
| | III | 330 | 700 | 110 | 3,6 | 0,50 | 6000 | 0,7 | Без футеровки |
| Печь „Циклон“ (рис. 76) | I | 330 | 420 | 110 | 3,0 | 0,45 | 4500 | 0,4 | „ „ |
| | II | 405 | 700 | 135 | 3,5 | 0,70 | 8000 | 2,3 | „ „ |
| Цилиндрическая чугунная печь (рис. 77) | I | 450 | 700 | 135 | 3,1 | 0,69 | 7000 | 2,3 | С футеровкой 4 см |
| | II | 270/310 | 700 | 85 | 2,5 | 0,75 | 6000 | 1,48 | Без футеровки |
| Цилиндрическая печь (рис. 77) | — | 362 | 593 | 110 | 2,7 | 0,14 | 4000 | 0,45 | „ „ |
| Печь цилиндрическая с шамотными вкладышами (рис. 78) | — | 350/210 | 930 | — | — | — | 2000—3000 | — | С футеровкой |

Во избежание излишнего перекала стенок печи значения этих теплоотдач приняты при расходе топлива в среднем между B_1 и B_2 , т. е. лишь немного выше того минимума, при котором обеспечивается устойчивый процесс горения.

Теплоотдачу стальными трубами можно принять в среднем в размере 1000 ккал/час с 1 м² поверхности.

Теплоотдача с 1 пог. м для труб разных диаметров приведена в табл. 35

Таблица 35

| | | | | | | | |
|-----------------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| d трубы, мм | 80 | 90 | 100 | 110 | 120 | 130 | 140 |
| Q , ккал/час 1 пог. м | 250 | 280 | 310 | 340 | 380 | 410 | 440 |

Пример подбора нетеплоемкой печи

Дано помещение в рабочем бараке с теплопотерями $W = 7000$ ккал/час.

В качестве временной установки требуется подобрать нетеплоемкую печь.

В а р и а н т 1. Устанавливается цилиндрическая печь из кровельной стали при непрерывной топке.

Наиболее подходит печь модели III, у которой $D = 330$, $H = 420$ мм, длина труб $L = 4$ м. При этих условиях, как это видно из таблицы 28, печь может дать 5800 ккал/час, при $T_{yx} = 240^\circ$, $\eta = 0,6$ и расходе дров около 3,0 кг/час. При расходе дров 4,5 кг/час она может дать 10 100 ккал/час при $T_{yx} = 280^\circ$ и $\eta = 0,70$.

Для получения 7000 ккал/час в этой печи нужно сжечь дров около 3,6 кг/час. При этом получим $T_{yx} = 250^\circ$ и $\eta = 0,62$.

Можно также взять печь модели I с футеровкой в 1/4 кирпича (таблица 26); $D = 445$, $H = 700$; $d = 135$ мм. При длине труб $L = 0$ и $Q = 6900$ ккал/час получили бы $\eta = 0,53$; $T_{yx} = 440$, $B \approx 4,0$ кг/час.

Если взять трубу $L = 2,0$ м, то при

$$Q = 3700 \text{ имеем } \eta = 0,47, \quad B = 2,5 \text{ кг/час.}$$

$$Q = 8500 \quad \eta = 0,65, \quad B = 4,0 \quad \text{'' ''}$$

Приблизительно интерполируя для $Q = 7000$, получим $\eta \approx 0,60$, $B = 3,6$ кг и $T_{yx} = 280^\circ$.

В а р и а н т 2-й. Топка печи производится 2 раза в сутки по 9 часов, т. е. $m = 9$ час и $n = 3$ часа. Сперва определяем, сколько тепла должна выделять печь в 1 час во время топки.

Всего за тепловой цикл теплопотери помещения составят:

$$W'(m+n) = 7000(9+3) = 84000 \text{ ккал.}$$

При топке печи в течение m часов теплоотдача печи должна составить:

$$Q = \frac{W'(m+n)}{m} = \frac{84000}{9} = 9300,0 \text{ ккал/час.}$$

Обращаясь к таблице 28 видим, что печь модели III с трубой длиной $L = 4,0$ м. при $Q = 9300$ ккал/час будет иметь $\eta \approx 0,65$. Расход дров $B = 4,2$ кг/час и $T_{yx} = 270^\circ$.

Если при непрерывной топке данная печь за 1/2 суток требовала топлива $3,6 \times 12 = 43$ кг, то при топке с перерывами расход топлива уменьшается до

$$4,2 \cdot m = 4,2 \cdot 9 = 37,8 \text{ кг.}$$

Это происходит за счет повышения к. п. д. η (в данном случае за счет уменьшения избытка воздуха при горении топлива).

Проверим теплоустойчивость помещения¹.

Для этого находим

$$\frac{m}{m+n} = \frac{9}{9+3} = 0,75$$

и по табл. 10 $M_{np} = 0,80$.

По расчету (который здесь не приводится) $\Sigma BF_n = 1600$.

Тогда по формуле (108):

$$A_1 = \frac{0,70 \cdot M_{np} W}{\Sigma BF_n} = \frac{0,7 \cdot 0,80 \cdot 7000}{1600} = 2,4^\circ.$$

Печи непрерывного и затяжного горения

Печам с кратковременной периодической топкой органически присущи следующие недостатки:

- а) неравномерность теплоотдачи по времени и
- б) необходимость иметь массив значительного объема и веса для аккумуляции тепла в процессе топки.

Эти недостатки устраняются, если сжигание топлива в печи происходит непрерывно в течение суток, при чем интенсивность горения регулируется в соответствии с потребностями помещения в тепле.

В этом случае надобность в аккумуляции тепла телом печи отпадает и толщина внутренних стенок и перегородок определяется только из условий обеспечения их прочности и герметичности, а наружных стенок еще из условий соблюдения норм прогрева.

Благодаря этому печи непрерывного горения могут иметь значительно меньшие размеры и вес по сравнению с печами с кратковременной периодической топкой.

От «непрерывного» горения будем отличать «затяжное», подразумеваем под последним такой процесс, при котором горение загрузки порции топлива происходит 6—8 часов и более и ко времени загрузки следующей очередной порции значительно затухает или вовсе прекращается. При этом горение происходит не равномерно по времени, а по восходящей и нисходящей кривой.

Печь затяжного горения, являясь в принципе печью периодического действия, может иметь, однако, весьма легкую конструк-

¹ Для установок временного характера расчеты по теплоустойчивости приводить не обязательно.

цию, приближающуюся к конструкции печи непрерывного горения. Затыгивание процесса горения топлива практически осуществляется уменьшением количества воздуха, подаваемого в топливник.

Лучше всего оно удается при применении топлива с малым выходом летучих: кокса, антрацита, тощих углей.

При сжигании длиннопламенных топлив уменьшение притока воздуха в топливник вызывает сухую перегонку топлива и большую химическую неполноту горения.

Характерным признаком такого горения служит обильная конденсация смол в газоходах печи и в дымовой трубе.

Вследствие возникновения указанных явлений, вполне удовлетворительных конструкций печей с непрерывным (затяжным) горением, работающих на дровах, торфе, длиннопламенных углях, пока не имеется.

Затяжное сжигание тощих углей достаточно хорошо удается в сравнительно простых по устройству печах (см. например, печи на рис. 77—78).

Для осуществления непрерывного горения, как правило, требуются загрузочная шахта и топливник «нижнего» горения.

В этих топливниках толщина слоя топлива на решетке сохраняется постоянной, что облегчает регулирование интенсивности горения. Кроме того, при этом типе топливника можно загружать в печь большой запас топлива, рассчитанный на 20—25 часов и больше.

Печь конструкции АКХ

В качестве образца печи непрерывного горения приводим изразцовую печь, разработанную Академией коммунального хозяйства (автор инж. А. Л. Веников), изображенную на рис. 79.

Печь имеет в плане размеры 590×490 мм; высота печи 1050 мм; поверхность нагрева — 2,4 м²; вес — 350 кг.

Для вмещения запаса топлива, необходимого для поддержания горения в течение суток и более, в печи имеется загрузочная камера размером 140×140 мм и высотой 560 мм. Подом загрузочной камеры служит подвижная колосниковая решетка. В передней (фронтальной) стенке печи имеются три отверстия, закрываемые герметическими дверцами: верхнее отверстие для загрузки топлива, среднее — для шурования топлива и очистки колосниковой решетки и нижнее — поддувальное, с приспособлением для регулирования подачи воздуха в топливник. Горение происходит вдоль наклонной поверхности откоса топлива, загруженного в топливник. Регулирование количества воздуха должно производиться весьма точно, так, чтобы была обеспечена необходимая (весьма малая) интенсивность горения (от 0,26 до 1 кг/час). Регулирование производится д. л. жком, перекрывающим небольшое отверстие в поддувальной дверце. Присос воздуха через неплотности в дверках и швах может нарушить регулировку, заметно изменить ход процесса сжигания и к. п. д., почему корпус печи и дверцы не должны иметь щелей. Простым способом проверки этого является

закрывание дымовой трубы при топке печи; при этом абсолютно не должно происходить выбивание дыма из печи в помещение. Лучшим типом топочной дверцы для данной печи следует признать герметические дверцы ЗИМ, оборудованные хорошо пролабренными плоскостями соприкосновения и нажимным винтом. Наиболее подходящим сечением дымовой трубы является сечение круглой трубы (асбоцементной или металлической) диаметром

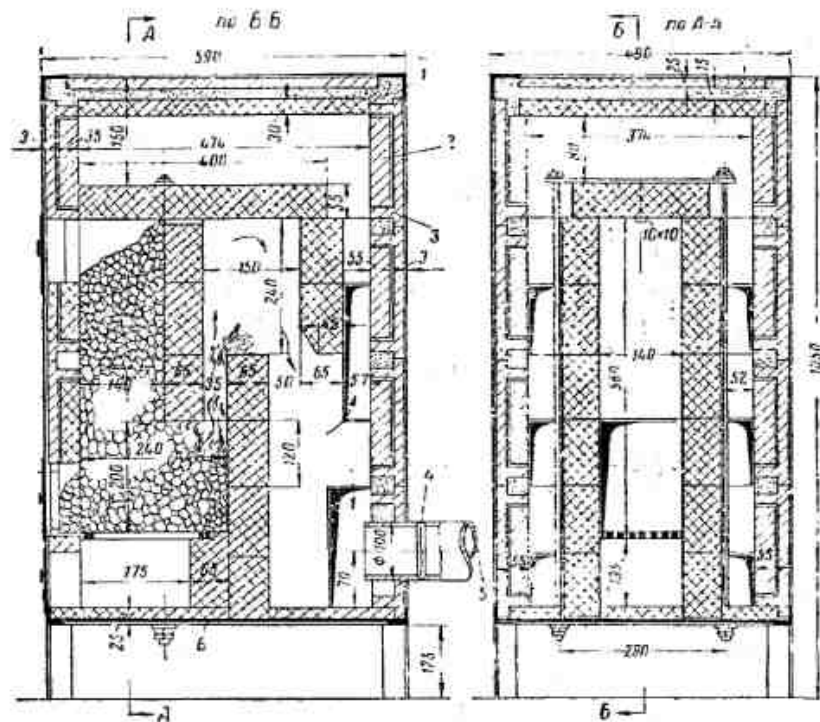


Рис. 79. Печь непрерывного горения в разработке инж. А. Л. Веникова: 1 — огнеупорная глина; 2 — лещадка; 3 — кафель; 4 — задвижка; 5 — присоединение к дымовой трубе; 6 — стальной лист.

70—100 мм. При наличии такой трубы возможна регулировка теплоотдачи печи в весьма широких пределах путем поддержания на поверхности печи температуры от 50 до 100°.

По системе дымооборотов печь — колпаковая. Для устранения перегрева боковых стенок и верха печи в ней имеется внутренний колпак, предохраняющий от перегрева верх и боковые стенки.

В настоящее время печь принята к массовому изготовлению заводами Главстройкерамики Министерства промышленности строительных материалов СССР. $Q_{час} = 2400$ ккал/час.

Вторая из печей этого типа, разработанная инж. Ф. М. Зоненбергом (ЦНИЛАС) и предназначенная для отопления жилых помещений, представлена на рис. 80. Размер печи 64×64×140 см; вес 600 кг; теплоотдача $Q_{час} = 2500$ ккал/час.

Она выполнена из кирпича в стальном каркасе и имеет загрузочную шахту, в нижней части которой устроен топливник корзиночного типа. Печь имеет дверцы: загрузочную, топочную и зольниковую.

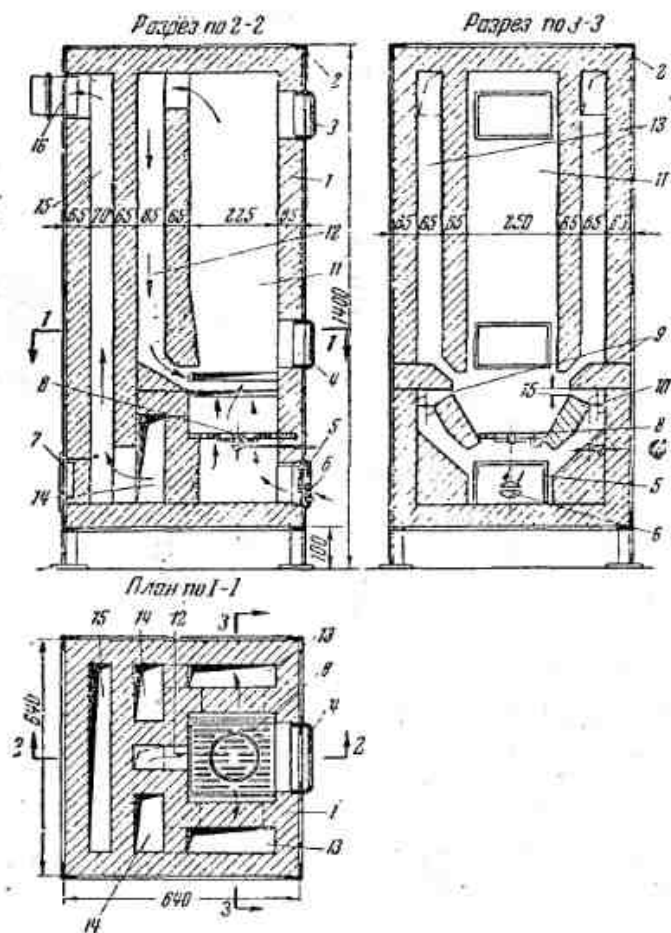


Рис. 80. Печь непрерывного горения в разработке ших. Ф. М. Зоненберга;

1—кирпичная кладка; 2—каркас; 3—загрузочная дверца; 4—топочная дверца; 5—зольниковая дверца; 6—регулирующая задвижка для воздуха; 7—чистка; 8—прищипываемые колосниковая решетка; 9—щель для подачи воздуха; 10—регулирующий клапан; 11—загрузочная шахта; 12—канал для возврата летучих из шахты в топку; 13—первый подъемный газоход; 14—опускной газоход; 15—второй подъемный газоход; 16—патрубок с шибером для отвода газов

Продукты сгорания поступают через узкие боковые щели в подъемные газоходы 13, откуда переваливают в опускные газоходы 14 и далее по подъемному газоходу уходят в дымовой патрубок.

Канал 12, расположенный между опускными газоходами, предназначен для отвода в топливник летучих, выделение которых может иметь место в загрузочной шахте.

Воздух к топливу поступает через регулируемые щели 6 зольниковой дверцы. Кроме подачи воздуха под колосники, предусмотрен подвод его также в верхнюю зону горения через щели 9 с клапанами 10.

Проведенные опыты показали, что в данной печи, при применении кокса, антрацита и тощих углей, можно осуществить хорошо регулируемый процесс непрерывного горения. При топке дровами удовлетворительного результата ни по непрерывному, ни по затыжному процессу получить не удалось, что указывает на необходимость дальнейших изысканий в этом направлении.

В числе недостатков печи были отмечены следующие:

- 1) кладка топливника из кирпича — сложна;
- 2) часть нижней поверхности печи (около 10% от всей поверхности) остается не прогретой;
- 3) передняя стенка тонка и перегревается свыше нормы;
- 4) задняя стенка излишне толста и
- 5) наблюдается застревание топлива в загрузочной шахте.

Одним из основных недостатков конструкции является излишне большая толщина внутренних стенок топливника и газоходов, а отсюда и большой вес печи, который всего на 25% меньше веса печи повышенного прогрета с кратковременной периодической топкой, при той же теплоотдаче.

Для уменьшения толщины указанных стенок следует выполнять их из тонких шамотных плит или из металла — вместо кирпича.

ГЛАВА ДЕВЯТАЯ

РАСЧЕТ ПЕЧНОГО ОТОПЛЕНИЯ

Принципиальные особенности нового метода расчета

По старым нормам (ГОСТ 2127-43 и др.) выбор отопительной печи производился только по ее теплоотдаче.

Исчислялись теплопотери помещения, после чего подбирали печь таких размеров, чтобы теплоотдача её покрывала теплопотери.

Проверка теплоустойчивости помещения не производилась, вследствие чего для обеспечения необходимой теплоустойчивости обычно ставили массивные тяжелые печи.

Расчет печного отопления по новому ГОСТ [12] отличается следующими особенностями:

1. Помимо выбора печи по теплоотдаче производится проверка теплоустойчивости помещения.

2. Вместо деления печей на печи большой, средней и малой теплоемкости вводится деление их на теплоемкие и нетеплоемкие.

3. Общие правила, ограничивающие применение тонкостенных печей (по старой классификации — печи средней и малой теплоемкости) для отопления жилых помещений, отпадают. В любой местности Советского Союза, включая и наиболее холодные районы Сибири или Крайнего Севера, допускается установка печей легких конструкций, если только при определении амплитуды колебания температуры помещения A , последняя не выходит за пределы норм.

4. Печи тонкостенные проектируются с расчетом прогрева стенок в некоторых отдельных точках до 120° , вместо допускавшихся ранее по старым нормам 80° , вследствие чего вес печей снижается против печей «умеренного прогрева» в 2 раза и больше.

5. Весь расчет печного отопления: исчисление теплопотерь, выбор печи по теплоотдаче, проверка теплоустойчивости производятся при двух топках в сутки и при той расчетной наружной температуре t_n , которая принимается и для расчета центрального отопления.

По прежним нормам (ГОСТ 2127-43 и др.) выбор печи производился всегда при одной топке в сутки. Однако теплопотери при этом брались в размере $\frac{2}{3}$ от расчетных или в качестве расчетной

наружной температуры принималась средняя температура самого холодного месяца.

При всех этих способах выбора печи количество дней в году, в которые требуется топить печи два раза в сутки, получается приблизительно одинаковым (см. об этом нашу книгу [3]).

Расчет теплопотерь

При составлении проекта печного отопления следует производить точный расчет теплопотерь каждого помещения по правилам, изложенным в ОСТ [15] по уравнению:

$$W = \Sigma kF(t_n - t_w) \frac{\text{ккал}}{\text{час}}. \quad (141)$$

Для жилых домов температуры помещений t_n приведены в табл. 36.

Таблица 36

| Наименование помещений | t_n |
|--|-------|
| Кабинеты, столовые, спальни | 18 |
| Коридоры, умывальные, передние | 18 |
| Уборные | 16 |
| Кухни | 15 |
| Умывальные вместе с уборными | 18 |

В качестве расчетных температур наружного воздуха t_n берутся те же температуры, что и при расчете центральных систем отопления, которые приведены в приложении 6 к ОСТ [15].

Для предварительных расчетов часто пользуются различными приближенными методами определения теплопотерь. Для помещений в условиях средней климатической полосы СССР теплопотери могут быть взяты приближенно по табл. 37.

Таблица составлена для помещений, имеющих одну или две наружных стены (один холодный угол). Помещения с большим количеством наружных углов разбиваются на части, имеющие по одному наружному углу, и теплопотери определяются для каждой части отдельно, а затем суммируются.

При составлении табл. 37 приняты следующие исходные данные:

1. Высота помещения H — 2,8 м.

2. Освещенность — 1 : 8—1 : 10.

3. Надбавка на ориентировку по странам света для наружных стен и окон — 8%.

4. $t_n - t_w = 18 - (-30) = 48^\circ$.

Пользуясь табл. 37, можно определять также теплопотери помещения, расположенного в одном из средних этажей многоэтажного дома W_g , когда наружными ограждениями являются только вертикальные поверхности.

