

неосознанно загораживают теплосъемные стенки металлического топливника от излучения пламени и углей и переводят лучистое тепло в тепло дымовых газов (точно так же, как и в случае полностью прогретых кирпичных топливников). Отобрать затем тепло дымовых газов в дымооборотах намного сложнее, чем поглотить тепло лучистых потоков непосредственно в топливнике: необходимы большие площади и низкие температуры поверхностей теплообмена.

#### *5.7.14. Футеровка и облицовка печей*

Защитить внутренние стенки топливников от чрезмерных тепловых нагрузок можно по-разному. Во-первых, их можно загородить изнутри экранами, поглощающими лучистые потоки. Если защитные экраны, нагревающиеся лучистым теплом, установлены снаружи топливника, то нагревают воздух в помещении. А если защитные экраны установлены внутри топливника, то нагревают дымовые газы (или специально подаваемый в зазор воздух). Во-вторых, стенки топливников можно облицовывать изнутри низкотеплопроводным огнестойким материалом (обмуровать).

Имеется разница между теплоизоляционным и теплозащитным принципами. Теплоизоляция не выпускает тепло из нагретой зоны. А теплозащита защищает от воздействий тепла, исходящего из нагретой зоны. Экранировка представляет собой теплоизоляцию, если она установлена внутри топливника, и теплозащиту, если она установлена вне топливника. Теплозащита может не сберегать тепло, накопленное в нагретой зоне. Так, внешнее экранирование печей буквально «высасывает» тепло из печи, преобразуя его в нагретые потоки воздуха, но защищает человека от тепла, образующегося в печи. Причём внешний экран (кожух) защищает и от лучистого тепла, и от тепла прикосновения (ожога при касании).

В промышленности и технике футеровкой называют облицовку с целью защиты стенок аппаратов от тепловых нагрузок и/или от химических взаимодействий и/или от радиационных воздействий и/или от биологического разрушения и т. д. Для защиты топливников используется теплозащитная футеровка. При этом наибольший интерес представляет величина рабочей температуры материала футеровки (жаростойкость). Она определяется двумя факторами – огнеупорностью и термостойкостью. Огнеупорность – это способность материала противостоять, не расплавляясь, действию температуры. Термостойкость – способность материала противостоять, не разрушаясь, резким изменениям температуры (термоударам), то есть резким деформациям материала от быстрого неоднородного нагрева или охлаждения (И.А. Гузман, Химическая технология керамики, М.: РХТУ, 2003 г.). Термин же «огнестойкость» характеризует

способность конструкций противостоять огневому воздействию пожара (раздел 5.7.16).

Массовому российскому дачнику ранее долгие годы был совсем не знаком иной кирпич для печей, кроме как обычный строительный по ГОСТ 530-95, предназначенный только для возведения строений и никак не нормируемый по жаростойкости. Используется этот строительный красный кирпич (глиняный обожжённый мокрого формования) для постройки печей и сейчас, но высоких марок от М150 до М300 (часто называемый в народе «печным»), хорошо показавший себя при возведении дымовых труб ввиду высокой морозостойкости (не ниже Мрз35). Этот кирпич уже вплотную приближается к кирпичу глиняному пластического прессования по ГОСТ 8426-75 для кладки промышленных дымовых труб с морозостойкостью от Мрз25 до Мрз50, прочностью от М125 до М300 и рабочей температурой до 700°С. В последние годы появился специальный «каминный» кирпич с повышенными декоративными свойствами, но менее морозостойкий и нетермостойкий («Lode» Латвия, «Терса» Эстония и Финляндия). Стал доступным дачникам и самый дешёвый огнеупор – шамотный кирпич для футеровки топок по ГОСТ 390-96. Его изготавливают из глин, содержащих не менее 28%  $Al_2O_3$ , методом брикетирования (окусковывания) исходной глины, сушки и обжига глиняных брикетов (крупки), размола обожженной глины (собственно и называемой шамотом) и отсева целевой фракции по ГОСТ 23037-99 (обычно с размером частиц 1–3 мм около 50% и менее 1 мм тоже около 50%), смешивания целевой фракции с исходной глиной, полусухого прессования в изделия необходимой формы, сушки и обжига при температуре (1350–1400)°С.