Таблица 37

| Длина второй наружной стены, м | | | | | | | | | | |
|--------------------------------|-----|----|----|-----|----|-----|----|---|-----|---|
| 4 | 4,5 | 5 | 3 | 3,5 | 4 | 4,5 | 5 | 3 | 3,5 | 4 |
| 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | | | |

чердачное перекрытие $k=0,60$

| | | | | | | | | | | |
|------|------|------|------|------|------|------|------|--|--|--|
| 535 | 550 | 565 | 570 | 615 | 650 | 690 | 720 | | | |
| 1180 | 1280 | 1370 | 995 | 1100 | 1210 | 1310 | 1430 | | | |
| 645 | 665 | 675 | 690 | 735 | 780 | 830 | 875 | | | |
| 1290 | 1350 | 1490 | 1100 | 1220 | 1330 | 1450 | 1570 | | | |
| 750 | 770 | 795 | 810 | 860 | 910 | 965 | 1020 | | | |
| 1390 | 1510 | 1610 | 1340 | 1340 | 1470 | 1600 | 1720 | | | |
| 855 | 880 | 900 | 918 | 980 | 1040 | 1100 | 1160 | | | |
| 1510 | 1620 | 1730 | 1680 | 1840 | 1990 | 2150 | 2300 | | | |
| 965 | 990 | 1020 | 1040 | 1110 | 1170 | 1240 | 1310 | | | |
| 1720 | 1830 | 1950 | 1830 | 2000 | 2150 | 2300 | 2450 | | | |
| 1070 | 1100 | 1120 | 1150 | 1220 | 1300 | 1380 | 1460 | | | |
| 1175 | 1210 | 1240 | 1270 | 1350 | 1430 | 1520 | 1600 | | | |
| 1830 | 1940 | 2060 | 1680 | 1840 | 1990 | 2150 | 2300 | | | |

 $k=0,70$; чердачное перекрытие $k=0,50$

| | | | | | | | | | | |
|------|------|------|------|------|------|------|------|--|--|--|
| 470 | 485 | 503 | 480 | 510 | 545 | 580 | 615 | | | |
| 1000 | 1080 | 1170 | 805 | 850 | 985 | 1070 | 1160 | | | |
| 560 | 585 | 600 | 575 | 615 | 655 | 695 | 740 | | | |
| 1050 | 1180 | 1270 | 910 | 995 | 1090 | 1190 | 1290 | | | |
| 660 | 680 | 700 | 670 | 720 | 765 | 815 | 860 | | | |
| 1190 | 1280 | 1370 | 1100 | 1200 | 1300 | 1400 | 1490 | | | |
| 750 | 776 | 800 | 765 | 820 | 875 | 930 | 985 | | | |
| 1280 | 1370 | 1470 | 1100 | 1200 | 1310 | 1420 | 1530 | | | |
| 845 | 870 | 905 | 860 | 923 | 985 | 1050 | 1110 | | | |
| 1470 | 1570 | 1665 | 1380 | 1510 | 1640 | 1770 | 1900 | | | |
| 941 | 975 | 1000 | 955 | 1030 | 1100 | 1170 | 1230 | | | |
| 1665 | 1770 | 1865 | 1510 | 1640 | 1770 | 1900 | 2030 | | | |
| 1030 | 1070 | 1110 | 1020 | 1130 | 1200 | 1280 | 1360 | | | |
| 1560 | 1660 | 1770 | 1380 | 1510 | 1640 | 1770 | 1900 | | | |
| 4 | 4,5 | 5 | 3 | 3,5 | 4 | 4,5 | 5 | | | |

этаж W^b Верхний этаж W^c

Двухэтажный дом

не угловых, нижняя — для угловых помещений.

| Длина наружной стены в м | Глубина помещений и лн | | | | | | | |
|--------------------------|------------------------|-----|---|-----|---|---|---|---|
| | 3 | 3,5 | 4 | 4,5 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | |

I. Наружная стена в $2\frac{1}{2}$ кирпича $k=0,80$;

| | | | | | | | | |
|------|------|------|------|------|------|------|------|--|
| 675 | 722 | 765 | 808 | 818 | 818 | 500 | 520 | |
| 1160 | 1290 | 1410 | 1540 | 1660 | 1660 | 990 | 1090 | |
| 806 | 848 | 918 | 975 | 1020 | 1020 | 595 | 620 | |
| 1330 | 1430 | 1560 | 1709 | 1860 | 1860 | 1030 | 1190 | |
| 950 | 1010 | 1070 | 1130 | 1190 | 1190 | 700 | 725 | |
| 1580 | 1580 | 1720 | 1870 | 2010 | 2010 | 1290 | 1290 | |
| 1070 | 1150 | 1220 | 1290 | 1360 | 1360 | 795 | 825 | |
| 1870 | 1870 | 2030 | 2030 | 2150 | 2150 | 1590 | 1710 | |
| 1210 | 1290 | 1380 | 1450 | 1530 | 1530 | 900 | 930 | |
| 2150 | 2150 | 2360 | 2360 | 2528 | 2528 | 1700 | 1830 | |
| 1340 | 1430 | 1530 | 1620 | 1700 | 1700 | 990 | 1030 | |
| 1480 | 1580 | 1680 | 1780 | 1880 | 1880 | 1090 | 1130 | |
| 1970 | 2160 | 2340 | 2520 | 2700 | 2700 | 1590 | 1710 | |

II. Наружная стена деревянная брусковоза $\delta=0,18$ м.

| | | | | | | | | |
|------|------|------|------|------|------|------|------|--|
| 580 | 610 | 660 | 695 | 725 | 725 | 435 | 445 | |
| 980 | 1030 | 1190 | 1300 | 1400 | 1400 | 835 | 920 | |
| 690 | 740 | 795 | 845 | 890 | 890 | 516 | 510 | |
| 1090 | 1200 | 1320 | 1440 | 1550 | 1550 | 730 | 1000 | |
| 815 | 870 | 925 | 985 | 1040 | 1040 | 605 | 630 | |
| 1330 | 1330 | 1450 | 2580 | 1710 | 1710 | 1100 | 1100 | |
| 920 | 930 | 1060 | 1120 | 1190 | 1190 | 688 | 720 | |
| 1590 | 1590 | 1720 | 1850 | 1850 | 1850 | 1090 | 1190 | |
| 1040 | 1110 | 1190 | 1270 | 1340 | 1340 | 782 | 812 | |
| 1855 | 1855 | 2000 | 2000 | 2150 | 2150 | 1350 | 1460 | |
| 1130 | 1235 | 1320 | 1410 | 1480 | 1480 | 860 | 900 | |
| 2150 | 2150 | 2300 | 2300 | 2460 | 2460 | 1590 | 1660 | |
| 1265 | 1360 | 1450 | 1540 | 1590 | 1590 | 953 | 982 | |
| 1665 | 1830 | 1980 | 2140 | 2300 | 2300 | 1350 | 1460 | |
| 3 | 3,5 | 4 | 4,5 | 5 | 5 | 3 | 3,5 | |

Одноэтажный дом W^a

Нижний

Примечание. Верхняя шифра в клетке — для

Для этого следует воспользоваться формулой

$$W_g = W_b + W_c - W_a, \quad (142)$$

где: W_b — теплопотеря помещения в нижнем этаже двухэтажного дома

W_c — теплопотеря помещения в верхнем этаже двухэтажного дома

W_a — теплопотеря помещения в одноэтажном доме.

Размеры помещений в плане берутся по правилам обмера стен и перекрытий, изложенным в ОСТ [15], а именно:

а) длина наружных стен угловых помещений измеряется между осями внутренних стен;

б) длина наружных стен угловых помещений — от линии пересечения наружных поверхностей стен до оси внутренних стен;

в) глубина помещений — от внутренней поверхности наружной стены до оси внутренней стены.

Выбор печи

Согласно ГОСТ [12] к установке допускаются печи, прошедшие испытания и имеющие технический паспорт.

Из этого следует, что каждая новая конструкция печи (или какая-либо из старых, но для которой данных испытаний не имеется) не может быть допущена к применению, прежде чем она не будет испытана в лабораторных условиях. Испытания проводятся по методике, изложенной в ГОСТ [16].

Если при испытаниях печь дала удовлетворительные результаты, то ей дается технический паспорт, в котором прежде всего указываются следующие данные, необходимые для правильного применения (выбора) ее:

- 1) расчетный предельный нагрев наружных поверхностей печи;
- 2) теплоотдача печи при двух топках в сутки общая и по каждой стенке в отдельности;
- 3) коэффициент неравномерности теплоотдачи печи при двух топках в сутки;
- 4) вид топлива, на который рассчитана печь;
- 5) вес печи.

Конструктивные данные, касающиеся габаритов печи, отвода дыма, расположения задвижек, чисток и проч., которые также являются необходимыми для расстановки печи в плане помещения, берутся непосредственно из рабочего чертежа печи или же из эскизного изображения ее. «Каталог» печей, содержащий также эскизные изображения и удобный для практического использования при проектировании печного отопления, приведен на рис. 112—114.

а) Выбор печи по температуре прогрева стенок

Наиболее высокие санитарно-гигиенические требования предъявляются к печам, устанавливаемым в детских и лечебных учреждениях.

По ГОСТ [12] в этих случаях допускаются к установке печи с температурой в отдельных точках поверхности печи не свыше 90° .

Таким образом в указанных помещениях исключается возможность применения печей повышенного прогрева, и должны применяться только печи с умеренным прогревом стенок.

В помещениях жилых и школьных допускаются к применению печи с повышенным прогревом стенок, а именно печи с максимальной температурой на их наружной вертикальной поверхности (не считая топочных дверей, плит, камер и духовых шкафов) в течение не более 1,5 часа в каждую топку: а) 100 — 110° — на площади не более 15% от общей поверхности печи и б) от 110 до 120° — на площади не более 5% от общей поверхности печи.

Средняя температура по всей поверхности печи в момент максимального прогрева не должна превосходить 90° .

Наконец, в помещениях с временным пребыванием людей, как то: служебных, конторских, складских и т. д., — допускаются к установке печи с температурой на наружной, теплоотдающей поверхности свыше 120° , при условии применения для этих печей наружного экранирующего ограждения в виде кожуха, предохраняющего от ожогов и сильного действия лучистого тепла.

б) Выбор печи по теплоотдаче

Теплоотдача печи $Q_{\text{час}}$ в ккал/час при двух топках в сутки должна быть равна теплопотере помещения W с допускаемым отклонением $\pm 15\%$ от W .

При обслуживании одной печью нескольких смежных помещений печь должна устанавливаться так, чтобы теплоотдача выходящей в каждое помещение части нагревательной поверхности ее возмещала теплопотерю этого помещения.

Если теплоотдача выбранной печи превосходит теплопотери помещения более чем на 15%, то необходимо взять печь меньших размеров. Однако в некоторых случаях допускается применение печей и с более мощной теплоотдачей, если установка печи больших размеров окажется необходимой по условиям теплоустойчивости помещения.

Проверка теплоустойчивости помещения

Теплоустойчивость помещения характеризуется величиной амплитуды колебаний температуры воздуха этого помещения A_t за промежутки времени от одной топки печи до другой.

При проектировании печного отопления помещений жилых, лечебных, а также детских учреждений, после выбора печи по теплоотдаче, необходимо производить проверку теплоустойчивости помещений.

Определение амплитуды колебаний температуры воздуха производится по формуле:

$$A_t = \frac{0,7 \cdot M \cdot W}{\sum \frac{1}{\alpha_n} + \frac{1}{\alpha_k}} F_0, \quad (143)$$

где M — коэффициент неравномерности теплоотдачи печи при двух топках в сутки, принимаемый по техническому паспорту печи. В случае, если в техническом паспорте данных о величине M не имеется, то с некоторым приближением значение ее может быть взято из табл. 23.

W — расчетная теплотеря помещения ккал/час ;

α_n — коэффициент теплоперехода от воздуха помещения на поверхность ограждения, принимаемый для стен и потолков — 7,5 и для полов — 5,0 в $\text{ккал/час м}^2 \text{град}$;

Y_n — коэффициент теплоусвоения внутренней поверхности ограждения при двух топках в сутки в $\text{ккал/м}^2 \text{час град}$. Метод определения величины коэффициента Y_n изложен выше;

F_0 — площади внешних и внутренних ограждений помещения в м^2 , определяемые по внутренним обмерам.

Е величина A_p , найденная по формуле (143), не должна быть более 2,5°. Если же A_p выходит за пределы нормы, то из этого следует, что выбранная печь не обеспечивает теплоустойчивость помещения и должна быть заменена другой, которая имела бы коэффициент неравномерности теплоотдачи M более низкий.

В некоторых случаях бывает рационально внести известные изменения в конструкции ограждений самого отапливаемого помещения, которые могли бы повысить коэффициенты тепловосприятия Y_n или уменьшить теплотерю.

В ряде случаев, когда устанавливаются массивные толстостенные печи, теплоустойчивость помещений бывает заведомо обеспеченной и не требует проверки.

Так, при установке печей с коэффициентом неравномерности теплоотдачи M от 0,40 до 0,20, проверку теплоустойчивости требуется производить только для угловых помещений. Если же коэффициент M ниже 0,20, то практически теплоустойчивость всегда оказывается обеспеченной и вовсе не требует проверки.

Для облегчения производства расчетов по формуле (143) в приложении I даны готовые значения коэффициентов теплопоглощения $B = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_n} + Y_n}$ для некоторых строительных ограждений.

Приближенные значения величин ΣBF_0 для помещений в кирпичных, шлакобетонных и деревянных домах приведены в приложении II.

Эти данные достаточно точны для практических расчетов.

В приложении III приведены графики для быстрого ориентировочного определения коэффициента тепловой инерции помещений ϕ и A_p в кирпичных, шлакобетонных и деревянных домах в зависимости от теплотеря помещения и коэффициента неравномерности теплоотдачи печи.

Теплоотдача отопительных печей

Тепловая мощность отопительной печи определяется ее теплоотдачей за единицу времени и обозначается через $Q_{\text{теп}}$.

Для печей периодического действия величина теплоотдачи зависит от числа топок в сутки.

В настоящее время по ГОСТ 2127-47 за расчетную теплоотдачу печи принимается теплоотдача ее при двух топках в сутки.

Точная величина теплоотдачи печи может быть определена только путем лабораторного испытания ее по методу, изложенному в ГОСТ [16]. Результатами этих испытаний, которые включаются в технический паспорт печи, и надлежит пользоваться при выборе печи.

Если данных по испытанию печи не имеется, то приблизительно теплоотдача открытых боковых поверхностей печи, отнесенная к 1 м^2 поверхности нагрева ($\text{ккал/м}^2 \text{час}$), может быть принята по табл. 38.

Таблица 38

| Типы печей | q ккал/м ² час |
|---|-----------------------------|
| I. Печи умеренного прогрева | |
| 1. Толстостенные оштукатуренные или в металлическом футляре | 400—550 |
| 2. Толстостенные изразцовые | 500—600 |
| II. Печи повышенного прогрева | |
| 3. Тонкостенные весом 1000 кг и более | 500—600 |
| 4. Тонкостенные весом до 1000 кг | 450—550 |

Теплоотдающей поверхностью печи считается:

а) находящаяся в пределах активной высоты поверхность стенок печи, омываемая с одной стороны воздухом, а с другой прогреваемая газами или соприкасающаяся с топливом;

б) перекрыша при полной высоте печи не свыше 2,1 м;

в) поверхность стенок воздушно-нагревательных камер (если они имеются).

При этом в качестве расчетной (активной) высоты печи принимается:

а) при толщине перекрыши не более 14 см — расстояние по вертикали от колосниковой решетки или от дна дымооборотов до верхней плоскости перекрыши;

б) при толщине перекрыши более 14 см — расстояние по вертикали от колосниковой решетки или от дна дымооборотов до нижней плоскости перекрыши.

При установке печей на ножках дно печи также является теплоотдающей поверхностью, если оно с одной стороны омывается протекающим воздухом, а с другой горячими газами.

Теплоотдачи поверхностей печи, обращенных в отступки, в воздушные камеры, а также поверхностей перекрыши печи принимаются по табл. 38 с введением поправочного коэффициента по табл. 39.

Таблица 39

| Наименование поверхностей печи | Размеры отступок, камер и перекрыши | Поправочный коэффициент |
|---|---|-------------------------|
| Поверхности, обращенные в отступки и воздушные камеры | Шириной 13 см и более, открытые с обеих сторон | 1,00 |
| | Шириной от 7 до 13 см, открытые с обеих сторон | 0,75 |
| | Закрытые с боков и с дна, с нижней решеткой и открытые сверху | 0,75 |
| | Закрытые, с нижней и верхней решетками | 0,50 |
| | Закрытые с боков, но открытые сверху и внизу | 1,00 |
| Перекрыши при высоте печи 2,1 м и менее | При толщине 14 см и менее | 0,75 |
| | При толщине свыше 14 см до 21 см включительно | 0,50 |

Примечания: 1. Живое сечение решетки должно быть не менее 0,015 м².
2. Отступки шириной менее 7 см не допускаются.

Вертикальные разделки, закрывающие поверхность зеркала печи у самых углов, как это имеет место у левой стенки печи на рис. 81, могут совсем не приниматься во внимание, так как углы печи сами по себе прогреваются слабо.

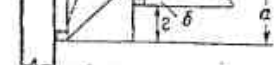


Рис. 81. Различные случаи примыкания разделок к печи

Если разделка занимает некоторое среднее положение (на правой стенке печи, рис. 81), то рекомендуется уменьшать расчетную теплоотдачу данным зеркалом печи на величину $\frac{b}{a} 100\%$ при $\frac{b}{a}$ более 1,6.

Если же $\frac{b}{a} < 1,6$, то влиянием разделки можно пренебречь.

Распределение тепла, выделяемого данной стенкой печи, между комнатами, следует производить пропорционально величинам b и z (рис. 81).

Теплоотдача всей печи определится по формуле

$$Q_{\text{час}} = \alpha_1 F_1 + \alpha_2 F_2 + \alpha_3 F_3 + \alpha_4 F_4 + \alpha_5 F_5, \quad (144)$$

где $F_1 - F_5$ — теплоотдающие поверхности открытых стенок, обращенных в отступки, перекрыши, дна и камер печи в м²,

$\alpha_1 - \alpha_5$ — соответствующие этим поверхностям средние коэффициенты теплоотдачи в ккал/м² час, принимаемые в соответствии с табл. 38 и 39.

Теплоотдача печных устройств, служащих для приготовления пищи

1. Кухонная плита квартирного типа со щитком

Плита топится в разное время дня для приготовления и разогрева пищи. Часовой расход дров составляет около 6 кг, суточный расход может быть принят в среднем — 15 кг.

Общий к. п. д. плиты равен 0,5—0,6, откуда и средне-часовая теплоотдача ее

$$Q_{\text{час}} = 900 - 1000 \text{ ккал час.}$$

Эта теплоотдача распределяется по отдельным поверхностям плиты примерно следующим образом:

передняя стенка и верх плиты — 700—800 ккал/час.

боковые стенки — по 50 ккал/час,

задняя стенка — 100 ккал/час.

Отопительный щиток, нагреваемый отходящими газами от плиты квартирного типа, улавливает до 1/3 количества тепла, содержащегося в этих газах. Отсюда теплоотдача его составляет всего до 200—300 ккал/час. Размеры щитка при этом существенной роли не играют и делать поверхность нагрева его свыше 3—4 м² практически бесполезно.

Иногда, главным образом в постройках, имеющих временный характер, как, например, рабочие бараки, а также складочные и сторожевые помещения, устраиваются кухонные очаги простейшего типа, без духовки и водогрейной коробки.

Эти очаги, в соединении с отопительным щитком, могут рассматриваться как отопительная толстостенная печь в штукатурке, и теплоотдача этого устройства может быть принята по данным табл. 38 равной ~ 500 ккал/м² час.

2. Русская печь обыкновенная

Беличина теплоотдачи обыкновенной русской печи размерами в плане 1,66×1,27 м приведена в табл. 40.

Таблица 40

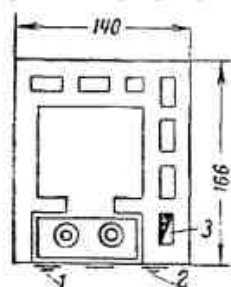
| Теплоотдающие поверхности русской печи | При одной топке в сутки ккал/час | При двух топках в сутки ккал/час |
|---|----------------------------------|----------------------------------|
| Задняя и боковые стенки | 1200 | 1750 |
| Перекрытие | 500 | 700 |
| Передняя стенка | 400 | 550 |
| Итого | 2100 | 3000 |
| Коэффициент неравномерности теплоотдачи | 0,35 | 0,10 |

При других размерах печи теплоотдача ее изменяется примерно пропорционально площади, занимаемой печью.

3. Русская печь со щитком и с подтопком

При наличии у русской печи щитка с подтопком теплоотдача щитка принимается как для отопительной толстостенной печи в штукатурке.

Щиток в последнем случае по системе газопроводов представляет собой самостоятельную печь и может топиться в любое время.



Комбинация русской печи со щитком с подтопком и кухонной плитой в шестке представлена на рис. 82.

Теплоотдача такого устройства может быть ориентировочно принята по табл. 41.

Кухонный очаг в шестке обычно топят только в те дни, когда не топят русскую печь; поэтому теплоотдача очага в данном случае в расчет не принимается.

Ввиду большой тепловой мощности, которая получается у такого печного устройства по чисто конструктивным причинам (размеры его диктуются пищевой камерой), вполне возможно, как правило, обходиться в течение всего отопительного

сезона одной топкой в сутки, или топить два раза в сутки только щиток.

Таблица 41

| Теплоотдающие поверхности русской печи с щитком и подтопком | Теплоотдача ккал/час | |
|---|-------------------------------|-------------------------------|
| | при одной топке в сутки | при двух топках в сутки |
| Передняя стенка | 400 | 500 |
| Правая стенка | 1200 | 1700 |
| Задняя стенка | 1000 | 1400 |
| Левая стенка, включая перекрытие, часть щитка и часть перетруба (со стороны перекрытия печи) | 1400 | 2000 |
| Итого | 4000 | 5600 |
| Коэффициент неравномерности теплоотдачи | 0,35 | 0,10 |

Общие соображения о применении разных типов печей и их размещении

а) Печи малые и печи большие

Какие-либо общие правила о том, следует ли устанавливать покомнатные печи или общие на 2—3 комнаты, дать затруднительно, этот вопрос должен решаться индивидуально для каждого проекта, в зависимости от тех или иных конкретных условий.

Обычно бывает выгодно уменьшать число печей в квартире за счет их укрупнения.

Упрощается уход за печами и, кроме того, в помещениях создаются более комфортные условия, благодаря тому, что большие печи отличаются более равномерной теплоотдачей.

Уменьшение числа печей рационально и в отношении размещения их в помещениях, особенно в малометражных квартирах. Хотя площадь, занимаемая собственно печами, остается, примерно, такая же (например, при замене двух печей одной печью большего размера), но, если учесть отступки, а также необходимость оставлять перед топочными дверцами каждой печи свободное пространство для топки печи, то выгода применения больших печей становится явной.

Однако и разукрупнение, т. е. замена одной большой печи двумя-тремя малыми печами, имеет свои преимущества.

Эксплуатация отопления в этом случае получается более гибкой и можно некоторые комнаты топить менее интенсивно, в зависимости от их назначения.

О практических неудобствах и нежелательности применения в массовом государственном жилищном строительстве больших массивных печей, отапливающих несколько комнат, подробно говорилось выше (см. гл. I).

При разукрупнении печей во многих случаях оказывается возможным ограничиться небольшими печами повышенного прогрева весом до 750 кг, которые могут устанавливаться прямо на полу, без устройства специальных фундаментов.

Большие массивные печи хорошо прогреваются только при закладке большой порции топлива. На легкую протопку они реагируют слабо, и полученное печью тепло выделяется ею потом малозаметным образом, распределяясь на весьма длительный срок.

Вследствие этого такие печи особенно не удобны для местностей с переменным климатом и неустойчивым сезоном (Крым, Закавказье, Средняя Азия), где их топят редко и неохотно, предпочитая им легкие печи.

б) Отвод дыма

При выборе типовых печей большую роль играет система отвода дыма.

В одноэтажных не каменных домах широко применяются до сего времени толстостенные кирпичные печи с насадными трубами.

В двухэтажных не каменных домах часто устанавливаются двухрусные печи с насадными трубами. Такое название применяется к двум печам, поставленным одна на другую, причем дым от нижней печи пропускается через тело верхней, и затем устраняется общая насадная труба на два дыма.

Насадные трубы могут устраиваться только на толстостенных печах, и поэтому все печи повышенного прогрева (за очень редким исключением) требуют применения коренных труб.

Устройство коренных труб стоит довольно дорого и к тому же требует значительной площади.

Вследствие этого применение печей повышенного прогрева бывает неудобно в тех случаях, когда планировка квартиры такова, что печи эти приходится ставить на значительном расстоянии одна от другой, так что для каждой печи требуется установка отдельного коренника.

Такие случаи имеют место, когда приходится расстановивать покомнатные печи в проектах жилых домов, рассчитанных или на центральное отопление, или на печи с насадными трубами.

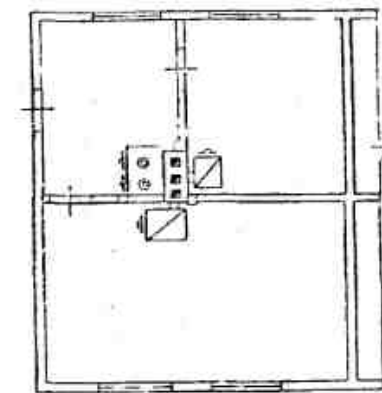


Рис. 83. Пример планировки квартиры с группировкой печей около одной коренной трубы.

Применение тонкостенных печей налагает известные требования на характер планировки квартиры, причем типичным здесь является такое решение, при котором все печи группируются около одного центрального коренника (рис. 83).

Некоторые толстостенные печи имеют насадные трубы, расположенные на задней стенке (рис. 59); они часто оказываются удобными в строительном отношении, при согласовании дымовой трубы с балками перекрытия.

Однако при установке таких печей необходимо учитывать некоторые неудобства их эксплуатации, вследствие того, что вышки и задвижка располагаются не со стороны топки.

Во всех случаях при установке этих печей должен быть предусмотрен удобный доступ к задвижке, для чего между печью и стеной комнаты должен оставаться промежуток не менее 30—40 см.

В отношении размещения дымовой трубы необходимо отметить еще следующее:

для всех печей с выводом дыма вверх (насадные трубы) координаты дымохода строго фиксированы и не могут быть изменены без коренной переделки самой печи.

Единственным вариантом здесь может быть только зеркальное расположение трубы (по отношению к оси топливника).

Перевод дыма возможно бывает в некоторых случаях устраивать только выше перекрытия печи, в пространстве между печью и потолком.

У печей с боковым выходом дыма (в коренник) во многих случаях возможно перемещение места выхода дыма по периметру печи, что и указывается на эскизах этих печей пунктиром (см. рис. 112 и 113).

в) Применение комбинированных (отопительно-варочных) и русских печей

В комбинированной печи совмещаются функции отопительной печи и кухонного очага. При этом печь, как правило, имеет «летний» и «зимний» ход.

Примеры этих печей приведены выше.

Печи этого типа могут с успехом применяться в дачном строительстве, а также в однокомнатных и двухкомнатных квартирах, создавая для семей, населяющих эти квартиры, значительные удобства.

Однако следует иметь в виду, что по сравнению с установкой отопительных печей обычного типа и с устройством кухонного очага общего пользования (общей кухни), поквартирная установка комбинированных печей является более дорогим вариантом, требующим большого количества специальной гарнитуры.

Русская печь представляет собой универсальный тепловой прибор, имеющий до сих пор исключительно широкое применение не только в сельских местностях, но и в поселках городского типа.

Основное качество русской печи — ее универсальность, допускающая не только приготовление в ней самых разнообразных кушаний, но и выполнение всевозможных хозяйственных функций.

По расходу топлива для приготовления обеда, выпечки хлеба и др. она является наиболее экономичной, оставляя позади себя все другие огневые печи и очаги лучших новейших конструкций.

Одновременно она является отличным термосом.

Соединяя все эти качества с предельной простотой устройства, русская печь является замечательным образцом народного творчества¹.

Существенным недостатком русской печи, с точки зрения современных требований, предъявляемых к отопительному прибору, является отсутствие прогрева нижнего пояса ее, что отрицательно ствывается на обогреве нижней зоны помещения.

Некоторого улучшения в этом отношении можно достигнуть при рациональном устройстве печной отступки с интенсивной циркуляцией воздуха (рис. 84).

Русская печь хорошо топится дровами, соломой, камышом, кизяком. Для топки каменным углем она не пригодна.

Модификациями русской печи являются конструкции инж. Подгородникова [22] и [23].

Печи этих авторов могут работать на любом топливе и обладают хорошими отопительными качествами, но уступают обыкновенной русской печи в отношении приготовления пищи (ассортимент кушаний, удобство их приготовления, расход топлива).

В домах поселкового типа, дачном строительстве и т. п. часто русскую печь совмещают с отопительной печью, причем последнюю конструируют в виде щитка с подтопком.

¹ См. статью автора «Испытание трех русских печей» [8].

Щиток обычно располагают по одной из боковых и по задней стенке печи, а топку выносят на переднюю стенку (см. рис. 82).

Устройства подобного рода в различных комбинациях имеют большое распространение, особенно в тех случаях, когда при доме имеется небольшое хозяйство (огород, домашний скот).

г) Размещение печей в плане помещений

В целях более удобного обслуживания печей лучше ставить их в глубине комнаты, ближе к двери, чтобы при подноске топлива не нужно было ходить через всю комнату. Часто удается при этом осуществлять топку из коридора, к чему всегда следует стремиться, если комната и коридор отапливаются за счет одного жилища.

Далее, располагая печь в глубине комнаты, мы оставляем свободной площадь у наружных стен, более светлую и особенно ценную.

Наконец, размещение печей у наружных стен требует устройства над кровлей высоких дымовых головок, которые могут портить внешний вид дома.

Изложенное выше находится в противоречии с теплотехническими требованиями, по которым отопительные приборы, в целях наиболее равномерного обогрева комнаты, желательно располагать у наружных стен; однако учитывая перечисленные выше требования комфортного и конструктивного порядка, печи принято располагать в глубине помещения.

Положительной особенностью печи, по сравнению с прибором с. с. отопления, является то, что она более значительную часть тепла отдает лучевыпусканием.

Благодаря этому, даже и при установке ее в глубине помещения, удается получить достаточно удовлетворительный отопительный эффект, особенно при применении печей высотой до 1,6—1,8 м и с интенсивным прогревом нижнего пояса. При этом желательно, чтобы печь стояла открыто и свободно облучала все помещение.

Установка печи в нише, а также наличие разных ширм или занавесей ухудшает обогрев помещения.

Некоторое улучшение прогрева нижней зоны помещения может дать рациональное устройство печной отступки, как это изображено на рис. 84. Нижние решетки здесь установлены на уровне 7 см от пола и имеют высоту 20—25 см. Они выполняются из тонкой проволоки с крупными ячейками. Сверху отступка не перекрывается и имеет свободный выход.

При таком устройстве весь воздух входит в отступку на уровне пола, причем движение его происходит с наименьшим сопро-

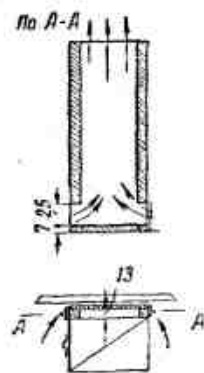


Рис. 84. Рациональное устройство печной отступки.

тивлением. Благодаря этому происходит весьма энергичное перемешивание нижних и верхних слоев воздуха помещения.

При отоплении малометражных квартир не все помещения, подлежащие отоплению, удастся обеспечить обогревательными поверхностями.

Уборные, кладовые и даже передняя часто остаются без печи из-за невозможности разместить в этих помещениях печь хотя бы самых малых размеров.

Мелкие сообщающиеся между собой помещения во многих случаях можно рассматривать как одно общее помещение. Коридоры или передняя могут рассматриваться как одно целое с кухней или жилой комнатой, особенно, если они сообщаются с ней простым проемом, без навески дверного полотна.

О расходе топлива на печное отопление

Расход топлива за отопительный сезон G^0 принимается пропорциональным расчетным теплопотерям и определяется по формуле

$$G^0 = \frac{(t_n - t_{н.ср}) W_0 \cdot N_0 \cdot 24}{Q_{н.р} \cdot \eta_0} \text{ кг}, \quad (145)$$

где: $t_{н.ср}$ — средняя температура отопительного сезона;

N_0 — число дней отопительного сезона;

$Q_{н.р}$ — теплотворная способность топлива, ккал/кг ;

η_0 — коэффициент полезного действия системы отопления.

Значения t_n и W_0 известны из предыдущего.

По этой формуле расход топлива получается пропорциональным величине W_0 .

По отношению к малометражным квартирам с большой плотностью заселения и с относительно большими бытовыми тепловыделениями, это положение не совсем справедливо, что доказывается нижеследующим.

Пусть дано:

- 1) среднечасовое количество выделяющегося бытового тепла за сутки Q_0 — ккал/час .
- 2) расчетные теплопотери W_0 ккал/час град .
- 3) вентиляционный обмен L_n $\text{м}^3 \text{час}$.

Отсюда можем найти разность температур внутреннего и наружного воздуха, которая может поддерживаться за счет бытового тепла:

$$\Delta t = \frac{Q_0}{W_0 + 0,306 L_n}. \quad (146)$$

Надобность в отоплении помещения ощущается лишь тогда, когда температура помещения упадет на 2—3° ниже нормальной, т. е. примерно до $18 - 3 = 15^\circ$.

При наличии бытового тепла это случится тогда, когда наружная температура понизится до

$$t_0 = 15^\circ - \Delta t. \quad (147)$$

Таким образом, для данного помещения действие отопления требуется лишь в те дни, когда температура наружного воздуха равна или ниже t_0 .

Отсюда, пользуясь метеорологическими данными, определяется число дней отопительного сезона, которое мы обозначим через n_0 , в отличие от величины N_0 , входящей в формулу (145).

Естественно, что для различных помещений величина Δt , определяемая по формуле (146), будет неодинаковая, так как зависит от относительного количества бытового тепла, вследствие чего в одном и том же географическом пункте отопительный сезон фактически по своей длительности n_0 и средней температуре $t_{н.ср}$ для разных помещений так же будет неодинаков.

Фактический расход топлива в кг на отопление помещения с учетом бытового тепла может быть определен по формуле

$$G = \frac{(t_n - \Delta t - t_{н.ср}) \cdot n_0 \cdot 24 (W_0 + 0,306L_n)}{Q_n^0 \cdot \gamma_0}, \quad (148)$$

Для удобства дальнейших расчетов примем

$$W_0 + 0,306 \cdot L_n = \frac{W_0}{\mu},$$

где

$$\mu = \frac{W_0}{W_0 + 0,306L_n},$$

тогда

$$\Delta t = \frac{Q_0}{W_0 + 0,306L_n} = \frac{Q_0 \mu}{W_0}. \quad (149)$$

Для сравнения величин G и G^0 между собой найдем их отношение:

$$\frac{G}{G^0} 100\% = a = \frac{(t_n - t_{н.ср} - \frac{Q_0 \mu}{W_0}) n_0}{(t_n - t_{н.ср}) N_0 \mu} 100\%. \quad (150)$$

Как показывает расчет, практически величина μ при полукратном обмене воздуха в час получается в пределах от 0,7 до 0,9.

Для нас представляет интерес зависимость величины a от относительного количества бытового тепла q_0^0 при наименьшей расчетной наружной температуре, определяемого по формуле:

$$q_0^0 = \frac{Q_0 \cdot 100\%}{W_0(t_n - t_{н.ср})}. \quad (151)$$

Из формул (150) и (151) получаем

$$a = \frac{(t_n - t_{н.ср} - \frac{(t_n - t_{н.ср}) q_0^0}{100}) n_0}{(t_n - t_{н.ср}) N_0 \cdot \mu} = 100\% \cdot \frac{1 - q_0^0}{100 - q_0^0}. \quad (152)$$

Нами произведены расчеты по формуле (152) для климатических условий Москвы при $\mu = 0,9, 0,8$ и $0,7$ и при различных значениях q_0^0 (от 10 до 50%): результаты их представлены в виде кривых на рис. 85.

Из этих кривых видно, насколько значительно влияние бытового тепла на расход топлива. Так, если при $q_0^0 = 10\%$, величина G составляет 94—117% от G^0 , то при $q_0^0 = 50\%$ она падает до 16—38% от G^0 .

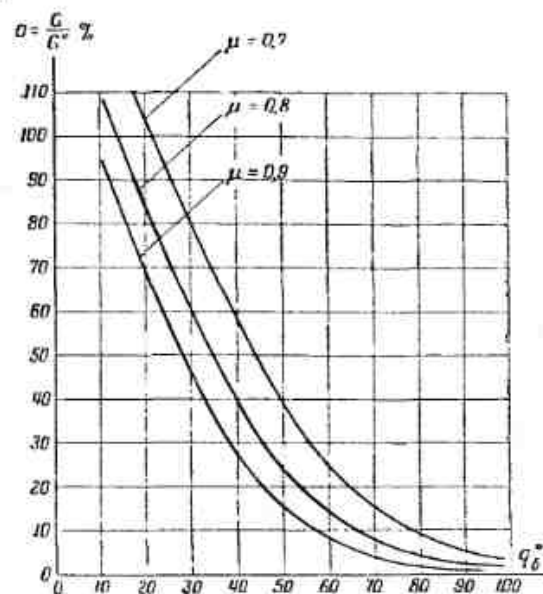


Рис. 85. Влияние бытового тепла на расход топлива.

Теперь нам нужно определить, какова получается разница в расходе топлива при снижении расчетных теплотерь (как результат дополнительного утепления наружных ограждений, или изменения планировки дома и пр.).

Пусть первоначальный расход топлива, определяемый по формуле (145), составляет G_1^0 кг.

При снижении теплотерь на $\beta\%$ по той же формуле получим:

$$G_2^0 = \frac{100 - \beta}{100} G_1^0.$$

С учетом же бытового тепла расход топлива в первом случае будет:

$$G_1 = a_1 \cdot G_1^0 \frac{1}{100} \quad (153)$$

и во втором случае

$$G_2 = a_2 G_2^0 \frac{1}{100} = a_2 \frac{100 - \beta}{100 \cdot 100} \cdot G_1^0 \quad (154)$$

Пусть $\mu_1 = 0,9$ ($W_0 = 9 \cdot 0,306 L_n$).

Уменьшая теплопотери W_0 на $\beta = 25\%$, найдем соответствующее значение μ_2 :

$$\mu_2 = \frac{(W_0)_2}{(W_0)_1 + 0,306L_n} = \frac{9 \cdot 0,306L_n \cdot (100 - \beta)}{9 \cdot 0,306L_n(100 - \beta) + 0,306L_n \cdot 100} = \frac{9 \cdot 75}{9 \cdot 75 + 100} = 0,87.$$

Аналогичным путем находим

при $\beta = 50\%$ $\mu_3 = 0,82,$

при $\beta = 75\%$ $\mu_4 = 0,70.$

При уменьшении величины W_0 и при прежних количествах бытового тепла значения q_0^0 , определяемые по формуле (151), должны возрастать в пропорции:

$$(q_0^0)_n = (q_0^0)_1 \frac{100}{100 - \beta} \quad (155)$$

По этой формуле находятся значения

$$(q_0^0)_2; \quad (q_0^0)_3 \text{ и } (q_0^0)_4$$

при разных значениях β (см. табл. 42).

В этой же таблице приведены значения величин $a_1; a_2; a_3$ и a_4 , которые определены по графику рис. 85 (соответственно значениям q_0^0 и μ).

Таблица 42

| $\beta = 0$ | $(q_0^0)_1$ | 10 | 20 | 30 | 40 | 50 |
|----------------|-------------|------|------|-----|------|------|
| $\mu_1 = 0,9$ | a_1 | 94 | 67 | 46 | 28 | 17 |
| $\beta = 25$ | $(q_0^0)_2$ | 13,3 | 26,6 | 40 | 53,2 | 66,6 |
| $\mu_2 = 0,87$ | a_2 | 89 | 57 | 32 | 15 | 6 |
| $\beta = 50$ | $(q_0^0)_3$ | 20 | 40 | 60 | 80 | 100 |
| $\mu_3 = 0,82$ | a_3 | 81 | 38 | 13 | 4 | 0 |
| $\beta = 75$ | $(q_0^0)_4$ | 40 | 80 | 120 | | |
| $\mu_4 = 0,70$ | a_4 | 55 | 10 | 2 | | |

Наконец, по форм. (154) определяем фактический расход топлива G .

Результаты расчета приведены в табл. 43.

Таблица 43

| $G^{00}/\%$ | $\beta^{00}/\%$ | μ | Значения G в $\%$ от G^{01} при $(q_0^0)_1 =$ | | | | |
|-------------|-----------------|-------|---|----|----|----|----|
| | | | 10 | 20 | 30 | 40 | 50 |
| 100 | 0,0 | 0,9 | 94 | 67 | 46 | 28 | 17 |
| 75 | 25 | 0,87 | 67 | 43 | 24 | 11 | 5 |
| 50 | 50 | 0,82 | 40 | 19 | 7 | 2 | 0 |
| 25 | 75 | 0,70 | 14 | 3 | 1 | 0 | 0 |

По данным табл. 43 построен график рис. 86.

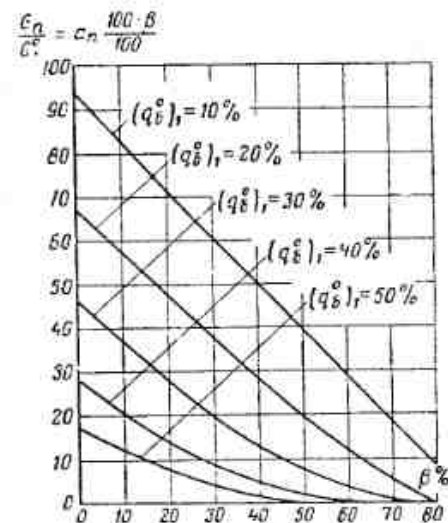


Рис. 86. Уменьшение расхода топлива при снижении теплопотерь W_0 при различных количествах бытового тепла.

Из рис. 86 видно, что расход топлива G во всех случаях падает значительно быстрее, чем теплопотери; при этом, чем больше относительная величина бытового тепла, тем падение расхода топлива происходит быстрее.

Так, при уменьшении теплопотерь в 2 раза ($\beta = 50\%$) величина G изменяется следующим образом:

При $(q_6^0)_1 = 10^0_{/0}$ уменьшается в $94,40 = 2,4$ раза;

" " = $20^0_{/0}$ " в $67,19 = 3,5$ "

" " = $30^0_{/0}$ " в $46,65 = 7$ "

" " = $40^0_{/0}$ " в $28,2 = 14$ "

" " = $50^0_{/0}$ " = $17,0 = \infty$.

Если же обратиться к абсолютному расходу топлива, то из рис. 83 видно, что чем больше q_6^0 , тем угол наклона кривых меньше и, следовательно, при уменьшении теплопотерь экономия в топливе по абсолютной величине получается меньше.

В частности, при снижении теплопотерь в 2 раза величина ΔG получится:

$$1) \text{ при } (q_6^0)_1 = 10^0_{/0} \left(\frac{94-40}{100} \right) G_1^0 = 0,54 G_1^0$$

$$2) \text{ " " } = 50^0_{/0} \left(\frac{17-0}{100} \right) = 0,17 G_1^0.$$

Таким образом, если в одном случае, понижая теплопотери помещения в 2 раза, можно получить экономию в топливе, равную $0,54 G_1^0$, то в другом случае эта экономия окажется лишь $0,17 G_1^0$ т. е. в 3 раза меньше.

Это обстоятельство должно учитываться при определении экономически выгодной тепловой изоляции внешних ограждений.

Рассмотрим теперь расход топлива за отопительный сезон на 1 м^2 наружного ограждения.

Без учета бытового тепла он определяется по формуле

$$g^0 = \frac{(t_6 - t_{н. ср.}) k \cdot N_0 \cdot 24}{Q_{н.}^0 \cdot \tau_0} \frac{\kappa\text{г}}{\text{м}^2}, \quad (156)$$

где: k — коэффициент теплопередачи ограждения $\text{ккал} \cdot \text{м}^2 \cdot \text{час} \cdot \text{град}$. Значения остальных величин те же, что в формуле (145).

С учетом бытового тепла получаем аналогично формуле (148):

$$g = \frac{(t_н - \Delta t - t_{н. ср.}) n_0 \cdot 24 \cdot k}{Q_{н.}^0 \cdot \tau_0} \frac{\kappa\text{г}}{\text{м}^2} \quad (157)$$

или, что то же,

$$g = \frac{G \cdot k}{W_0 + 0,306L_{н.}} \frac{\kappa\text{г}}{\text{м}^2}. \quad (158)$$

Здесь уже нет точной зависимости g от k , так как при изменении величины k в формуле (157), вследствие относительного увеличения количества бытового тепла, меняются также и величины $t_{н. ср.}$, Δt и n_0 .

Таким образом, при понижении коэффициента k данного ограждения понижается расход тепла не только через это ограждение,

но также в некоторой степени и через все другие ограждения данного помещения. Фактическая экономия в топливе, отнесенная к 1 м^2 данного ограждения, должна определяться по формуле

$$\Delta_g = \frac{G_1 - G_2}{F} \frac{\kappa\text{г}}{\text{м}^2}, \quad (159)$$

где G_1 и G_2 — общий расход топлива на отопление помещения, при значениях коэффициента теплопередачи данного ограждения соответственно k_1 и k_2 .

F — площадь ограждения в м^2 .

Особый интерес представляет тот факт, что величина g может значительно меняться даже при неизменном значении k , а именно только за счет изменения расчетных теплопотерь помещения, которое на практике может произойти вследствие утепления других ограждений.

С другой стороны, может быть и такое положение, когда утепление ограждения оказывается практически почти бесполезным, давая очень слабый эффект. Это получается при больших бытовых тепловыделениях.

Примером жилья с относительно большими тепловыделениями может служить крестьянская изба с обыкновенной «русской» печью. Последняя топится изо дня в день круглый год, причем для приготовления пищи ежедневно сжигается в ней значительная порция дров, хотя бы в это время стояла самая жаркая погода.

Выделяемое печью тепло в этот период года совершенно не нужно, и оно удаляется из помещения путем проветривания последнего.

При наступлении осенних холодов это тепло частично уже используется на отопление, однако, некоторый избыток его еще может оставаться, и крестьянин не торопится утеплять избу.

С наступлением более сильных морозов вставляются зимние рамы, промазываются щели в окнах, утепляются двери, вокруг дома делается подсыпка снегом и т. д. Только после того, как все эти мероприятия оказываются уже недостаточными и в избе начинает явно чувствоваться холод, добавляется дополнительная порция дров. С этого дня и следует считать начало отопительного сезона для данной избы.