Вообще говоря, шамотные материалы – это обожжённые изделия из глины, смешанной с предварительно обожжёнными частицами (порошком) той же глины. Вследствие однородности химического состава шамотные изделия термостойки и не образуют трещин, в отличие от строительного кирпича, изготавливаемого обжигом смеси разнородных материалов: глины (т. е. каолина), песка (т. е. окиси кремния), шлаков, отходов угледобычи и углеобогащения и т. п.). Шамотный кирпич был известен ещё в Древней Греции задолго до появления обычного кирпича (с песком). Порошок шамота смешивали также с известью, получая первый в мире цементный состав «опус микстум». Шамотный пресованный кирпич выносит термоудары, износостоек, не усаживается, применяется в доменных печах в условиях истирания шихтой, имеет достаточно высокую для кладки печей пористость. Свойства других огнеупоров приведены в таблице 22. Обращает на себя внимание очень высокая теплопроводность корундовых блоков (на уровне стали).

Таблица 22

Теплофизические свойства огнеупорных и изоляционных материалов  
(С.В. Василькова и др., Расчёт нагревательных и термических печей, М.: Metallургия, 1983 г.)

Материал	Коэф. тепло- проводности, Вт/(м·град)	Удельная теплоём- кость Дж/(кг·град)	Плотность, кг/м <sup>3</sup>	Макс. рабоч. темпера- тура, °С
Кирпич глиняный	0,46+0,00051t	(880)	1600	(700)
Шамот 28<Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> <45%	0,7+0,00064t	865+0,210t	1800–2000	1300
Жаростойкие бетоны	от 0,5 до 1,5	840	300–2400	1800
Каолин плотный				
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> +2SiO <sub>2</sub>	1,75+0,00086t	865+0,210t	2400–2500	1400
Магнетит (периклаз)				
MgO>85%	6,28–0,0027t	1050+0,145t	2600–2800	1580
Динас SiO <sub>2</sub> >93%	0,815+0,00067t	870+0,193t	1900–2000	1620
Стекло кварцевое	1,0	730	2200	1500
Муллит				
62<Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> <72%	28–0,023t	835+0,210t	3300	1700
Корунд, Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> >90%	58–0,029t	880+0,210t	3800	1850
Карборунд SiC:				
– рефракс	37,1–0,034t	960+0,145t	2100	2500
– карборефракс	2,62–0,0011t	1100	2100	2000
Углерод графитизирован- ный	7,9+0,014t	835	1350–1650	2500
Асбестовый картон	0,157+0,00014t	835	1000–1250	450
Вермикулит	0,072+0,00026t	950	150–250	1100
Перлит	0,06+0,00012t	920	150	900
Каолиновая вата	0,04+0,0002t	870+0,21t	100	1100
Базальтовая вата	0,04+0,0002t	920	100	750
Стекловата	0,04+0,0003t	670	100	450
Герметик Penofix	-	-	1600	1500

Большой интерес представляют жаростойкие бетоны по ГОСТ 20910-90 разнообразных составов с температурой эксплуатации от 900°С (с жидким стеклом и портландцементом) до 1800°С (с высокоглинозёмистым цементом), позволяющие изготавливать изделия произвольных форм. Жаростойкие бетоны отличаются от обычных строительных бетонов тем, что песок и щебень заменены на молотый шамот.