При максимально-расчетных теплопотерях крестьянской избы $3000-3500 \text{ ккал/час}$, бытовые тепловыделения могут достигать 50% и больше от этой величины и по рис. 85 при $r=0,9$ получаем $G_1 = 0,17 G_1^0$.

Если теперь, путем утепления наружных ограждений, понизить расчетные теплопотери на 50% , то, при расчете по обычному методу, расход топлива должен понизиться также на 50% от своей первоначальной величины G_1^0 ; с учетом же бытового тепла можно получить экономию топлива в пределах только

$$\Delta G = G_1 = 0,17 G_1^0.$$

В самом деле, как бы мы ни утепляли наружные ограждения, мы не можем сэкономить больше того, что фактически расходу-

ется на нужды отопления. Вследствие этого дополнительное утепление ограждения поведет лишь к тому, что перегрев избы будет иметь место в течение более продолжительного периода, и осенью меньше будут спешить с утеплением избы, вставкой зимних рам и пр.

Положение с крестьянской избой в приведенном примере значительно меняется, если обыкновенная «русская» печь заменяется более усовершенствованной, снабженной отопительным щитком и плитой в шестке.

Здесь, во-первых, при готовке на плите (вместо топки печи), хотя бы через день, уменьшается количество бытовых тепловыделений.

Во-вторых, поскольку при топке щитка происходит более интенсивный прогрев нижней зоны помещения, увеличиваются теплопотери через пол и нижние венцы стен, вследствие чего расход топлива на отопление возрастает.

Примеры расчета печного отопления

Пример 1-й

Требуется рассчитать печное отопление квартиры, состоящей из жилой комнаты 1, площадью 15,2 м², кухни-столовой 2—9,6 м² и прихожей 3 в одноэтажном 4-квартирном доме (рис. 87).

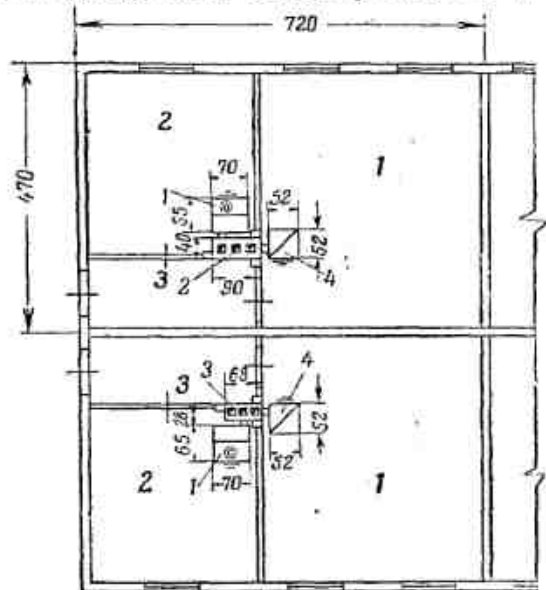


Рис. 87. План дома к примеру № 1 расчета печного отопления:
1—печь-плита МВМС-208; 2—щиток кирпичный; 3—щиток сборный из бетонных блоков; 4—печь МВМС-63.

Конструкция ограждений.

Наружные и капитальные внутренние стены — брусковые толщиной 0,15 м со штукатуркой. Внутриквартирные перегородки из

досок 0,04 м со штукатуркой. Потолок — подшивной из досок 0,025 м с засыпкой опилками и изнутри оббитый фанерой 0,004 м. Пол деревянный на лагах. Высота помещений — 2,6 м. Площадь одного окна — 1,2 м². Площадь двери — 1,8 м².

По расчету, приводить который здесь нет надобности, теплопотери составляют (при $t_{в} = 18^{\circ}$ и $t_{н} = -30^{\circ}$):

для комнаты $W_1 = 1140$ ккал/час
для кухни $W_2 = 1460$ " "
для прихожей $W_3 = 645$ " "

Всего 3245 ккал/час

Выбор печей и тепловой баланс помещений

В кухне устанавливается плита, а в жилых комнатах печь, дым от которых отводится через щиток в общую дымовую трубу.

1. Кухня-столовая. Теплоотдачу кухонной плиты, согласно указаниям выше, можем принять 1000 ккал/час, и еще около 150 ккал/час может дать щиток, своей поверхностью обращенный в кухню.

Итого приток тепла $1000 + 150 = 1150$ ккал/час.

Недостаток тепла составит

$$\frac{1460 - 1150}{1460} \cdot 100 = 21,2\%$$

превышая установленную норму на 15%.

Для обычной кухни это может быть допущено, учитывая, что для кухонных плит температура поверхности и число топок в сутки не нормируются, вследствие чего мощность теплоотдачи, указанная выше, несколько условна и в периоды сильных морозов может быть повышена на 20—25%, за счет более усиленной или дополнительной топки.

Поскольку, однако, для кухни-столовой желательно иметь более комфортные условия, устанавливаем вместо обычного кухонного очага «печь-плиту» МВМС-208 по рис. 48. Теплоотдача ее — 2000 ккал/час.

2. Прихожая. В прихожую обращена только стенка щитка, которая дает около 150 ккал/час.

Недостаток тепла в количестве $645 - 150 = 495$ ккал/час должен быть покрыт за счет избытка тепла в жилой комнате.

3. Комната. Печь, устанавливаемая в комнате, должна возместить теплопотери комнаты и недостачу тепла в коридоре. Для этого она должна иметь теплоотдачу $1140 + 495 = 1635$ ккал/час.

Возьмем печь повышенного прогрева МВМС-63.

Теплоотдача печи $Q_{\text{нас}} = 1500$ ккал/час.

Коэффициент неравномерности теплотдачи $M = 0,60$.

Недостача тепла составит всего $1635 - 1500 = 135$ ккал/час, и может быть возмещена за счет избытка тепла в кухне (при установке печи-плиты).

Проверка теплоустойчивости жилой комнаты

Расчет начинаем с определения величины

$$\sum \frac{1}{\frac{1}{\alpha_n} + \frac{1}{\gamma_n}} F_0,$$

при чем значения величин $\frac{1}{\frac{1}{\alpha_n} + \frac{1}{\gamma_n}} = B$ берем по таблице приложения 1.

1. Окна.

$$\text{Площадь } F_0 = 1,2 \cdot 2 = 2,4 \text{ м}^2$$

$$B = 2,3 \text{ (по таблице ограждение № 45).}$$

$$BF_0 = 5,5$$

2. Наружные стены

$$F_0 = 3,8 \times 2,6 - 2,4 = 7,5 \text{ м}^2$$

$$B = 3,71 \text{ (ограждение № 4).}$$

$$BF_0 = 27,9$$

3. Внутренние капитальные стены

$$F_0 = (3,8 + 4,40)2,6 = 21,3 \text{ м}^2$$

$$B = 3,62 \text{ (ограждение № 16).}$$

$$BF_0 = 77.$$

4. Двери

$$F_0 = 1,8 \text{ м}^2.$$

$$B = 2,5 \text{ (ограждение № 46).}$$

$$BF_0 = 4,5.$$

5. Перегородка

$$F_0 = 4,4 \cdot 2,5 - 1,8 = 9,7 \text{ м}^2$$

$$B = 3,62 \text{ (ограждение № 18).}$$

$$BF_0 = 35,1.$$

6. Пол

$$F_0 = 16,7 \text{ м}^2$$

$$B = 2,57 \text{ (ограждение № 40).}$$

$$BF_0 = 42,8.$$

7. Потолок

$$F_0 = 16,7 \text{ м}^2$$

$$B = 3,12 \text{ (ограждение № 33).}$$

$$BF_0 = 52.$$

$$\begin{aligned} \text{Всего } \Sigma BF_0 &= 5,5 + 27,9 + 77 + 4,5 + 35,1 + 42,8 + 52 = \\ &= 244,8 \text{ ккал/час град}^{\circ}. \end{aligned}$$

Теперь по формуле (143) находим амплитуду колебаний температуры помещения:

$$A_t = \frac{0,7 \cdot M \cdot W}{\Sigma BF_0} = \frac{0,7 \cdot 0,6 \cdot 1140}{244,8} = 1,97^{\circ} < 2,5^{\circ}.$$

Величина A_t получилась в пределах нормы и, следовательно, выбранная печь удовлетворяет требованиям теплоустойчивости.

Пример 2-й.

Имеем такую же квартиру, как в примере № 1, но находящуюся в 2-квартирном доме (рис. 88).

Комната I стала угловой, и теплопотери ее возросли до $W_1 = 1920 \text{ ккал/час}$.

Теплопотери кухни и прихожей остались без изменения.

Теплоотдача печи, с учетом подачи тепла в переднюю, должна составить:

$$1920 + 495 = 2415 \text{ ккал/час.}$$

Возьмем печь МВМС-65.

Теплоотдача ее $Q_{\text{нр}} = 2500 \text{ ккал/час}$ и коэффициент неравномерности теплоотдачи $M = 0,45$.

Проверка теплоустойчивости жилой комнаты

По сравнению с примером № 1 значение величины ΣBF_0 изменится только за счет повышения величины BF_0 для той стены, которая раньше была внутренней, а теперь стала наружной.

¹ Приближенное значение ΣBF_0 можно найти по табл. 3 приложения II. Так как в данном случае потолок без штукатурки, то следует обратиться к разделу «Б». Число капитальных стен — 3. В строке 6-й при высоте помещения $H = 2,6 \text{ м}$ и площади $f = 16,7 \text{ м}^2$ по интерполяции находим $\Sigma BF_0 = 237 \text{ ккал/ч. град}$.

Расчетная поверхность этой стены

$$F_0 = 4,4 \times 2,6 = 11,4 \text{ м}^2$$

$$\Delta BF_0 = F_0(B_2 - B_1) = 11,4(3,71 - 3,62) = 1,03.$$

Отсюда имеем:

$$\Sigma BF_0 = 244,8 + 1,03 \approx 246 \text{ ккал/час град.}$$

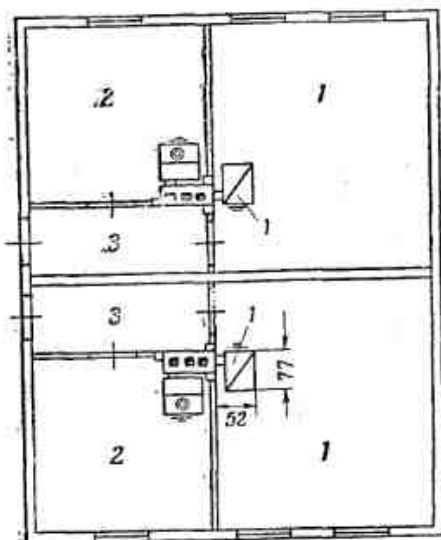


Рис. 88. План дома к примеру № 2 расчета печного отопления:
1—печь МВМС-65.

Далее, по формуле (143) определяем

$$A_t = \frac{0,7 \cdot 0,45 \cdot 1920}{246} = 2,48^\circ < 2,5^\circ,$$

т. е. в пределах нормы.

Пример 3-й

Имеем такую же квартиру, как и выше, но в отдельном доме (рис. 89).

Теплопотери помещений по расчету составляют:

1. Комната $W_1 = 2430 \text{ ккал/час.}$
2. Кухня $W_2 = 1460 \text{ "}$
3. Прихожая $W_3 = 1060 \text{ "}$

В кухне по-прежнему ставим печь-плиту с теплоотдачей 2000 ккал/час.

Теплопотери прихожей компенсируем на 50% за счет избытка тепла в кухне и на 50% за счет избытка тепла в комнате.

Отсюда потребная мощность теплоотдачи печи должна составить

$$2430 + \frac{1060}{2} = 2960 \text{ ккал/час.}$$

Выбираем печь МВМС-66.

Теплоотдача печи $Q_{\text{час}} = 3000 \text{ ккал/час, } M = 0,43.$

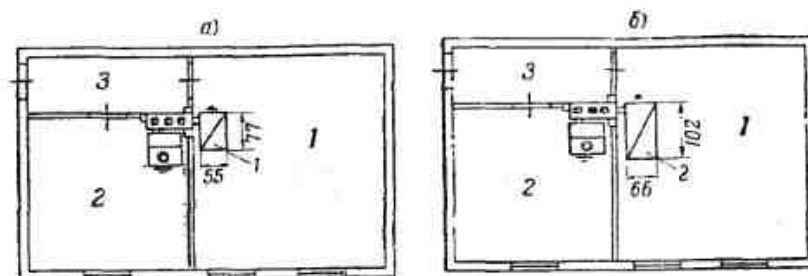


Рис. 89. Планы дома к примеру № 3 расчета печного отопления:
а—с печью повышенного прогрева; б—с печью умеренного прогрева; 1—печь МВМС-306, 2—печь О-4.

Проверка теплоустойчивости жилой комнаты

Значение величины ΣBF_0 опять остается почти без изменения и, по соображению с предыдущим, может быть принято $= 247$.

Тогда находим

$$A_t = \frac{0,7 \cdot 0,43 \cdot 2430}{247} = 3^\circ > 2,5^\circ.$$

Оказалось, что амплитуда колебаний температуры вышла за пределы нормы и, следовательно, данная печь не может обеспечить удовлетворительную теплоустойчивость помещения.

Обратимся к формуле (143) и, приняв в ней $A_t = 2,5^\circ$, определим значение коэффициента неравномерности теплоотдачи печи

$$M = \frac{A_t \Sigma BF_0}{0,7 W} = \frac{2,5 \cdot 247}{0,7 \times 2430} = 0,36.$$

Следовательно, для того, чтобы удовлетворить требованиям теплоустойчивости, коэффициент M не должен превышать 0,36.

Этим условиям удовлетворяет сборная изразцовая печь повышенного прогрева МВМС-306 (рис. 50).

Теплоотдача печи: $Q_{\text{час}} = 3000 \text{ ккал/час. } M = 0,32.$

Из кирпичных печей умеренного прогрева подходящей по теплоотдаче является печь «О4» (см. каталог печей в приложении IV).

Для нее $Q_{\text{час}} = 3000 \text{ ккал/час. } M = 0,18.$

Размеры печи $102 \times 64 \times 231 \text{ см.}$

Вес — 2130 кг (в два раза больше печи МВМС-306).

В приведенных примерах расчеты по теплоустойчивости производились нами при кратковременной топке печей дровами, торфом, длиннопламенными углями.

При топке коксом и антрацитом коэффициент неравномерности теплоотдачи печи принимается на 25% ниже.

В этом случае, например, печь МЕМС-66 имела бы коэффициент неравномерности $M = 0,43 \cdot 0,75 = 0,33$, и в примере № 3 удовлетворила бы требованиям теплоустойчивости.

В самом деле, из формулы (143) получали бы:

$$A_t = \frac{0,7 \cdot 0,33 \cdot 2430}{247} = 2,3 < 2,5^2.$$

ГЛАВА ДЕСЯТАЯ

УСТРОЙСТВО ОСНОВАНИЙ ПОД ПЕЧИ И ДЫМОВЫЕ ТРУБЫ. УСТРОЙСТВО ДЫМОВЫХ ТРУБ. ПОЖАРНАЯ ПРОФИЛАКТИКА

Печные устройства должны быть правильно запроектированы, сконструированы и надлежащим образом увязаны с конструктивными элементами самого здания.

Они должны обладать достаточной статической прочностью и быть безопасными в пожарном отношении.

Беспокойной задачей является правильное устройство дымовых труб, которые должны обеспечить хорошую тягу в печах, быть возможно дешевыми и занимать мало места. При их разбивке необходимо учитывать удобное закрывание, чистку и т. д. Все эти вопросы должны решаться при проектировании печного отопления.

Основания печей

Согласно существующих норм [19] печи и кухонные плиты весом до 750 кг^1 допускается устанавливать непосредственно на полу, с предварительной проверкой прочности пола. При этом, в случае надобности, конструкция пола усиливается введением дополнительных опор в виде кирпичных столбиков и т. п.

Печи большего веса должны иметь специальные основания.

Печи, устанавливаемые в нижнем этаже кирпичных зданий, расположенные рядом со стенами, основываются на самостоятельном фундаменте. Между фундаментом под стену здания и фундаментом под печь оставляется зазор 3—5 см, засыпаемый песком (рис. 90).

Печи, устанавливаемые в нижнем этаже, при установке их в проемах кирпичных стен, основываются на местном уширении стеновых фундаментов напуском кладки, если печь выступает из-за плоскости стены не более чем на 25 см.

¹ Для печей индустриальных типов, как то: печи в металлических каркасах, сборно-блочные и т. п. без насадных труб, является возможным повысить предельный вес, допускаемый для установки на полу, до 1000 кг.

При выступах печи более 25 см делается уширение стенового фундамента в месте установки печи в виде пиллястры.

Если отношение выступа фундамента к его высоте более 1:2, печь следует основывать на самостоятельном фундаменте.

Глубина заложения фундаментов печей такая же, как глубина заложения фундаментов внутренних капитальных стен. Это касается фундаментов отопительных печей, устанавливаемых в одно- и двухэтажных зданиях с насадными трубами; коренных труб в одноэтажных зданиях; коренных труб, а также печей, расположенных одна над другой в двухэтажных зданиях, с насадными трубами и без них.

При наличии легких внутренних перегородок, под которые фундаменты не делаются, глубина заложения фундамента под печь должна быть 0,5—0,6 м.

При установке печей вблизи наружных стен с глубоким заложением фундаментов, прилегающих к этой стене, фундамент под печь можно поставить на песчаной подсырке, с заглублением подошвы фундамента под печь на 0,5 м (рис. 91).

В глубоких подпольях вместо фундаментов под печи и очаги допускается такое же основание, как и для печей и очагов верхних этажей, т. е. на железных балках, консолях и пр

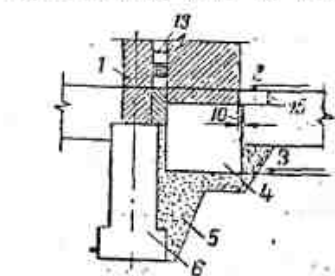


Рис. 90. Фундамент под печь, расположенную у кирпичной стены: 1—стена; 2—фундамент под печь, бут; 3—фундамент под стену, бут; 4—уровень, засыпается песком; 5—печь, показана пунктиром.

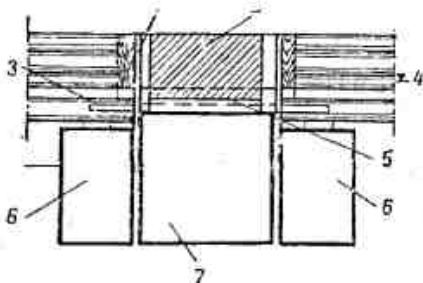


Рис. 91. Фундамент под печь, устроенный на песчаной подсырке: 1—стена; 2—уровень пола верхнего этажа; 3—подошва фундамента; 4—фундамент под печь, бут; 5—угрибованный песок; 6—фундамент под стену, бут.

Рис. 92. Разрыв в нижнем венце капитальной рубленной стены:

1—два слоя войлока, вымоченного в глиняном растворе; 2—печь; 3—разрезанный нижний венец; соединяется полосовой сталью 8×6 мм, прикрепленным с обеих сторон болтами диаметром 16 мм; 4—уровень пола; 5—два слоя толя; 6—фундамент под стену, бут; 7—фундамент под печь, бут.

При расположении печи в проеме деревянной капитальной стены, когда нижний венец разрезается, следует соединить концы венца полосовой сталью с обеих сторон с постановкой болтов (рис. 92).

Если фундамент под печь выполняется из бутовой кладки, он не доводится до уровня пола на 14 см, и по нему выкладываются

Основания на консольных, металлопластических балках

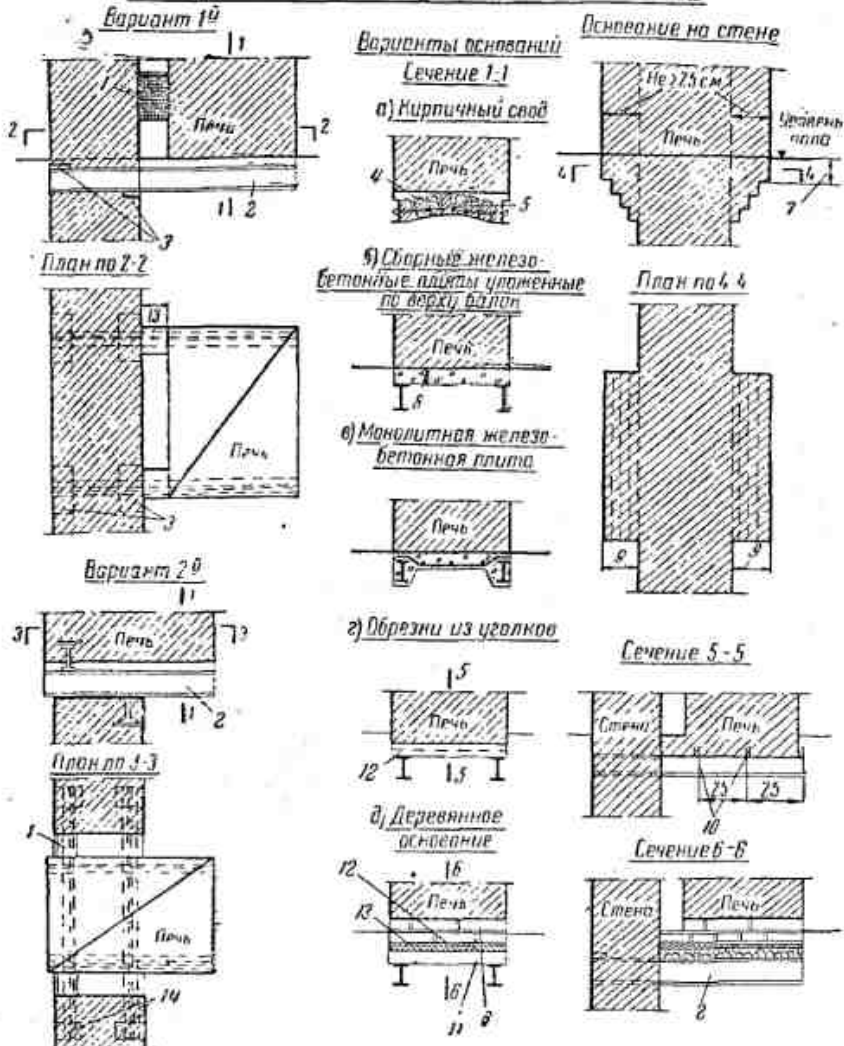


Рис. 93. Основание под печи верхних этажей на стене или консольных балках: 1—решетка для притока воздуха; 2—двутавровая консольная балка; 3—металлические подкладки по расвету; 4—кирпичный сводик; 5—стойкий болт диаметром 16 мм; 6—два ряда кирпича с перевязкой швов; 7—не менее 15 см; 8—по расвету; 9—не более 25 см; 10—уголки; 11—деревянный антисептированный настил; 12—кровельная сталь; 13—два слоя войлока, вымоченного в глиняном растворе; 14—опоры по расвету.

два ряда кирпичной кладки. Бутовые фундаменты делают с обрезом в 10 см с каждой стороны печи.

При кладке фундамента из кирпича обрезы оставлять не требуется. В основании печи, по первому ряду кирпича, уложенному

дымовых газов и должны быть не менее 13×13 см при печах с теплоотдачей до 3000 ккал/час, 13×19 при печах с теплоотдачей от 3000 до 4500 ккал/час и 13×26 при печах с теплоотдачей от 1500 до 6000 ккал/час (при 2 топках в сутки).

Высота трубы от колюшниковой решетки до устья трубы принимается не менее 5 м.

Для отключения печи от дымовой трубы в стенах и коренных трубах толщиной в 2 кирпича и более ставят задвижку и выюшку.

В стенах толщиной $1\frac{1}{2}$ кирпича вместо выюшки ставится вторая задвижка. Внизу канала устраиваются чистки.

Возможные варианты размещения приборов даны на рис. 96.

При разбивке дымовых и вентиляционных каналов необходимо соблюдать следующие условия:

а) открывание приборов, как правило, должно быть из помещения, где расположена топка. Высоту расположения выюшечных дверей допускать не более 1,5 м от пола;

б) вентиляционные каналы размещать между дымовыми, благодаря чему улучшается тяга в них за счет лучшего их прогрева;

в) в местах размещения выюшек устраивать «подвертки» (сместив канал), с таким расчетом, чтобы дым шел «под выюшку»;

г) избегать уводов и ставить каналы ближе друг к другу (с перегородками в $\frac{1}{2}$ кирпича) для более удобного сведения их в общие трубные стояки. Варианты разбивки каналов с размещением всех необходимых приборов даны на рис. 97.

в) в местах размещения выюшек устраивать «подвертки» (сместив канал), с таким расчетом, чтобы дым шел «под выюшку»;

г) избегать уводов и ставить каналы ближе друг к другу (с перегородками в $\frac{1}{2}$ кирпича) для более удобного сведения их в общие трубные стояки. Варианты разбивки каналов с размещением всех необходимых приборов даны на рис. 97.

в) в местах размещения выюшек устраивать «подвертки» (сместив канал), с таким расчетом, чтобы дым шел «под выюшку»;

г) избегать уводов и ставить каналы ближе друг к другу (с перегородками в $\frac{1}{2}$ кирпича) для более удобного сведения их в общие трубные стояки. Варианты разбивки каналов с размещением всех необходимых приборов даны на рис. 97.

в) в местах размещения выюшек устраивать «подвертки» (сместив канал), с таким расчетом, чтобы дым шел «под выюшку»;

г) избегать уводов и ставить каналы ближе друг к другу (с перегородками в $\frac{1}{2}$ кирпича) для более удобного сведения их в общие трубные стояки. Варианты разбивки каналов с размещением всех необходимых приборов даны на рис. 97.

в) в местах размещения выюшек устраивать «подвертки» (сместив канал), с таким расчетом, чтобы дым шел «под выюшку»;

г) избегать уводов и ставить каналы ближе друг к другу (с перегородками в $\frac{1}{2}$ кирпича) для более удобного сведения их в общие трубные стояки. Варианты разбивки каналов с размещением всех необходимых приборов даны на рис. 97.

в) в местах размещения выюшек устраивать «подвертки» (сместив канал), с таким расчетом, чтобы дым шел «под выюшку»;

г) избегать уводов и ставить каналы ближе друг к другу (с перегородками в $\frac{1}{2}$ кирпича) для более удобного сведения их в общие трубные стояки. Варианты разбивки каналов с размещением всех необходимых приборов даны на рис. 97.

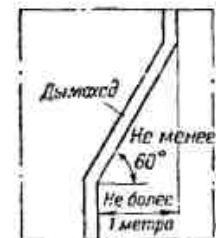


Рис. 95. Устройство уводов.

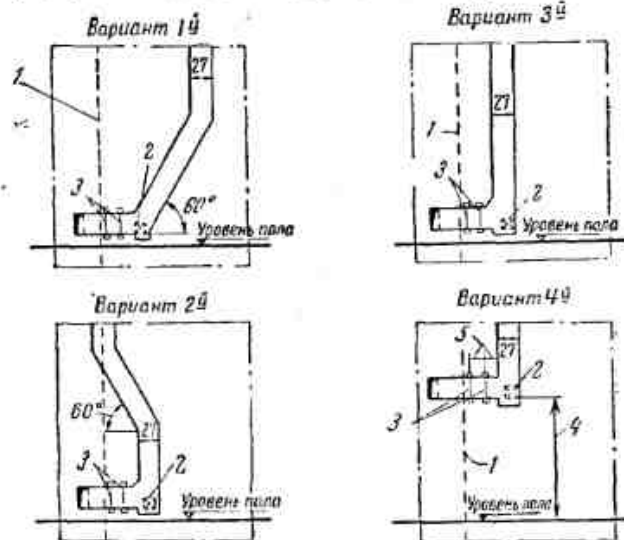
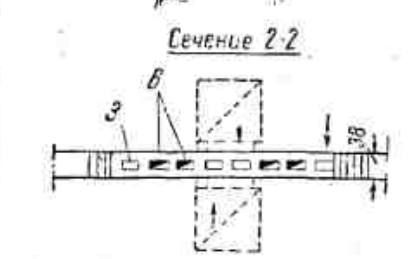
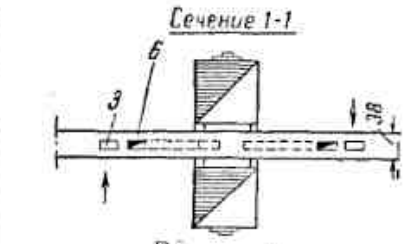
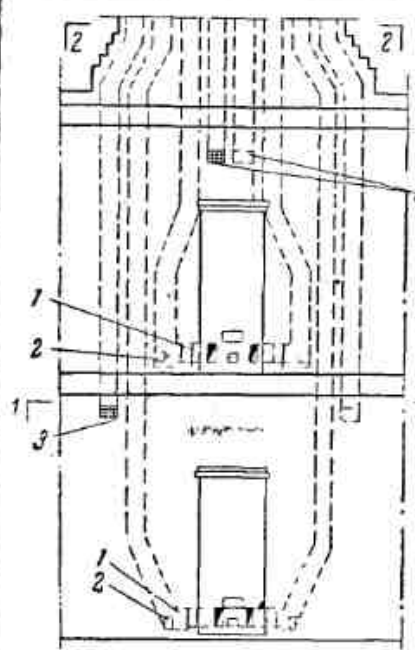


Рис. 96. Варианты установки приборов на дымоходах: варианты 1-3 — вывод дыма внизу печи; варианты 4-6 — вывод дыма из середины печи; 1 — грань печи; 2 — прочистная дверь; 3 — задвижка; 4 — не более 1,5 м; 5 — не менее чем по 12 см.

Пример разбивки каналов в стене с постановкой задвижки



Пример разбивки каналов в коренной трубе с постановкой выюшек

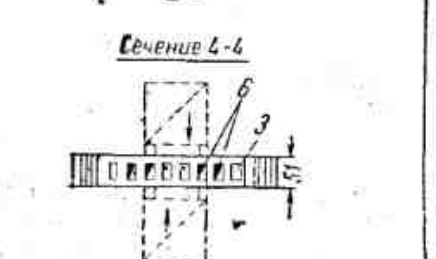
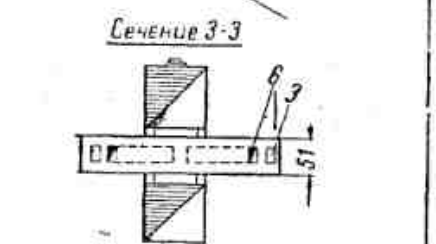
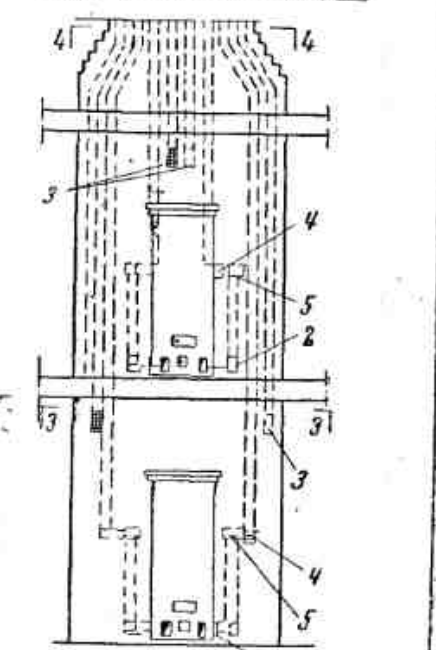


Рис. 97. Варианты разбивки дымовых каналов: 1 — задвижка; 2 — прочистная дверь; 3 — вентиляционный канал; 4 — выюшечная дверь; 5 — выюшка; 6 — дымоход.

При установке отопительных печей промышленных типов, с открытыми отступками, возможно устройство дымоходов по более простой схеме, указанной на рис. 98.

Здесь мы имеем прямые вертикальные каналы с размещением задвижек и чисток за печью. При высоте печи от 1,5 до 1,8 м, задвижки могут располагаться и над печью.

При установке больших кирпичных печей с закрытыми отступками устройство дымоходов по этой схеме, из-за неудобства размещения задвижек и чисток, не применимо.

В деревянных зданиях коренные и насадные трубы не должны разрезать капитальных стен.

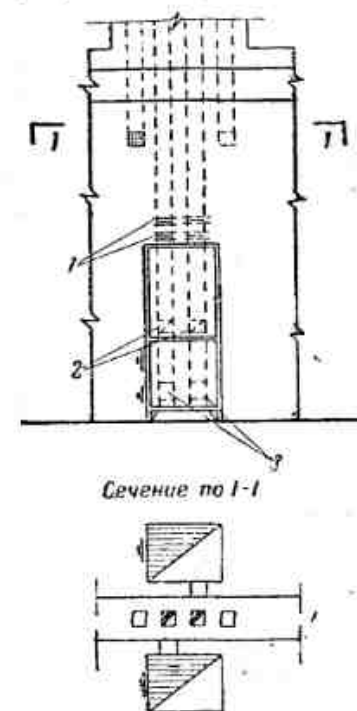


Рис. 98. Разбивка дымовых каналов при установке небольших печей с открытыми отступками: 1—задвижки; 2—отвод дыма; 3—чистки.

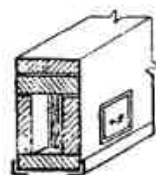


Рис. 99. Устройство перекидного рукава.

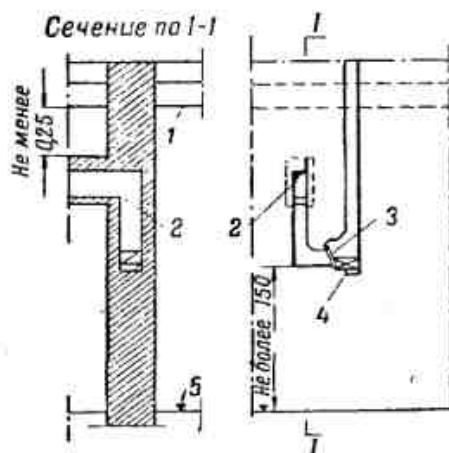


Рис. 100. Устройство подвотки в дымоходе после включения перекидного рукава: 1—низ перекрытия; 2—перекидной рукав; 3—выюшка; 4—выюшечная дверца; 5—уровень пола.

Не допускается устройство на чердаках горизонтальных боронов (лежаков). В печах, расположенных на расстоянии до 2 м от дымоходной трубы, возможен отвод дыма в трубу при помощи перекидного рукава. Последний основывается на стальных уголках, заделываемых одним концом в печь, другим в кладку трубы.

Стенки и дно рукава делают в $\frac{1}{2}$ или $\frac{1}{4}$ кирпича, но с облицовкой кровельной сталью. Перекрытие их осуществляется двумя рядами кирпича, укладываемыми плашмя (рис. 99).

Дымовой канал, после включения его из перекидного рукава в стену, следует опустить вниз и сделать подвотку для размещения прочистных и выюшечных дверец или задвижек (рис. 100).

Дымовые трубы, выводящие дым наружу, следует располагать возможно ближе к коньку крыши и выводить сверх крыши на высоту (рис. 101):

а) 0,5 м выше конька крыши, если труба отстоит от конька не более 1,5 м;

б) до уровня конька крыши, если труба отстоит от него на 1,5—3,0 м;

в) ниже конька крыши до прямой, проведенной под углом 10° к горизонту, при расстоянии трубы от конька более 3,0 м.

Место прилегания кровли к дымоходной трубе защищают от затекания воды на чердак при помощи выдры; под выдрой кровельную сталь воротника загибают в виде желоба и укрепляют гвоздями.

Верхнюю часть дымоходной трубы покрывают колпаком из кровельной стали или штукатурят цементным раствором.

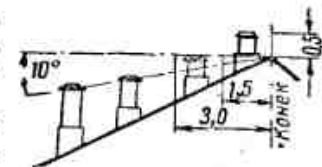


Рис. 101. Схема высот дымоходных труб над кровлей.

Сборно-блочные коренные дымоходные трубы

При переходе от массивных толстостенных кирпичных печей умеренного прогрева к печам повышенного прогрева промышленных конструкций, естественно, должны применяться дымоходные трубы легких сборных конструкций взамен обычных из кирпича.

На рис. 102 изображена коренная труба на 4 дыма, разработанная Комитетом по делам архитектуры при СМ СССР [18]. Она состоит из следующих основных частей:

1) фундамента в виде железобетонной плиты; 2) ствола трубы; 3) противопожарной разделки в чердачном перекрытии; 4) оголовка трубы.

Блоки № 1 имеют боковые отверстия для присоединения дымоходных патрубков от печей, а также для установки прочистных дверец.

Блоки № 2 глухие, без боковых отверстий. Некоторые из них снабжаются дымоходными задвижками.

Для устройства разделки в перекрытии применяется железобетонная плита (блок № 3), на которую устанавливаются 2 блока № 4. Свободное пространство между стволом трубы и блоками № 3 засыпается песком. Для устройства выдры и оголовка трубы служит блок № 5.

Вес отдельных блоков, как это видно из приложенной на рисунке таблицы, находится в пределах 32—56 кг и для укладки блока достаточно двух рабочих.

Толщина внешних стенок и внутренних перегородок — 60 мм, внешние размеры ствола трубы 440×440 мм.

(Кирпичная труба на 4 таких же дыма имеет размеры 640×640 мм и весит примерно в 2—2,5 раза больше).

Толщина внешних стенок трубы в представленных проектах, по нашему мнению, несколько занижена и целесообразно увели-

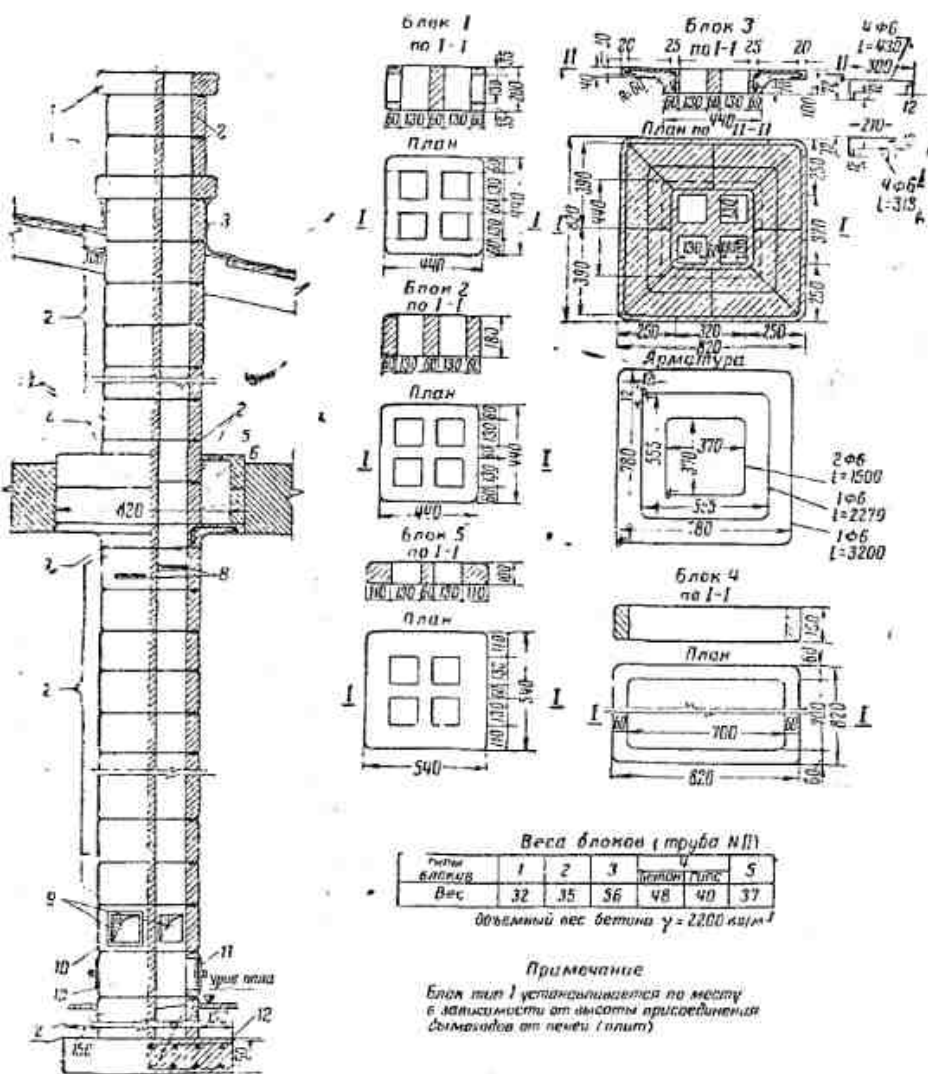


Рис. 102. Сборная кирпичная труба из 4 дыма;

1—блок типа 5; 2—блоки типа 2; 3—4—кровельная сталь; блоки типа 4; 5—глиняная смазка; 6—песок; 7—блок типа 3; 8—диаметры задвижки; 9—патрубки для отвода дыма от плиты (печи); 10—блок типа 1; 11—чистяк; 12—железобетонная плита.

чить ее до 7—8 см, хотя бы на высоту первых 3—4 блоков, начиная от уровня присоединения дымового патрубка, во избежание чрезмерного перегрева стенок трубы.

На рис. 103 изображена кирпичная труба, верхняя половина которой выполнена из 4 круглых асбестоцементных труб $\varnothing 150/170 \text{ мм}$.

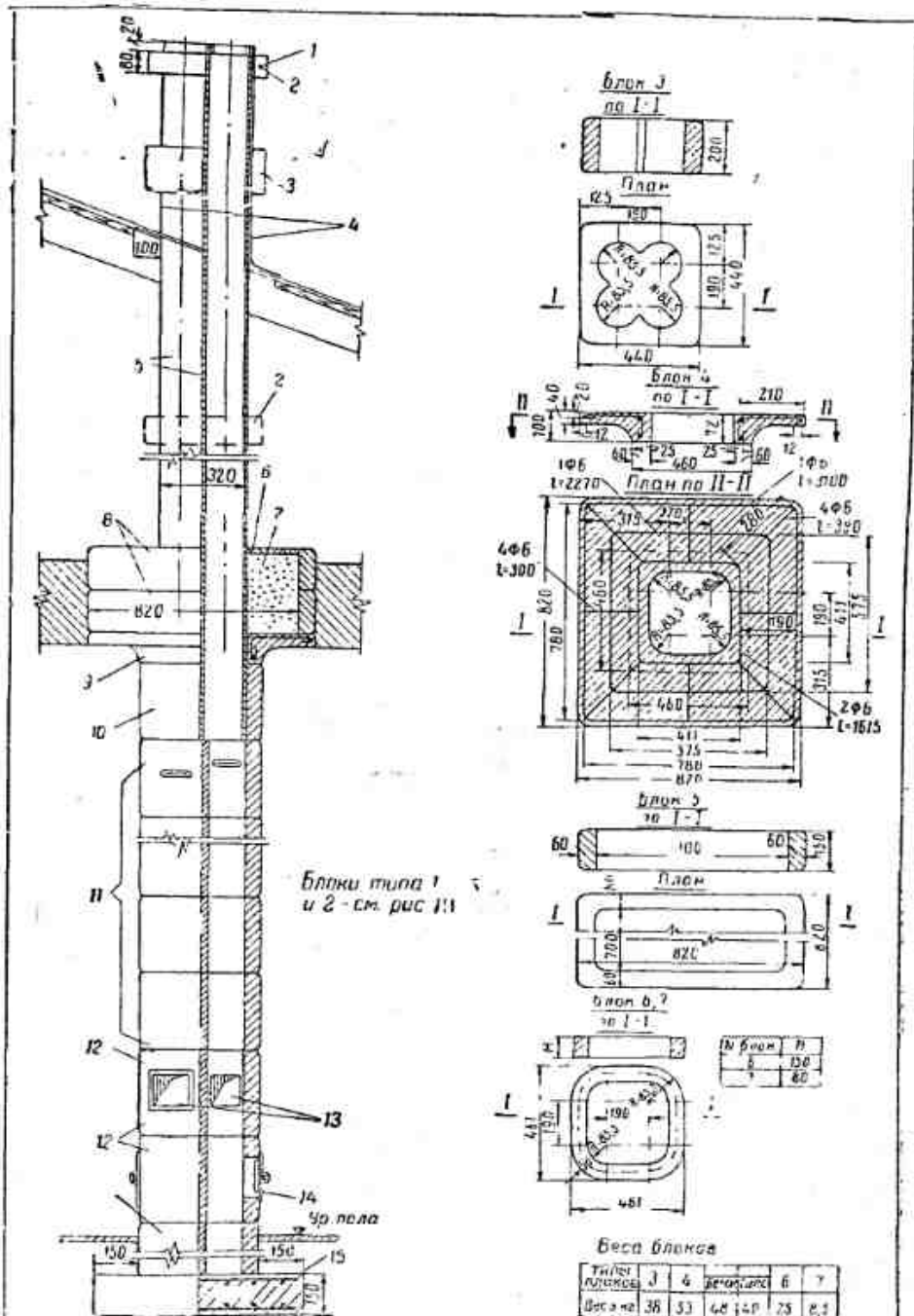


Рис. 103. Сборная кирпичная труба из бетонных блоков и асбестоцементных труб на 4 дыма.