Промышленные синтетические огнеупоры более жаростойки, чем натуральные. Так, например, тальк  $3\text{MgO}\cdot 4\text{SiO}_2\cdot \text{H}_2\text{O}$  и хлорит  $\text{Mg}_{6-x-y}\cdot \text{Fe}_y^{2+}\cdot \text{Al}_x\cdot \text{Si}_{4-x}\cdot \text{O}_{10}\cdot (\text{OH})_8$  отдают воду только при нагреве до  $1000\text{--}1300^\circ\text{C}$ , а огнеупорную керамику из них (стеатитовую, клиноэнстатитовую) изготавливают обжигом при температурах  $1300\text{--}1600^\circ\text{C}$ . Горная порода магнезит  $\text{MgCO}_3$ , преобразуясь в периклаз  $\text{MgO}$ , начинает необратимо выделять  $\text{CO}_2$  при  $350\text{--}640^\circ\text{C}$ , а периклазная керамика на основе окиси магния  $\text{MgO}$  (а также магнезитовый кирпич, который также называют магнезитом) производится спеканием при  $1700^\circ\text{C}$ . Отметим, что магнезитовый кирпич широко используется в бытовых теплоаккумуляторах (в том числе и электрических) как теплоёмкий элемент, поскольку основной компонент оксид магния  $\text{MgO}$  обладает повышенной плотностью и удельной теплоёмкостью. Для ориентировки приведём свойства основных химических компонентов огнеупорных материалов – плавленных (стеклообразных) окисей кремния, магния и алюминия:

Компонент	Оксид кремния	Оксид алюминия	Оксид магния
Формула	$\text{SiO}_2$	$\text{Al}_2\text{O}_3$	$\text{MgO}$
Промышленное наименование	кварц	корунд	периклаз
Температура плавления, $^\circ\text{C}$	1728	2200	2800
Удельная теплоёмкость, Дж/(кг·град)	730	920 ( $100^\circ\text{C}$ ) 1250 ( $1000^\circ\text{C}$ )	975 ( $100^\circ\text{C}$ ) 1220 ( $1000^\circ\text{C}$ )
Плотность, кг/м <sup>3</sup>	2200	4000	3580
Коэффициент линейного термического расширения, 1/град	$0,5\cdot 10^{-6}$ ( $20\text{--}1000^\circ\text{C}$ )	$8\cdot 10^{-6}$ ( $20\text{--}1000^\circ\text{C}$ )	$11,7\cdot 10^{-6}$ ( $20^\circ\text{C}$ ) $14,2\cdot 10^{-6}$ ( $1000^\circ\text{C}$ )
Коэффициент теплопроводности, Вт/(м·град)	1,0	29 ( $100^\circ\text{C}$ ) 9 ( $1000^\circ\text{C}$ )	40 ( $100^\circ\text{C}$ ) 7 ( $1000^\circ\text{C}$ )

Плавленный кварц (в отличие от природного  $\beta$ -кварца) имеет исключительно малые коэффициенты линейного термического расширения, особенно по сравнению с периклазом (окисью магния) при повышенных температурах (технический периклаз имеет коэффициент линейного расширения  $9\cdot 10^{-6}$  град<sup>-1</sup> при  $100^\circ\text{C}$ ;  $12\cdot 10^{-6}$  град<sup>-1</sup> при  $500^\circ\text{C}$ ;  $13\cdot 10^{-6}$  град<sup>-1</sup> при  $1000^\circ\text{C}$  и  $17\cdot 10^{-6}$  град<sup>-1</sup> при  $2000^\circ\text{C}$ ). Чем больше коэффициент расширения, тем сильнее изгибается (коробится) слой материала при неоднородном нагреве, тем сильнее он разрушается (трескается). Именно поэтому для изготовления термостойких окон в печах используется плав-

ленное кварцевое стекло (или боросиликатное). Окись алюминия и окись магния при повышении температуры снижают коэффициент теплопроводности, а окись кремния, наоборот, повышает (правда слабо). Для теплоаккумулирующих аппаратов целесообразней использовать корундовые и периклазовую керамики, нежели кварцевые (ввиду повышенной удельной теплоёмкости и плотности).