Трубы установлены рядом одна с другой, при чем после выхода их на крышу они обшиваются снаружи общим футляром из кровельного железа.

Труба состоит из следующих частей:

1 — арматура: проволока диам. 6 мм; 2 — блок тип 7; 3 — блок тип 6; 4 — футляр из кровельной стали; 5 — асбоцементные

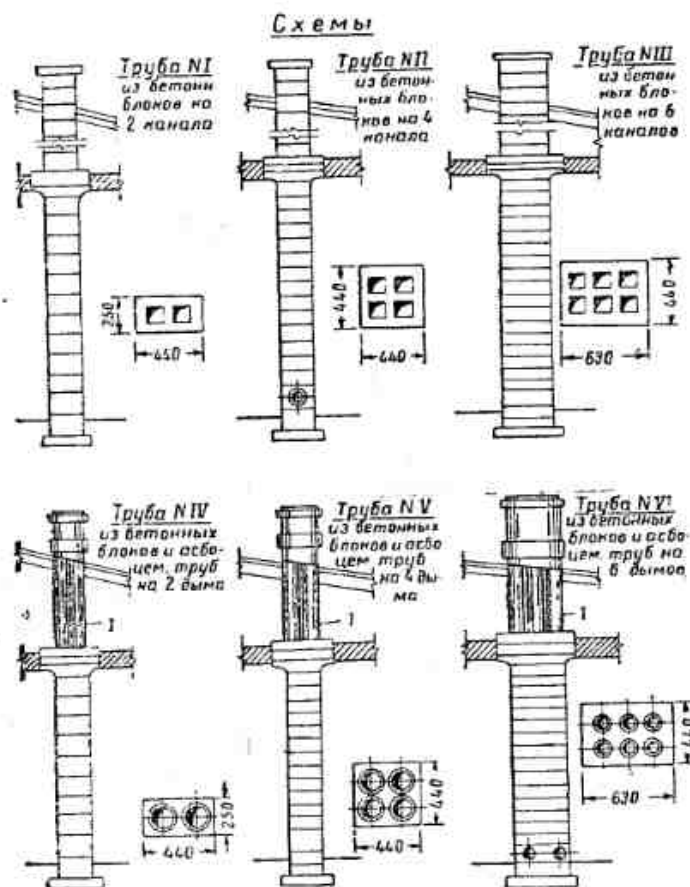


Рис. 104. Схемы устройства сборных труб с разным количеством дымоходов:
1 — асбоцементные трубы.

трубы вн. диам. 150/170 мм; 6 — глиняная смазка; 7 — песок; 8 — блок тип 5; 9 — блок тип 4; 10 — блок тип 3; 11 — блок тип 2; 12 — блок тип 1; 13 — патрубок для подвода дыма от печей (плит); 14 — чистка; 15 — железобетонная плита.

Вопрос применения асбоцементных труб для отвода дыма от бытовых печей еще недостаточно изучен.

Тонкие стенки этих труб, повидимому, должны вызывать большее охлаждение газов, ухудшение тяги и конденсацию водяных

паров. Недостаточно проверено поведение этих труб при случайном возгорании в них сажи и т. п.

Вследствие этого, от массового применения асбоцементных труб в печном отоплении, по нашему мнению, пока следует воздержаться. На рис. 104 приведены схемы устройства труб с разным количеством дымоходов.

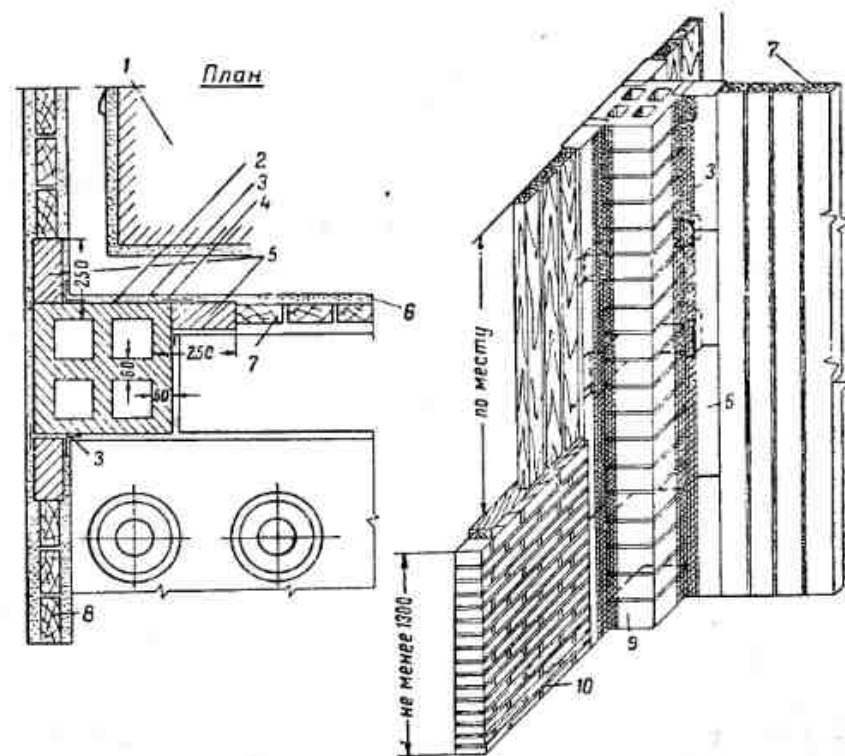


Рис. 105. Примыкание деревянных перегородок к сборным дымовым трубам:
1 — печь; 2 — проволока 5-6 мм; 3 — сетка; 4 — направляющие скобы из кровельной стали; 5 — противопожарная разделка; 6 — штукатурка; 7 — деревянная перегородка; 8 — конструкция деревянной перегородки показана условно, она выше плиты; 9 — дымовая труба из блоков; 10 — противопожарная разделка к плите.

При примыкании деревянных перегородок к сборным дымовым трубам вертикальные разделки устраиваются также из сборных элементов, в виде бетонных, шлакобетонных или гипсовых плит, соответствующего размера (рис. 105).

Плиты разделки крепятся к коренной трубе при помощи специальных направляющих скоб, которые удерживают плиты в вертикальном положении.

Типы таких скоб, выполняемых из листовой стали $\delta = 1$ мм, изображены на рис. 106. Козырьки их закладываются в горизонтальные швы между блоками, а боковые щеки, охватывающие разделку, закрываются штукатуркой по металлической сетке.

Для того, чтобы при топке печей не могло произойти возгорания деревянных частей здания, при возведении печей, кухонных плит и дымовых труб необходимо выполнение ряда норм и мероприятий, известных под названием «пожарной профилактики».

Изложение этих правил, в соответствии с ГОСТ [19], мы и приводим ниже.

1. Во всех местах, где деревянные части зданий подходят к дымовым каналам в печах, трубах и стенах, необходимо оставлять расстояние (отступки, разделки), заполненные воздухом или негорячим материалом (кирпич, асбест и т. п.). Эти противопожарные предохранительные конструкции должны устраиваться также в местах приближения сгораемых конструкций к вентиляционным каналам, проходящим в стенах и коренных трубах рядом с дымовыми каналами.

2. Печи и дымовые трубы должны быть установлены так, чтобы между сгораемыми конструкциями зданий (балки, мауэрлаты и т. д.) и «дымом», т. е. внутренней поверхностью печи или трубы, омываемой газами, сохранялись расстояния не менее указанных в табл. 44.

Таблица 44

| Типы отопительных печей периодического действия | Расстояние от «дыма» до сгораемой конструкции в см | |
|---|--|---------------------------------------|
| | конструкция, не защищенная от возгорания | конструкция, защищенная от возгорания |
| Печи теплоемкие со стенками 7 см и более и дымовые трубы | 38 | 25 |
| Печи керамиковые и металлические с футеровкой со стенками до 7 см | 50 | 38 |
| Печи металлические без футеровки | 100 | 70 |

3. Отвод дыма в вентиляционные каналы не допускается.
 4. При установке на сгораемом перекрытии печей на ножках или кухонных очагов, пол под ними должен быть покрыт изоляцией (асбест или два слоя войлока, пропитанного глиняным раствором, и т. п.). Поверх изоляции должен быть прибит металлический лист.

При установке кирпичных кухонных плит без каркасов указанная изоляция должна быть усилена выстилкой трех рядов кирпича плашмя или устройством шанцевой кладки, с перекрытием шанцев одним рядом кирпича.

Высота ножек у металлических печей без футеровки должна быть не менее 20 см.

5. На деревянном полу перед топочной дверцей должен быть прибит металлический лист размером не менее 70 × 50 см, закрывающий участок пола и плинтуса у стенки печи под топочной дверцей.

На рис. 107 изображен блок трубы на 2 дыма, разработанный ЦНИЛАС (инж. В. А. Гримин). В отличие от предыдущих конструкций дымовые каналы здесь приняты круглого сечения, что значительно облегчает процесс формовки блоков. Вертикальные разделки ЦНИЛАС рекомендует выполнять из брусков таврового сечения с образованием внутри разделки воздушной прослойки.

Для изготовления сборных дымовых труб рекомендуется применить жаростойкий бетон, а также обыкновенный бетон марки не ниже «140», примерного состава 1:1:2 с кирпичным щебнем.

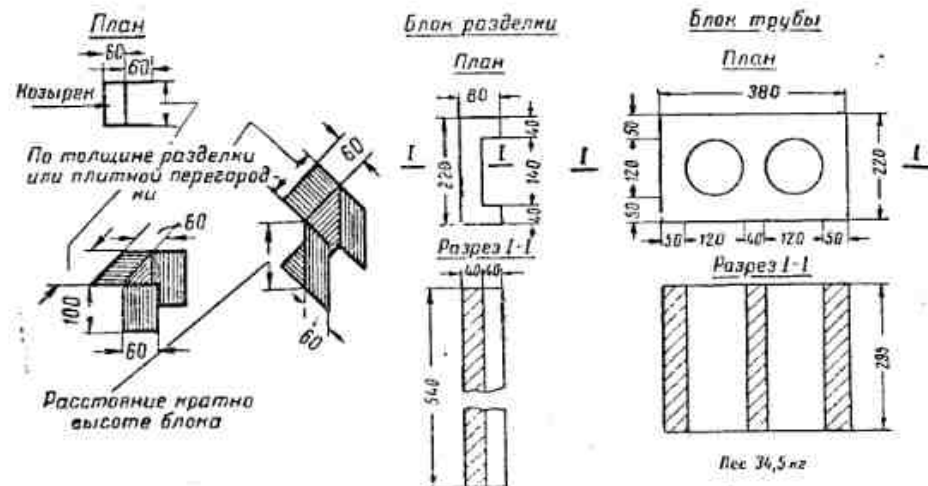


Рис. 106. Скобы для крепления вертикальных разделок.

Рис. 107. Блок трубы с дымами круглого сечения и вертикальная разделка конструкции ЦНИЛАС.

Наружные поверхности блоков могут отделяться так же, как блоки сборных печей или покрываться той же краской, что и внутренние стены помещения.

Ввиду малого опыта с применением сборных дымовых труб, пока остается не вполне ясным ряд вопросов, касающихся их конструкции.

Так, например, не имеется окончательного мнения о целесообразности армирования блоков, образующих ствол трубы (блоки №№ 1, 2). Возникают некоторые сомнения относительно статической устойчивости труб, имеющих ширину 25 см (труба № 1 на рис. 104), особенно в 2-этажном доме, при общей высоте трубы 8—10 м. Не проведено наблюдений, насколько приемлемы бетонные блоки с относительно тонкими и холодными внешними стенками в условиях суровых зим средних и северных районов Союза при $t_{вн} = -30^\circ$ и ниже.

Впредь до выяснения указанных вопросов и широкой проверки на опыте, трубы из бетонных блоков описанной конструкции можно рекомендовать только при строительстве временных сооружений и для южных районов.

6. При несгораемом поле и основании печи дно зольника и дно дымооборотов в печи допускаются на уровне пола помещения; при сгораемом поле и несгораемом основании печи допустимы печи с дном зольника на уровне пола и с дном дымооборотов на расстоянии не менее 14 см от пола; при сгораемом поле и основании печи допускаются печи с дном зольника и дном последнего дымооборота, выходящего в трубу, на расстоянии 14 см от пола. Дно остальных дымооборотов должно быть на расстоянии не менее 21 см от пола.

7. Расстояние от верхней плоскости перекрыши печи до потолка помещения должно быть не менее указанного в табл. 45.

Таблица 45

| Типы отопительных печей | Расстояние от поверхности перекрытий печи до потолка не менее см | |
|--|--|-----------------------------------|
| | Потолок, не защищенный от возгорания | Потолок, защищенный от возгорания |
| Печи теплоемкие весом более 750 кг | 35 | 25 |
| Печи теплоемкие весом 750 кг и менее | 45 | 35 |
| Печи нетеплоемкие | 100 | 70 |

Примечания. 1. Изоляция сгораемого потолка над печью должна быть осуществлена его штукатуркой или путем прибивки кровельной стали по асбесту или по двойному слою войлока, пропитанного глиняным раствором.

2. Участок потолка над печью, покрываемый изоляцией, должен выходить за габарит перекрыши печи на 15 см в каждую сторону.

3. При высоте печи более 2,1 м перекрыша печи должна состоять не менее чем из 3 рядов кирпича.

8. Пространство от верха печи до потолка помещения, за исключением печей нетеплоемких, допускается закрывать декоративной стенкой из несгораемого материала. В этом случае толщину перекрыши следует увеличивать на 5—7 см.

9. Разделки вокруг труб и около стеновых каналов должны делаться из кирпича путем утолщения кладки в соответствующих местах трубы в плоскости междуэтажного перекрытия (рис. 108), или путем применения других изолирующих конструкций.

10. При устройстве разделок в полах и потолках следует конструктивно обеспечивать независимую осадку стен и перекрытий и осадку печи и трубы.

С этой целью необходимо:

а) увеличивать высоту разделки, делая ее больше толщины перекрытия на величину осадки (рис. 108).

б) разделку, связанную с трубой или печью, не опирать на балки и доски перекрытия, оставляя промежуток в 2 см, с прокладкой в нем двух слоев войлока, пропитанного глиняным раствором.

11. Пол над разделкой должен быть выполнен из несгораемых материалов (бетон, метлахские плитки и т. п.).

12. В случаях применения в чердачном перекрытии засыпки торфом, опилками и др. легко загорающимися материалами, разделки дымовых труб, стеновых каналов и печей должны быть устроены на 7 см выше поверхности засыпки.

Разделка с железобетонной плитой

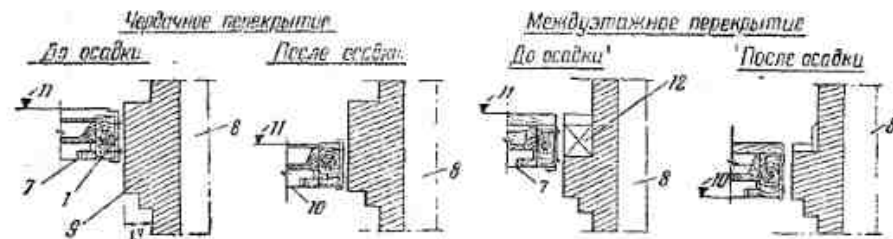
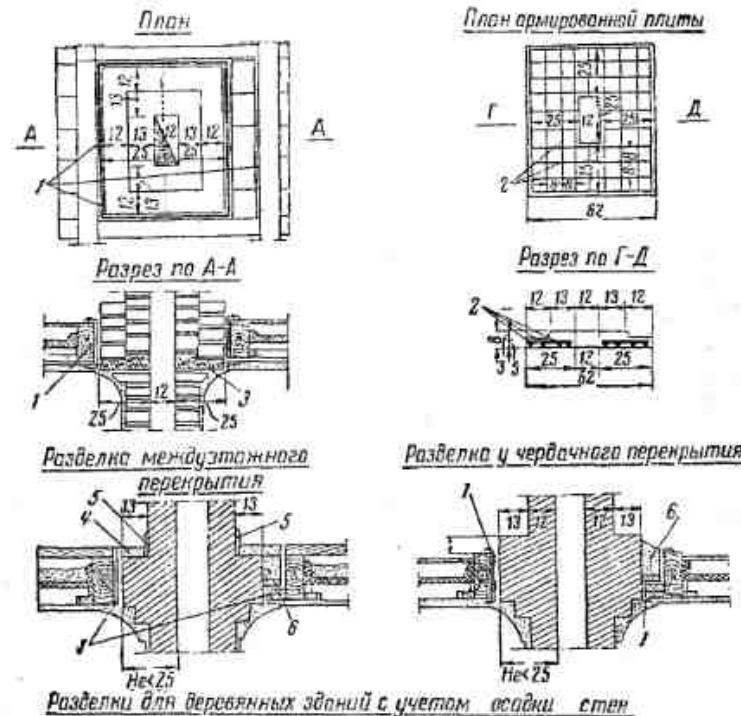


Рис. 108. Кирпичные разделки труб и дымоходов в перекрытиях:

1—два слоя войлока, пропитанного в глиняном растворе; 2—сталь кругл. diam. 4 мм; 3—железобетонная плита; 4—заделка из несгораемых материалов; 5—цементный плитус; 6—шлак или песок; 7—низ перекрытия до осадки; 8—дымоход; 9—разделка 13 см делается с учетом запаса на осадку стен в размере 4% от высоты стены; 10—низ перекрытия после осадки; 11—уровень пола; 12—перекрытые ряды кладки с оставшейся кладкой не перевязываются и после осадки здания удаляются.

13. Концы металлических балок, находящихся против дымоходов, а также металлические балки, проходящие мимо дымоходов, должны отстоять от них не менее чем на 12 см.

14. В шанцевой кладке между печью нижнего этажа и печью верхнего этажа не допускается располагать деревянные балки.

15. Воздушный промежуток (отступка) между сгораемыми стенками (перегородками) и печами, а также дымовыми трубами должен устраиваться во всю высоту печи или во всю высоту помещения при трубе. Ширина отступки принимается в соответствии с указаниями п. 2.

16. Отступка теплосъемной печи может оставаться открытой или заделываться с одной или с обеих концов стенкой из кирпича или из другого несгораемого материала. Толщина кирпичной стенки должна быть не менее $\frac{1}{4}$ кирпича.

При двух закрытых концах верх отступки перекрывается двумя рядами кирпича или другого несгораемого материала. Образовавшаяся закрытая камера должна быть снабжена внизу и вверху решетками размером во всю ширину отступки и высотой не менее 13 см.

Отступка нетеплосъемной печи должна оставаться открытой с обеих сторон. Сгораемый пол в отступке обделывается в один ряд кирпичом, плитками или другим несгораемым материалом.

17. Сгораемая стена или перегородка в отступке должна быть надежно изолирована. Для этой цели рекомендуется покрывать ее:

а) при открытой с одной стороны или с двух сторон отступке — двумя слоями войлока, пропитанного глиняным раствором, и сверху его слоем штукатурки или кровельной сталью;

б) при закрытой с обеих сторон отступке — облицовкой кирпичом по двойному слою войлока, пропитанного глиняным раствором (холодная четверть); толщина кирпичной облицовки должна быть $\frac{1}{4}$ кирпича — для отопительных печей и квартирных кухонных плит, $\frac{1}{2}$ кирпича — для кухонных плит в общежитиях;

в) для устройства холодной четверти у деревянной рубленой стены к стене должен быть прикреплен дощатый щит, не достигающий до перекрытия и обитый двумя слоями пропитанного глиняным раствором войлока, по которому должна производиться облицовка кирпичом (рис. 109);

г) высота и ширина холодных четвертей в отступках должна быть не меньше высоты и ширины отопительных печей и на 50 см выше кухонной плиты (рис. 110).

18. При установке кухонных плит у деревянных перегородок можно сделать вырез в перегородке и вставить плиту в перегородку (рис. 111).

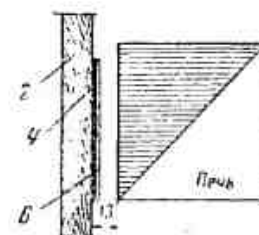
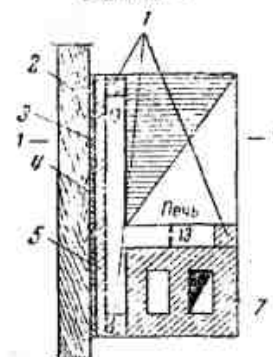
19. Перевязка с печью или трубой вертикальных разделок и стенок, закрывающих камеры отступок, не допускается.

20. Печи (трубы), установленные в проемах деревянных стен и перегородок, должны отделяться от них вертикальными кирпичными разделками во всю высоту печи и толщиной, одинаковой с толщиной стены (перегородки). Сгораемая конструкция должна быть изолирована в месте примыкания разделки асбестом или двумя слоями пропитанного глиняным раствором войлока (рис. 109). Ширина разделки от дыма до дерева должна выполняться в соответствии с указаниями п. 2.

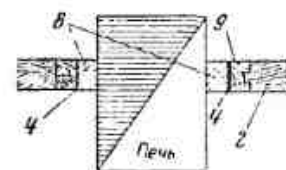
21. Примыкающая к печи сгораемая стена возле топочной дверцы должна быть покрыта изоляцией, начинающейся на уровне низа дверцы и идущей на 25 см выше ее верха.