В повседневном быту дачнику приходится решать чаще всего простейшие житейские задачи. Например, низ металлической печи перегревается порой докрасна (особенно на этапе догорания углей). Поэтому дачник принимает решение обложить кирпичом перегревающуюся стенку изнутри (рис. 158). Но даже в этом простейшем случае приходится решать, облицевать ли стенку до верха или до более низкого уровня, сделать ли отступку (зазор) от стенки и как при этом закрепить кирпичи. Чаще всего, если позволяет ширина металлического топливника, по периметру топливника устанавливаются стандартные шамотные кирпичи (250×120×65 мм) плашмя к стенке вертикально высотой 250 мм (или даже горизонтально высотой 120 мм). Для надёжной фиксации кирпичи лучше скрепить, выполнив при помощи алмазного круга, например, пазы в кирпичачах и вставив в эти разрезы шипы (перемычки между кирпичачами) из металлической полосы. Ещё раз напомним, что коэффициент линейного термического расширения у стали  $12 \cdot 10^{-6}$  град<sup>-1</sup> больше, чем у кирпича (9–10)·10<sup>-6</sup> град<sup>-1</sup>. Поэтому все металлические элементы (трубы, задвижки, дверки, духовки) должны иметь возможность беспрепятственно расширяться, не разрушая печную кладку и футеровку. Зазоры уплотняются асбестом (в том числе пропитанными каолином), каолиновой или базальтовой ватой (в виде жгутов, шнуров, картона, полотна).

Если же дачник хочет повысить теплоёмкость своей металлической печи не во вред скорости прогрева воздуха бани и стен, то сохраняют высокую температуру топливника, обкладывая его с зазорами кирпичом снаружи. Для предотвращения перегревов стенок топливника наружная кирпичная кладка должна выполнять роль экрана и должна отстоять от стенки топливника хотя бы на 30 мм с обеспечением доступа воздуха снизу в калориферный зазор. Но в повседневном быту зачастую ошибочно обкладывают металлические печи кирпичём на глиняном растворе без зазоров якобы для обеспечения пожарной безопасности для лучшего прогрева кирпичей. Но ведь кирпич не только теплоёмкий элемент, он ещё и низкотеплопроводный: выполняя снаружи роль утеплителя, он не выпускает тепло из печи и нагревает металлические стенки топливника, способствуя их прогару (что характерно и при утеплении песком в обечайке). Печи со стенками в четверть кирпича желательно (а переводимые на газ обязательно) выкладывать во внешнем стальном футляре.

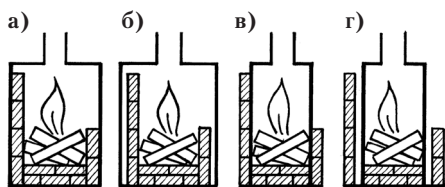


Рис. 158. Простейшие схемы облицовок печи: а – внутренняя футеровка, б – внутреннее экранирование, в – внешняя облицовка (приводит к перегреву металлического корпуса), г – внешнее экранирование. Справа на рисунках – полная облицовка (на всю высоту), слева – частичная облицовка.

В банях представительского и декоративного назначения, особый интерес стали представлять «лепные» печи самых причудливых «сказочных» форм. Изготавливаются такие печи (очаги) старинными глинобитными методами с последующим обжигом изнутри дровами, а снаружи паяльной лампой (вплоть до образования поверхностной корочки расплава-глазури). Очень перспективны с этой точки зрения готовые сухие смеси шамотного, муллитового и корундового составов для изготовления на месте огнеупорных изделий (в том числе футеровок) из жаростойких бетонов (Союзогнеупор, СПб). Как ни странно, сплошные монолитные футеровки жаростойким бетоном показывают в промышленности намного лучшие результаты, чем шовные футеровки шамотным кирпичём.