1 Печь у деревянной стены с закрытой отступкой

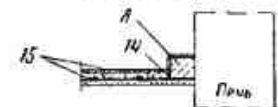
2 Печь у деревянной стены с открытой отступкой



3 Разделка у деревянной стены при размещении печи в проеме



4 Разделка у деревянной перегородки



Изоляция деревянной стены при закрытой отступке

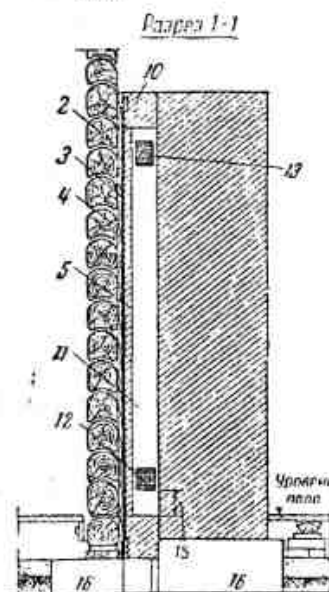
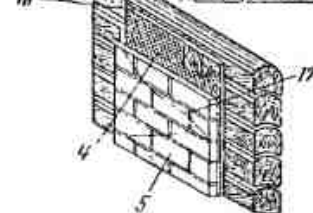


Рис. 109. Разделки, холодные четверти и отступки печей и труб, устанавливаемых у деревянных стен:

1 — решетки сверху и внизу отступки; 2 — деревянная стена; 3 — щит из досок толщиной 2,5 см; 4 — два слоя войлока, вымоченного в глиняном растворе; 5 — холодная четверть в $\frac{1}{4}$ кирпича; 6 — кровельная сталь для штукатурки; 7 — коренная труба; 8 — кирпичные разделки 13 см; 9 — деревянные стойки; 10 — два ряда кирпича; 11 — отступка 13 см; 12 — решетка для притока воздуха; 13 — решетка для выхода теплого воздуха; 14 — войлок; 15 — штукатурка; 16 — бут; 17 — проволока крепить гвоздями длиной 100 мм к деревянному щиту; 18 — щит из досок толщиной 2,5 см, крепится к стене гвоздями длиной 3 мм в 3 местах с тем, чтобы при осадке стены гвозди выгнулись, не препятствуя осадке.

22. Кирпичные стены с дымовыми каналами в шах, коренные трубы и печи, выходящие в лестничные клетки с деревянными

маршами, должны иметь утолщение стенок против «дымов» статическим расчетом, чтобы было соблюдено требование п. 2.

23. В стенах шлакобетонных, сырцовых, из силикатного кирпича и т. п. внутренние стенки дымовых каналов должны быть из красного кирпича или из другого заменяющего его материала.

24. От наружной поверхности кирпичных дымовых труб до деревянных частей стропил и обрешеток следует оставить свободное расстояние не менее 10 см.

При металлических и других нетеплоемких трубах ближайше к ним части сгораемых конструкций должны быть обиты кровельной сталью по войлоку, пропитанному глиняным раствором.

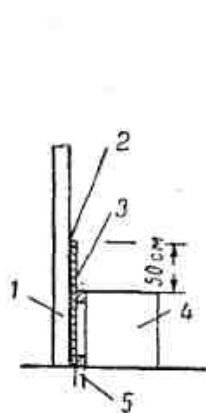


Рис. 110. Устройство отступок и разделок у кухонной плиты: 1—деревянная стена; 2—войлок, пропитанный в глине; 3—холодная четверть в $\frac{1}{4}$ кирпича; 4—кухонный очаг в индивидуальной квартире; 5—закрытая отступка 7 см.

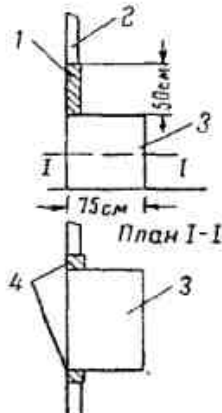


Рис. 111. Установка кухонной плиты в проеме деревянной перегородки: 1—стена в $\frac{1}{2}$ кирпича; 2—деревянная перегородка; 3—кухонный очаг; 4—разделки в $\frac{1}{2}$ кирпича.

25. При кровлях тесовых, драночных, щепных, гонтовых, свободное расстояние от деревянных частей до наружной поверхности дымовой трубы должно быть не менее 13 см.

При дымовых трубах нетеплоемких (металлических и др.) следует применять дополнительные меры изоляции.

26. В чердачных помещениях не допускается устройство: а) горизонтальных бороздов и б) прочистных отверстий в трубах.

27. Наружные стены дымовых труб в пределах чердачного помещения должны быть побелены.

28. Устройство патрубков и перекидных рукавов допускается при соблюдении следующих условий:

- а) длина перекидных рукавов должна быть не более 2 м;
- б) расстояние от верха перекрытия патрубка или перекидного рукава до сгораемого потолка должно быть не менее 50 см при отсутствии изоляции на потолке и не менее 38 см — при наличии изоляции;
- в) наружная поверхность дна патрубка или рукава должна отстоять от сгораемого пола не менее, чем на 14 см;

г) стенки и дно перекидных рукавов и патрубков должны быть в $\frac{1}{4}$ кирпича с наружным футляром из кровельной стали или в $\frac{1}{2}$ кирпича без металлического футляра;

д) перекрыша патрубков и рукавов должна состоять не менее, чем из двух рядов кирпича с перевязкой швов;

е) перекидные рукава и патрубки должны быть надежно укреплены.

29. Допускаются короткие металлические патрубки длиной до 40 см, не имеющие футеровки, при условии изготовления их из листовой стали толщиной не менее 1 мм.

30. При установке в помещениях металлических дымовых труб должны быть соблюдены следующие условия:

а) каждое предыдущее звено должно быть вдвинуто в последующее по ходу газов не менее, чем на 0,5 диаметра трубы с тщательной промазкой зазоров глиной;

б) металлическая труба должна быть присоединена к дымовому каналу в каменной стене или в коренной трубе путем вдвигания ее конца в кладку на длину не менее 10 см с тщательной промазкой глиной места соединения.

31. Металлические дымовые трубы, прокладываемые под сгораемыми потолками или параллельно сгораемым стенам и перегородкам, должны отстоять от них не менее, чем на 70 см при отсутствии изоляции, и не менее, чем на 50 см, при наличии изоляции сгораемых конструкций.

32. В сейсмических районах печи должны ставиться легкие, в каркасах. В случае необходимости установки печей тяжелых или больших тонкостенных печей они должны быть заключены в металлический футляр.

33. В сейсмических районах не должны применяться насадные кирпичные дымовые трубы.

34. Не допускается соединять подполье или пространство междуэтажного перекрытия с зольником печи (например, с целью вентиляции его во время топки).

35. По окончании установки печи, перед сдачей ее в эксплуатацию, печь должна быть испытана пробной топкой с составлением акта о безопасности ее в пожарном отношении.

Проверка вновь построенной печи пробной топкой до полного вывода дымовой трубы выше кровли не допускается.

Значение коэффициентов $B = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_n} + \frac{1}{\alpha_s}}$ для некоторых строительных ограждений (при 2-х тонках в сутки)

| № п/п | Конструкции ограждений | B |
|---------------------------------------|---|------|
| Стены наружные | | |
| 1 | Кирпичная стена на холодном растворе со штукатуркой | 4,47 |
| 2 | То же, на теплом растворе | 4,41 |
| 3 | Деревянная стена (рубленая, брусковая) без штукатурки | 3,12 |
| 4 | То же, со штукатуркой (известковой) | 3,70 |
| 5 | Конструкция, состоящая из: а) сухой органической штукатурки в 20 мм б) воздушного прослойка в) кирпичной кладки | 3,3 |
| 6 | Конструкция, состоящая из: а) сухой органической штукатурки в 20 мм б) досок толщиной 20 мм в) утеплителя или воздуха и проч. (в расчет не входит) | 3,45 |
| 7 | Конструкция, состоящая из: а) досок толщиной 16 мм б) оргалита и проч. | 2,68 |
| 8 | Конструкция, состоящая из: а) досок толщиной 19 мм б) торфопанты и проч. | 2,85 |
| 9 | То же, при толщине досок 22 мм | 3,00 |
| 10 | Дощатый щит из досок толщиной 25 мм с воздушными прослойками, разделенными бумажными перегородками или заполненными каким-либо утеплителем | 3,12 |
| 11 | Конструкция, состоящая из: а) штукатурки известковой толщиной 15 мм б) доски $\delta = 20$ мм и проч. | 3,55 |
| 12 | То же, при толщине штукатурки 20 мм | 3,70 |
| 13 | Конструкция, состоящая из: а) картона, толщиной 5 мм б) досок толщиной 16 мм в) воздушного прослойка г) оргалита и проч. | 2,53 |
| Стены внутренние и перегородки | | |
| 14 | Стена кирпичная на холодном растворе со штукатуркой | 4,3 |
| 15 | Деревянная стена (рубленая, брусковая) без штукатурки | 2,9 |

Продолжение

| № п/п | Конструкции ограждений | В |
|-----------------------------|--|------|
| 16 | То же, со штукатуркой (известковой) | 3,02 |
| 17 | Дощатая перегородка толщиной 40 мм без штукатурки | 2,5 |
| 18 | То же, со штукатуркой | 3,62 |
| 19 | Дощатая перегородка $\delta > 50$ мм без штукатурки | 2,9 |
| 20 | То же, со штукатуркой | 3,62 |
| 21 | Камышитовая перегородка со штукатуркой | 3,17 |
| 22 | Перегородка „Диферент“ ($\gamma = 700$) | 2,61 |
| 23 | Конструкция, состоящая из: а) сухой органической штукатурки толщиной 20 мм б) досок $\delta > 20$ мм и проч. | 3,40 |
| 24 | Конструкция, состоящая из: а) досок толщиной 16 мм б) оргалита и проч. | 2,68 |
| 25 | Конструкция, состоящая из: а) досок толщиной 16 мм б) воздушного прослойка в) оргалита и пр. | 2,56 |
| 26 | Конструкция, состоящая из: а) досок толщиной 22 мм б) песка сухого слоем в 45 мм в) досок толщиной 22 мм | 3,00 |
| Стены внутренние и наружные | | |
| 27 | Кладка из теплобетонных камней | |
| | $\gamma = 1200$ | 3,94 |
| | $\gamma = 1000$ | 3,75 |
| | $\gamma = 800$ | 3,26 |
| 28 | Фибролитовая стена со штукатуркой | 3,40 |
| 29 | Фанерные щиты ($\delta_{\text{ср}} = 6$ мм) с утеплением оргалитом | 2,13 |
| 30 | То же, с заполнением шлаковой ватой ($\gamma = 200$) | 1,65 |
| 31 | То же, с заполнением шевелином ($\gamma = 200$) | 1,97 |
| 32 | Фанерный щит ($\delta_{\text{ср}} = 6$ мм) с утеплением оргалитом и с воздушным прослойком между оргалитом и фанерой | 1,85 |
| Перекрытия чердачные | | |
| 33 | Деревянный потолок без штукатурки при $\delta_{\text{дер.}} > 25$ мм | 3,12 |
| 34 | Конструкция, состоящая из: а) штукатурки известковой толщиной 20 мм б) подшивки дощатой $\delta > 20$ мм и пр. | 3,70 |
| 35 | Конструкция, состоящая из: а) фанеры толщиной 5 мм б) воздушного прослойка в) горбылей $\delta > 20$ мм и пр. | 2,35 |

Продолжение

| № п/п | Конструкции ограждений | В |
|-------------------------|--|------|
| 36 | Фибролитовый потолок со штукатуркой | 3,40 |
| 37 | Конструкция, состоящая из: а) сухой органической штукатурки по рейкам в разбежку толщиной 20 мм б) воздушного прослойка в) деревянного наката и пр. | 2,63 |
| Перекрытия междуэтажные | | |
| 38 | Деревянный потолок без штукатурки при $\delta_{\text{дер.}} > 25$ мм | 2,9 |
| 39 | То же, со штукатуркой толщиной 20 мм при $\delta_{\text{дер.}} > 20$ мм | 3,62 |
| Полы | | |
| 40 | Полы на лагах над холодным подпольем и полы, утепленные при толщине верхнего настила $\delta > 25$ мм | 2,57 |
| 41 | Деревянный половой настил $\delta > 25$ мм в междуэтажном перекрытии | 2,43 |
| 42 | Конструкция, состоящая из: а) щитового паркета толщиной 20 мм б) фанерных щитов с заполнением оргалитом | 2,43 |
| 43 | Асфальтовый или бетонный пол | 3,78 |
| Окна и двери | | |
| 44 | Окна и застекленные двери при одиночных переплетах | 5,0 |
| 45 | То же, при двойных переплетах | 2,3 |
| 46 | Двери деревянные внутренние | 2,5 |

Значения ΣBF_0 для помещений в кирпичных, шлакобетонных и деревянных домах
Кирпичные дома. Потолок деревянный со штукатуркой¹⁾

| № по пор. | Высота помеще-ния в м | Конструкция стен | | | ΣBF_0 | Значения ΣBF_0 при площади помещения f м ² | | | | | | | | | |
|-----------|-----------------------|------------------|---------------------|-----------------------------|------------------------|---|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| | | кирпичн. | дерев. со штукатур. | камышит., диферент. и т. п. | | 6 | 8 | 10 | 12 | 14 | 16 | 18 | 20 | 22 | 25 |
| 1 | 2,6 | 4 | — | — | $45,5\sqrt{f} + 6,23f$ | 148 | 178 | 206 | 233 | 257 | 282 | 305 | 329 | 350 | 383 |
| | 2,8 | | | | $49\sqrt{f} + 6,23f$ | 156 | 188 | 217 | 244 | 270 | 296 | 319 | 344 | 366 | 400 |
| | 3,0 | | | | $52,5\sqrt{f} + 6,23f$ | 165 | 198 | 228 | 257 | 283 | 310 | 334 | 360 | 382 | 418 |
| 2 | 2,6 | 3 | 1 | — | $43,8\sqrt{f} + 6,23f$ | 144 | 173 | 201 | 227 | 251 | 275 | 297 | 321 | 342 | 375 |
| | 2,8 | | | | $47,1\sqrt{f} + 6,23f$ | 152 | 182 | 211 | 248 | 263 | 289 | 312 | 336 | 357 | 391 |
| | 3,0 | | | | $50,4\sqrt{f} + 6,23f$ | 160 | 193 | 222 | 250 | 276 | 302 | 327 | 351 | 373 | 408 |
| 3 | 2,6 | 3 | — | 1 | $42,4\sqrt{f} + 6,23f$ | 140 | 169 | 195 | 221 | 245 | 269 | 292 | 314 | 335 | 367 |
| | 2,8 | | | | $45,7\sqrt{f} + 6,23f$ | 148 | 179 | 207 | 234 | 258 | 283 | 306 | 329 | 350 | 384 |
| | 3,0 | | | | $49,0\sqrt{f} + 6,23f$ | 156 | 188 | 217 | 244 | 260 | 296 | 319 | 344 | 363 | 401 |
| 4 | 2,6 | 2 | 2 | — | $42,0\sqrt{f} + 6,23f$ | 140 | 169 | 195 | 221 | 245 | 269 | 290 | 314 | 335 | 366 |
| | 2,8 | | | | $45,2\sqrt{f} + 6,23f$ | 147 | 178 | 205 | 232 | 256 | 281 | 304 | 327 | 346 | 382 |
| | 3,0 | | | | $48,4\sqrt{f} + 6,23f$ | 155 | 187 | 215 | 243 | 267 | 293 | 317 | 341 | 363 | 397 |
| 5 | 2,6 | 2 | — | 2 | $38,4\sqrt{f} + 6,23f$ | 129 | 157 | 183 | 208 | 230 | 254 | 275 | 297 | 317 | 348 |
| | 2,8 | | | | $41,3\sqrt{f} + 6,23f$ | 137 | 167 | 192 | 218 | 241 | 265 | 287 | 310 | 331 | 363 |
| | 3,0 | | | | $44,2\sqrt{f} + 6,23f$ | 145 | 175 | 202 | 228 | 252 | 277 | 299 | 322 | 344 | 377 |
| 6 | 2,6 | 1 | 3 | — | $40,2\sqrt{f} + 6,23f$ | 134 | 162 | 189 | 214 | 236 | 261 | 282 | 305 | 326 | 357 |
| | 2,8 | | | | $43,3\sqrt{f} + 6,23f$ | 141 | 172 | 198 | 224 | 248 | 273 | 295 | 318 | 338 | 372 |
| | 3,0 | | | | $46,4\sqrt{f} + 6,23f$ | 149 | 180 | 208 | 235 | 260 | 285 | 308 | 331 | 353 | 387 |
| 7 | 2,6 | 1 | — | 3 | $35,1\sqrt{f} + 6,23f$ | 123 | 149 | 173 | 197 | 218 | 241 | 261 | 282 | 301 | 332 |
| | 2,8 | | | | $37,8\sqrt{f} + 6,23f$ | 129 | 156 | 182 | 206 | 228 | 251 | 272 | 294 | 314 | 345 |
| | 3,0 | | | | $40,5\sqrt{f} + 6,23f$ | 136 | 161 | 190 | 215 | 238 | 262 | 284 | 306 | 327 | 359 |

1) Если потолок деревянный без штукатурки или фанерный, то табличные значения ΣBF_0 умножаются на 0,95.

Дома из шлакобетонных камней ($\gamma=1200$).
Потолок деревянный со штукатуркой¹⁾.

Таблица II

| № по пор. | Высота помеще-ния в м | Конструкция стен | | | ΣBF_0 | Значения ΣBF_0 при площади помещения f м ² | | | | | | | | | |
|-----------|-----------------------|------------------|---------------------|-----------------------------|-----------------------|---|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| | | шлако-бетон-ные | дерев. со штукатур. | камышит., диферент. и т. п. | | 6 | 8 | 10 | 12 | 14 | 16 | 18 | 20 | 22 | 25 |
| 1 | 2,6 | 4 | — | — | $40,8\sqrt{f} + 6,23$ | 135,3 | 164 | 191 | 217 | 239 | 263 | 284 | 307 | 328 | 360 |
| | 2,8 | | | | $44,0\sqrt{f} + 6,23$ | 143,0 | 173 | 201 | 227 | 251 | 276 | 298 | 321 | 343 | 376 |
| | 3,0 | | | | $47,2\sqrt{f} + 6,23$ | 152 | 182 | 211 | 239 | 263 | 289 | 312 | 336 | 357 | 391 |
| 2 | 2,6 | 3 | 1 | — | $40,2\sqrt{f} + 6,23$ | 134 | 162 | 189 | 214 | 236 | 261 | 282 | 305 | 325 | 357 |
| | 2,8 | | | | $43,3\sqrt{f} + 6,23$ | 141 | 172 | 198 | 224 | 248 | 273 | 295 | 318 | 340 | 372 |
| | 3,0 | | | | $46,4\sqrt{f} + 6,23$ | 149 | 180 | 208 | 235 | 260 | 285 | 308 | 331 | 353 | 387 |
| 3 | 2,6 | 3 | — | 1 | $38,7\sqrt{f} + 6,23$ | 130 | 158 | 184 | 209 | 231 | 255 | 276 | 298 | 318 | 349 |
| | 2,8 | | | | $41,7\sqrt{f} + 6,23$ | 138 | 168 | 194 | 219 | 243 | 267 | 289 | 311 | 332 | 365 |
| | 3,0 | | | | $44,7\sqrt{f} + 6,23$ | 146 | 176 | 203 | 229 | 254 | 278 | 302 | 324 | 347 | 380 |
| 4 | 2,6 | 2 | 2 | — | $39,2\sqrt{f} + 6,23$ | 133 | 161 | 186 | 211 | 234 | 257 | 278 | 300 | 321 | 352 |
| | 2,8 | | | | $42,3\sqrt{f} + 6,23$ | 140 | 169 | 195 | 221 | 245 | 269 | 291 | 314 | 335 | 367 |
| | 3,0 | | | | $45,3\sqrt{f} + 6,23$ | 147 | 178 | 205 | 232 | 256 | 281 | 304 | 327 | 348 | 382 |
| 5 | 2,6 | 2 | — | 2 | $36,5\sqrt{f} + 6,23$ | 126 | 153 | 177 | 201 | 223 | 246 | 266 | 288 | 308 | 338 |
| | 2,8 | | | | $39,3\sqrt{f} + 6,23$ | 133 | 161 | 186 | 211 | 234 | 257 | 278 | 300 | 321 | 352 |
| | 3,0 | | | | $42,0\sqrt{f} + 6,23$ | 140 | 169 | 195 | 221 | 245 | 269 | 290 | 314 | 335 | 366 |
| 6 | 2,6 | 1 | 3 | — | $38,4\sqrt{f} + 6,23$ | 129 | 157 | 183 | 208 | 230 | 254 | 275 | 297 | 317 | 348 |
| | 2,8 | | | | $41,3\sqrt{f} + 6,23$ | 137 | 167 | 192 | 218 | 241 | 265 | 287 | 310 | 331 | 363 |
| | 3,0 | | | | $42,2\sqrt{f} + 6,23$ | 145 | 175 | 202 | 228 | 252 | 277 | 299 | 322 | 344 | 377 |
| 7 | 2,6 | 1 | — | 3 | $33,4\sqrt{f} + 6,23$ | 120 | 144 | 167 | 190 | 212 | 233 | 253 | 274 | 293 | 323 |
| | 2,8 | | | | $36,0\sqrt{f} + 6,23$ | 125 | 152 | 175 | 200 | 221 | 244 | 264 | 286 | 305 | 336 |
| | 3,0 | | | | $38,6\sqrt{f} + 6,23$ | 130 | 158 | 184 | 209 | 231 | 255 | 276 | 298 | 318 | 349 |

1) Если потолок деревянный без штукатурки или фанерный, то табличные значения ΣBF_0 умножаются на 0,95.

Дома деревянные со штукатуркой или из шлакобетонных камней ($\gamma=1000$).
(Сюда же включаются каркасные обшивные дома со штукатуркой и с засыпкой опилками, шлаком и пр.).