Существуют технологии нанесения огнеупорных покрытий прямо на раскаленную защищаемую поверхность (в том числе и на восстанавливаемую футеровку без остановки печи) обмазкой, набрызгом, набрасыванием, торкретированием. В состав огнеупорных покрытий (торкрет-масс) входит огнеупорный наполнитель (в частности, шамот) с размером зёрен не более 2 мм в количестве до 50%, пластификатор (огнеупорные глины, в том числе бентонит) в количестве 5–10%, связка (жидкое стекло, хроматы, фосфаты, соли магния, шлаки) в количестве 1–15%, остальное вода. Толщина торкрет-слоёв может достигать 20–30 мм.

В заключение остановимся на явлениях термических растрескиваний стенок и футеровок печей при чрезмерных неоднородных перегревах (так называемых «перетопах» печей), которые могут выступать комбинированно в форме разрушений материалов и в форме разрушения конструкций. Внутренние стороны стенок печей, контактируя с горячими дымовыми газами, нагреваются и, расширяясь, распирают холодные части стенок печи. Наружные холодные стороны стенок печей выполняют роль «бандажа» (обхватывающего кольца-обруча, препятствующего расширению печи), сохраняя неизменными наружные размеры печи и поддерживая целостность печи при протопках. В ходе протопки печи, «бандаж» (холодный наружный слой стенки), испытывающий колоссальные разрывные нагрузки, становится (из-за прогрева стенки изнутри) все более тонким, а потому все менее прочным, и «при перетопе» начинает «разъезжаться» под напором изнутри (с появлением трещинок-васти) или даже «рваться» (с образованием одиночных крупных сквозных трещин-щелей). Чем медленней прогрев печи (чем меньше тепловой поток на стенку), то есть чем ниже температура внутренней стороны стенки, чем более упруг (как резина) и пластичен (как пластилин) материал стенок печи,

то есть чем легче он обратимо или необратимо деформируется (растягивается или сжимается без разрушения) под действием внешних сил, чем более однородно прогреваются стенки, то есть чем тоньше и теплопроводней стенки печи, тем меньшие термомеханические напряжения испытывают стенки печи и тем меньше вероятность их хрупкого разрушения.

Для предотвращения разрушений используются многослойные стенки с пустотными зазорами между слоями, термокомпенсирующие разрывы (сквозные разрезы стенки или поверхностные пропилы или рассыпавшиеся швы со стороны прогрева), гибкие вставки и др. Напомним, что при нагреве свободная плоская стенка коробится (выгибается как кирпич над пламенем) в сторону нагрева («стремится к огню»), но замкнутые (например, цилиндрические) стенки «стремятся от огня». В прямоугольных топках плоские стенки вначале пытаются выпираться вовнутрь к огню, но зоны в угловых стыках (в вертикальных ребрах) раскрываются (прутупляются, тоже стремясь к огню) «цветком-васильком». В результате конкуренции противоположенных сил, топки рвутся при перетопе, как правило, наружу с образованием вертикальной сквозной трещины-щели по середине топки. Такие разорвавшиеся топливники «дышат» при каждой топке (с раскрытием сквозной трещины) точно так же, как «гуляет» дом весной на разорвавшемся фундаменте, и требуют ремонта в зоне трещины путем обязательной перекладки кирпича вперевязку на новом растворе (а не просто зачеканивания щели раствором, поскольку замазывание трещины не выдерживает больших нагрузок на разрыв).

Обратим внимание, что кирпичная печь состоит фактически из глиняных швов (в которые вмурованы кирпичи). Поэтому рвутся при перетопе либо сами глиняные швы (вместе с кирпичами), либо поверхности контакта швов (и горизонтальных, и вертикальных) с кирпичами. Последнее случается чаще всего из-за низкой адгезии (слабой клейкости) тощего раствора или перекаленного (остекленевшего снаружи) кирпича. Клеющие вещества (желатин, яичный желток, эмульсии полимеров - КМЦ, ПХВ, БС и др.), жидкое стекло, цемент, известь повышают адгезию и прочность швов на разрыв и улучшают тем самым качество печи, но затрудняют (из-за неразмокаемости швов) последующие ремонты печи (считающиеся в быту неизбежными и штатными). Поэтому клеящие вещества в швах зачастую не применяются вовсе.