Потолок деревянный со штукатуркой¹⁾.

| № по пор. | Высота помещения в м | Конструкция стен | | ΣBF_0 | Значения ΣBF_0 при площади помещения f м ² | | | | | | | | | |
|-----------|----------------------|-----------------------------------|-----------------------------|------------------------|---|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| | | дерев. со штукатур. или шлакобет. | камышит., диферент. и т. п. | | 6 | 8 | 10 | 12 | 14 | 16 | 18 | 20 | 22 | 25 |
| 1 | 2,6 | 1 | — | $38,7\sqrt{f} + 6,23f$ | 132 | 159 | 185 | 209 | 232 | 255 | 276 | 298 | 318 | 350 |
| | 2,8 | | | $11,7\sqrt{f} + 6,23f$ | 139 | 168 | 191 | 220 | 243 | 267 | 289 | 312 | 332 | 364 |
| | 3,0 | | | $44,7\sqrt{f} + 6,23f$ | 146 | 176 | 201 | 230 | 251 | 279 | 302 | 325 | 346 | 380 |
| 2 | 2,6 | 3 | 1 | $36,8\sqrt{f} + 6,23f$ | 127 | 154 | 178 | 202 | 224 | 247 | 268 | 290 | 309 | 349 |
| | 2,8 | | | $39,6\sqrt{f} + 6,23f$ | 134 | 162 | 187 | 212 | 235 | 258 | 279 | 302 | 322 | 354 |
| | 3,0 | | | $42,4\sqrt{f} + 6,23f$ | 140 | 169 | 196 | 222 | 246 | 269 | 291 | 314 | 335 | 368 |
| 3 | 2,6 | 2 | 2 | $35,3\sqrt{f} + 6,23f$ | 123 | 150 | 173 | 197 | 218 | 241 | 261 | 282 | 301 | 332 |
| | 2,8 | | | $38,0\sqrt{f} + 6,23f$ | 130 | 157 | 182 | 207 | 229 | 252 | 273 | 295 | 315 | 346 |
| | 3,0 | | | $40,7\sqrt{f} + 6,23f$ | 136 | 164 | 190 | 215 | 238 | 262 | 284 | 306 | 327 | 359 |
| 4 | 2,6 | 1 | 3 | $32,6\sqrt{f} + 6,23f$ | 117 | 142 | 164 | 188 | 209 | 230 | 250 | 271 | 290 | 319 |
| | 2,8 | | | $35,2\sqrt{f} + 6,23f$ | 124 | 150 | 173 | 197 | 219 | 241 | 260 | 281 | 301 | 332 |
| | 3,0 | | | $37,8\sqrt{f} + 6,23f$ | 131 | 157 | 182 | 206 | 229 | 251 | 271 | 293 | 314 | 343 |

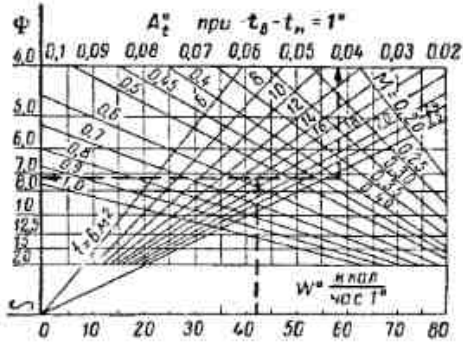
1) Если потолок деревянный без штукатурки или фанерный, то табличные значения ΣBF_0 умножаются на 0,94.

| № по пор. | Высота помещения в м | ΣBF_0 | Значения ΣB при площади помещения f м ² | | | | | | | | | |
|-----------|----------------------|------------------------|--|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| | | | 6 | 8 | 10 | 12 | 14 | 16 | 18 | 20 | 22 | 25 |
| 1 | 2,6 | $31,2\sqrt{f} + 5,25f$ | 108 | 130 | 151 | 171 | 190 | 209 | 226 | 244 | 261 | 287 |
| 2 | 2,8 | $33,5\sqrt{f} + 5,25f$ | 114 | 137 | 159 | 179 | 199 | 218 | 237 | 255 | 273 | 299 |
| 3 | 3,0 | $35,8\sqrt{f} + 5,25f$ | 120 | 144 | 167 | 187 | 208 | 227 | 248 | 266 | 285 | 311 |

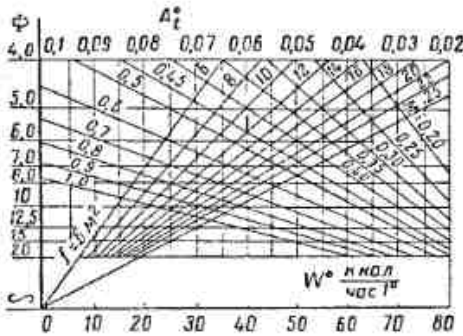
Деревянные дома без штукатурки

Таблица IV

Графики для определения ориентировочных значений ψ и A_t при печном отоплении



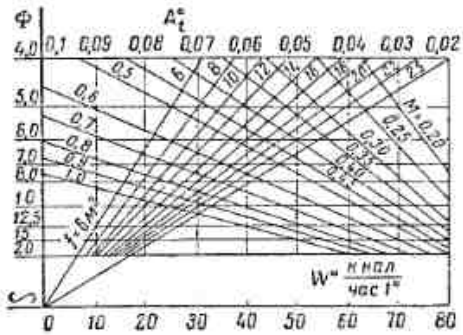
- 1. Кирпичные дома**
- f — площадь помещения в m^2
 - M — коэф. неравн. теплоотдачи печи
 - ψ — коэф. тепловой инерции помещения
 - W° — теплопотери помещения при $t_g - t_n = 1^\circ$
 - A_t — амплитуда колебания температуры помещения при $t_g - t_n = 1^\circ$



- 2. Деревянные со штукатурной или шлакобетонные ($\gamma = 1000 \text{ кг/м}^3$) дома**

$$A_t = \frac{0,75 M}{\psi}$$

$$A_t = A_t (t_g - t_n)$$



- 3. Деревянные дома без штукатурки**
- Пример: — кирпичный дом
 площадь комнаты $f = 16 \text{ м}^2$
 теплопотери $W^\circ = 42 \text{ ккал/час } 1^\circ$
 установлена печь с коэф. неравн. $M = 0,40$
 $t_g - t_n = 48^\circ$
- По верхнему графику находим:
 $\psi = 7,3$; $A_t = 0,041^\circ$
 $A_t = 0,041 \cdot 48 = 1,97^\circ$

Основные данные по некоторым типовым печам

$Q_{\text{час}}$ — теплоотдача ккал/час;
 G — вес печи в кг;
 M — коэффициент неравномерности при двух топках;
 h — высота от пола до выхода дыма в см.

| Печи А В Хлудова | | Технические характеристики | | | | |
|------------------|--|----------------------------|-----------------|------|-----------|-----------|
| | | H см | Q ккал/час | M | G кг | h см |
| | | 205,0 | 2100 | 0,8 | 657 | 34 |
| | | 175,5 | 1800 | 0,85 | 575 | 34 |
| | | 154,8 | 1550 | 0,90 | 492 | 34 |

| Печи Л Д Семенова | | Технические характеристики | |
|-------------------|--|----------------------------|------|
| | | Q ккал/час | M |
| | | 3000 | 0,32 |
| | | 1800 | 0,45 |
| | | 1050 | 600 |
| | | 100 | 100 |

Рис. 112. Печи сборно-блочные повышенного прогрева.

| № п/п | Основные данные | № п/п | Основные данные |
|---------|---|---|-----------------|
| МВМС-52 | <p>Q час = 1200 $\frac{\text{ккал}}{\text{час}}$</p> <p>M = 0,8</p> <p>h = 68 см</p> <p>C = 380 мм</p> | <p>МВМС-66</p> <p>Q час = 3000 $\frac{\text{ккал}}{\text{час}}$</p> <p>M = 0,43</p> <p>C = 940 мм</p> <p>h = 80 см</p> | |
| МВМС-63 | <p>Q час = 1500 $\frac{\text{ккал}}{\text{час}}$</p> <p>M = 0,60</p> <p>h = 80 см</p> | <p>МВМС-103</p> <p>Q час = 1500 $\frac{\text{ккал}}{\text{час}}$</p> <p>M = 0,60</p> <p>C = 500 мм</p> <p>h = 80 см</p> <p>Дуговая</p> | |
| МВМС-64 | <p>Q час = 2000 $\frac{\text{ккал}}{\text{час}}$</p> <p>M = 0,5</p> <p>h = 80 см</p> | <p>МВМС-204</p> <p>Q час = 2500 $\frac{\text{ккал}}{\text{час}}$</p> <p>M = 0,55</p> <p>h = 120 см</p> | |
| МВМС-65 | <p>Q час = 2500 $\frac{\text{ккал}}{\text{час}}$</p> <p>M = 0,45</p> <p>h = 90 см</p> | <p>МВМС-208</p> <p>Q час = 2000 $\frac{\text{ккал}}{\text{час}}$</p> <p>M = 0,65</p> <p>h = 100 см</p> | |

Рис. 113. Печи повышенного прогрева в каркасах.

| № п/п | Основные данные | № п/п | Основные данные |
|-------|---|-------------|-----------------|
| 0-1 | <p>Q $\frac{\text{ккал}}{\text{час}}$</p> <p>печи</p> <p>II</p> <p>III</p> <p>IV</p> <p>Всего</p> <p>2000</p> <p>M = 0,40</p> <p>H = 245 см ; C = 1260 мм</p> | <p>0-5</p> | |
| 0-2 | <p>Q $\frac{\text{ккал}}{\text{час}}$</p> <p>печи</p> <p>II</p> <p>III</p> <p>IV</p> <p>Всего</p> <p>2200</p> <p>M = 0,30</p> <p>H = 245 см ; C = 1500 мм</p> | <p>0-7</p> | |
| 0-3 | <p>Q $\frac{\text{ккал}}{\text{час}}$</p> <p>печи</p> <p>I</p> <p>II</p> <p>III</p> <p>IV</p> <p>Всего</p> <p>2400</p> <p>M = 0,25</p> <p>H = 245 см ; C = 1600 мм</p> | <p>0-9</p> | |
| 0-4 | <p>Q $\frac{\text{ккал}}{\text{час}}$</p> <p>печи</p> <p>I</p> <p>II</p> <p>III</p> <p>IV</p> <p>Всего</p> <p>2400</p> <p>M = 0,25</p> <p>H = 245 см ; C = 1600 мм</p> | <p>0-10</p> | |

Рис. 114. Толстостенные печи умеренного прогрева в ступках.

УКАЗАТЕЛЬ ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. О. Е. Власов. Теплотехнический расчет ограждающих конструкций. Госстройиздат, 1933.
2. А. М. Шкловер. Метод расчета зданий на теплоустойчивость, изд. Академии архитектуры СССР, 1945.
3. Л. А. Семенов. Теплоотдача отопительных печей и расчет печного отопления, Госстройиздат, 1943.
4. Учебник гигиены, под ред. Н. А. Сысина, изд. 1942.
5. Учебник гигиены, под ред. Н. А. Сысина, изд. 1933.
6. К. Ф. Фокин. Курс строительной теплотехники, изд. 1937.
7. А. Н. Борщевский и В. Д. Цветаев. Инструкция по борьбе с гниением дерева, изд. 1935.
8. Л. А. Семенов. Испытание трех русских печей, журн. «Отопление и вентиляция» № 6, 1941.
9. Ком. СТО. Технические условия и нормы для теплотехнического расчета ограждающих конструкций, 1929.
10. «Известия Теплотехнического института», № 3, 1927.
11. ГОСТ 2127—47. Печи отопительные теплоемкие. Нормы проектирования.
12. ГОСТ 4057—48. Отопление печное. Нормы проектирования.
13. Гипрaviaпром. Печное отопление жилых зданий, выпуск 1-й. Отопительные кирпичные печи, изд. 1946.
14. Управление по делам архитектуры при СМ РСФСР. Печи и плиты для малоэтажных жилых зданий, 1946.
15. ГОСТ 90008—39. Нормы определения теплопотерь через ограждения зданий и расчетных температур.
16. ГОСТ 3000—45. Печи теплоемкие. Метод испытаний.
17. Сельхозстройпроект. «Русские печи», 1941.
18. Сборно-блочные и каркасные отопительные печи облегченных конструкций, Альбом чертежей. Комитет по делам архитектуры при СМ СССР, 1948.
19. ГОСТ-4058—48. Отопление печное. Пожарная профилактика.
20. М. В. Кирпичев и В. А. Михеев. Моделирование тепловых устройств, 1936.
21. Бубнов. К вопросу о рациональном устройстве отопления и вентиляции, 1890.
22. И. С. Подгородников. Русская печь — теплушка, 2 изд., 1945.
23. И. И. Ковалевский. Печи отопительные и хозяйственно-бытовые, изд. 1941.

ГЛАВНЕЙШИЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ

1. t — температура воздуха помещения.
2. $t_{\text{ср}}$ — то же, средняя.
3. t_{max} — то же, максимальная.
4. t_{min} — то же, минимальная.
5. τ — температура внутренней поверхности ограждения.
6. $\tau_{\text{ср}}$ — то же, средняя температура.
7. τ_{max} — то же, максимальная
8. τ_{min} — то же, минимальная
9. A_t — амплитуда колебаний температуры воздуха помещения.
10. A_τ — амплитуда колебаний температуры внутренней поверхности ограждения.
11. Q — теплоотдача отопительного прибора, ккал/час .
12. $Q_{\text{ср}}$ — то же, средняя теплоотдача.
13. Q_{max} — то же, максимальная
14. Q_{min} — то же, минимальная
15. A_Q — амплитуда колебаний теплоотдачи отопительного прибора, $\frac{\text{ккал}}{\text{час}}$.
16. q — теплопоглощение поверхности ограждения, $\text{ккал/м}^2 \text{ час}$.
17. A_q — амплитуда колебаний теплопоглощения поверхности ограждения, $\text{ккал/м}^2 \text{ час}$.
18. λ — коэффициент теплопроводности материала, ккал/м час град .
19. δ — толщина слоя ограждения, м.
20. k — коэффициент теплопередачи ограждения, $\text{ккал/м}^2 \text{ час град}$.
21. R — сопротивление теплопроницанию слоя, $\text{час м}^2 \text{ град/ккал}$.
22. R_0 — общее термическое сопротивление ограждения, $\text{час м}^2 \text{ град/ккал}$.
23. a_n — коэффициент теплоперехода от воздуха помещения к внутренней поверхности ограждения, $\text{ккал/м}^2 \text{ час/град}$.
24. a_n — от наружной поверхности ограждения к наружному воздуху, $\text{ккал/м}^2 \text{ час град}$.
25. a_k — коэффициент теплопередачи конвекцией, $\frac{\text{ккал}}{\text{м}^2 \text{ час град}}$.
26. c — теплоемкость материала, ккал/кг град .
27. γ — объемный вес материала, кг/м^3 .
28. y — удельный коэффициент теплоусвоения материала, $\text{ккал/м}^2 \text{ час град}$.
29. y — то же, в комплексном выражении.
30. Y_n — коэффициент теплоусвоения внутренней поверхности ограждения, $\text{ккал м}^2 \text{ час/град}$.
31. Y_n — то же, в комплексном выражении.
32. B — коэффициент теплопоглощения ограждения, $\text{ккал/м}^2 \text{ час град}$.
33. B — то же, в комплексном выражении.
34. B^p — условный коэффициент теплопоглощения 1 кг материала при полном прогреве, ккал/кг час град .
35. P — теплопоглощающая способность помещения, ккал/час град .
36. G — вес, кг.
37. ψ — коэффициент тепловой инерции помещения (безразмерный).

38. M — коэффициент неравномерности теплоотдачи отопительного прибора.
 39. th — гиперболический тангенс.
 40. F — поверхность, m^2 .
 41. f — площадь помещения, m^2 .
 42. α_0 — угол сдвига фаз между Q и t .
 43. α_1 — " " " " q и t .
 44. α_2 — " " " " q и τ .
 45. α_3 — " " " " t и τ .
 46. α — " " " " Q и q .
 47. z — полный период колебаний, час.
 48. z_1 — продолжительность отрезка в времени, соответствующего возрастанию теплового потока, час.
 49. z_2 — то же, падению теплового потока до момента его последующего возрастания.
 50. m — продолжительность точки системы отопления, час.
 51. n — продолжительность перерыва между топками системы отопления, час.
 52. T — время, час.
 53. γ_B — поправочный коэффициент к коэффициенту теплопоглощения ограждения.
 54. γ_{ϕ} — поправочный коэффициент на сдвиг фаз к теплопоглощательной способности помещения.
 55. $\gamma_{\text{л}}$ — поправочный коэффициент „на лучеиспускание“.
 56. $\gamma_{\text{м}}$ — " " "на мебель“.
 57. $\gamma_{\text{н}}$ — " " "на негармоничность кривой теплоотдачи прибора“.
 58. $\gamma_{\text{б}}$ — поправочный коэффициент „на бытовое тепло“.
 59. $Q_{\text{б}}$ — количество бытового тепла, $ккал/час$.
 60. $q_{\text{б}}$ — то же на $1 m^3$ помещения, $ккал/m^3 час$.
 61. W_0 — теплопотери помещения на 1° разности температур, $ккал/час град$.
 62. q^0 — удельные теплопотери помещения, $ккал/m^3 час град$.
 63. N_0 — число дней отопительного сезона, без учета бытового тепла.
 64. n_{σ} — то же с учетом бытового тепла.
 65. $t_{\text{н}}$ — наружная расчетная температура для систем отопления.
 66. $t_{\text{н ср}}$ — средняя наружная температура отопительного сезона.
 67. $L_{\text{в}}$ — вентиляционный обмен, $m^3/час$.
 68. $Q_{\text{в}}$ — низшая теплотворная способность рабочего топлива, $ккал/кг$.
 69. H — высота, m .
 70. V — объем, m^3 .
 71. v — скорость, $m/сек$.
 72. $N_{\text{к}}^0$ — расход кирпича на кладку печи, отнесенный к $1000 мккал/час$ ее теплоотдачи, шт.
 73. ω — относительная влажность воздуха, в процентах.
 74. $N_{\text{в}}$ — кратность вентиляционного обмена, час.

ОГЛАВЛЕНИЕ

| | Стр. |
|---|-----------|
| Предисловие | 3 |
| Глава I. Общие требования, предъявляемые к отопительной печи | 5 |
| Печи умеренного прогрева | — |
| Печи повышенного прогрева | 7 |
| Глава II. Колебания температуры помещения при периодическом отоплении | 9 |
| Коэффициент теплопоглощения поверхности ограждения | — |
| Определение коэффициентов теплоусвоения поверхности ограждения $Y_{\text{в}}$ и $\bar{Y}_{\text{в}}$ | 12 |
| Сравнение значений коэффициентов теплопоглощения ограждений, определяемых по точному и приближенному способам | 18 |
| Теплопоглощательная способность помещения и амплитуда колебаний температуры воздуха | 25 |
| Сдвиги фаз между теплоотдачей отопительного прибора и теплопоглощениями отдельных ограждений | 26 |
| Пределы значений поправочных коэффициентов на „сдвиг фаз“ | 29 |
| Рекомендуемая формула для определения теплопоглощательной способности помещения | 30 |
| Метод приближенного определения величины ΣBF_0 | — |
| Глава III. Отопительные приборы с негармонической кривой теплоотдачи | 32 |
| Теплоемкие отопительные печи | — |
| Применение тригонометрических рядов Фурье для определения значений A_t | 34 |
| Примеры расчетов для теплоемких печей | 38 |
| Анализ полученных результатов для функций 1—5 | 42 |
| Нетеплоемкие отопительные приборы периодического действия | 47 |
| Поквартирное водяное отопление периодического действия | 54 |
| Глава IV. Влияние некоторых факторов на колебания температуры помещения | 57 |
| Лучеиспускание отопительного прибора | — |
| Доля лучеиспускания при различных случаях установки печи | 60 |
| Поправочный коэффициент на лучеиспускание | 61 |
| Влияние мебелировки на коэффициент теплопоглощения помещения (общие соображения) | — |
| Теплопоглощение при полном прогреве | 63 |
| Теплопоглощение при неполном прогреве | 65 |

| | Стр. |
|--|------------|
| Поправочный коэффициент „на мебель“ | 65 |
| Бытовое тепло (общее определение) | 66 |
| Случай 1-й. Бытовое тепло не участвует в покрытии теплопотерь | 68 |
| Случай 2-й. Бытовое тепло участвует в покрытии теплопотерь | 70 |
| Неравномерное распределение бытового тепла по часам суток | 72 |
| Поправочные коэффициенты „на бытовое тепло“ | 75 |
| Формулы для определения амплитуды колебаний температуры помещения A_t с учетом поправочных коэффициентов | 76 |
| Глава V. Допустимые пределы колебаний температуры жилых помещений | 80 |
| Общие соображения | — |
| Изменение значений A_t в течение отопительного сезона | — |
| Температура внутренней поверхности наружных ограждений | 83 |
| Допустимые пределы колебаний температуры воздуха помещения с гигиенической точки зрения | 88 |
| Конденсация влаги на внутренних поверхностях наружных ограждений | 90 |
| Глава VI. Коэффициент тепловой инерции помещений | 93 |
| Понятие и вывод расчетных формул | — |
| Зависимость коэффициента ψ от различных факторов | 94 |
| Оценка конструкций ограждений с точки зрения теплоустойчивости помещения | 100 |
| О возможных перерывах в точке теплоемких систем отопления | 105 |
| Глава VII. Прогрев и теплоотдача теплоемких отопительных печей | 107 |
| Низкая эффективность теплоотдачи тонкостенных печей умеренного прогрева | 107 |
| Новые нормы прогрева тонкостенных печей | 115 |
| Теплоотдача и теплоаккумуляция тонкостенных печей повышенного прогрева | 118 |
| Коэффициент неравномерности теплоотдачи печи | 119 |
| Некоторые соображения о конструировании тонкостенных печей повышенного прогрева | 123 |
| Печи канальные и бесканальные | 126 |
| Глава VIII. Современные типы печей | 130 |
| Классификация печей (в соответствии с ГОСТ 2127-47) | — |
| Расчет теплоемких печей | 132 |
| Индустриальные типы печей повышенного прогрева | 138 |
| Типы печей умеренного прогрева | 156 |
| Кухонные плиты и отопительные щитки | 168 |
| Русские печи | 177 |
| Нетеплоемкие печи | 180 |
| Печи непрерывного и затяжного горения | 191 |
| Глава IX. Расчет печного отопления | 196 |
| Приципиальные особенности нового метода расчета | — |
| Расчет теплопотерь | 197 |
| Выбор печи | 200 |
| Проверка теплоустойчивости помещения | 201 |
| Теплоотдача отопительных печей | 202 |

| | Стр. |
|--|------------|
| Теплоотдача печных устройств, служащих для приготовления пищи | 205 |
| Общие соображения о применении разных типов печей и их размещении | 206 |
| О расходе топлива на печное отопление | 211 |
| Примеры расчета печного отопления | 218 |
| Глава X. Устройство оснований под печи и дымовые трубы. Устройство дымовых труб. Пожарная профилактика | 225 |
| Основания печей | — |
| Дымовые трубы | 229 |
| Сборно-блочные коренные дымовые трубы | 233 |
| Пожарная профилактика | 239 |
| Приложения | 247 |
| I. Значения коэффициентов $B \frac{1}{\frac{1}{a_{в}} + \frac{1}{\gamma_{в}}}$ для некоторых строительных ограждений | — |
| II. Значения ΣBF_0 для помещений в кирпичных, шлакобетонных и деревянных домах | 250 |
| III. Графики для определения ориентировочных значений ψ и A_t при печном отоплении | 254 |
| IV. Основные данные по некоторым типовым печам | 255 |
| Указатель использованной литературы | 258 |
| Главнейшие обозначения | 259 |