Ситуация усложняется, если коэффициенты термического расширения у швов и у кирпичей различаются между собой. А это имеет место практически всегда, поскольку глиняный раствор для швов печники готовят зачастую на месте по своему разумению, добываясь лишь пластичности массы наощупь или отсутствия растрескиваний при сжатии (А.М.Шепелев, Как построить сельский дом. М.: Россельхозиздат, 1984г.). Было бы правильной оценкой качество раствора закладкой его между двух кирпичей, просушкой, прокаливанием в печи с последующим контролем прочности шва и адгезии, отсутствия трещин и отслаиваний. Так или иначе, шов при большом содержании песка обычно расширяется сильнее, чем кирпич. Только поэтому в нашей стране и стараются делать швы тонкими (не более 5 мм), а в иных странах (с более высокой печной культурой) швы, наоборот, делают не тоньше 10 мм. Все отечественные бытовые печники знают, что глиняная обмазка (штукатурка) не держится на внутренних сторонах кирпичной кладки не только в топке, но и в трубах, а это указывает на разницу термических расширений кирпича и раствора. Именно расширяющиеся швы и выдавливают кирпичи из кладки (что особенно заметно в углах топливников). При нагреве кладки кирпичи «выезжают» наружу (или «разъезжаются» в стороны) «сами по себе» за счет расталкиваний, а вот вернуться обратно на прежнее место «сами по себе» при охлаждении кладки порой уже не могут из-за утери сил сцепления (из-за растрескиваний). Наглядно оценить последствия перетопки можно прорисовкой кладки с кирпичами трапецидальной формы - становится ясной возможность раздавливания и выкрашивания швов на огневой стороне кладки (что и наблюдается зачастую



при хорошей адгезии) или появления вертикальных трещин шва между кирпичами на наружной холодной стороне кладки (при недостаточной адгезии).

При изготовлении печных материалов (в том числе кладочных растворов) необходимо согласовывать свойства всех трех составных частей рецептуры смеси: пластификатора (формообразователя), наполнителя (телообразователя) и связующего (связки), причем один и тот же компонент может иметь разные функции (например, быть и пластификатором, и связующим одновременно). Пластификатор сцепливает частицы компонентов рецептуры, придает изделию необходимую форму и удерживает ее (как пластилин) до тех пор, пока форма не будет фиксирована связкой. Простейшим пластификатором является вода. Наполнитель (крупнозернистый порошок или упрочняющие арматурные «иголочки») вводят в состав рецептуры для придания «объемности» материалу, для упрочнения и удешевления изделия, а также для того, чтобы материал при сушке не растрескивался (чтобы частицы наполнителя приходили между собой в контакт и не давали бы материалу неоднородно усаживаться). Для снижения растрескиваний (и для повышения механической прочности) вместо увеличения содержания наполнителя можно применить прессование, например, «бить» глину (трамбовать, уплотнять ударами, виброукладывать). Наиболее термостойкие кирпичи - прессованные.

Глиняные рецептуры для изготовления кирпича и кладочных растворов содержат натуральную глину «из оврага» (в качестве пластификатора и связующего) и натуральный песок (в качестве наполнителя), который также может содержаться (а может и не содержаться в достаточном количестве) в глине «из оврага». Причем карьерный песок с ломаными частицами более предпочтителен, нежели речной песок с окатанными частицами, поскольку обеспечивает большую прочность материалу. Несмотря на кажущуюся «простоту» рецептуры, физхимия глиняных материалов весьма сложна и далеко не всегда известна печникам.

Пластификатором в натуральной глине выступает каолинит  $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  в форме мелких тонких пластинок (чешуек типа слюды), придающих размоленной глине «свойства пластилина». При сушке размоленной глины, чешуйки каолинита скрепляются (слипаются) с образованием весьма прочного материала - «сырого» кирпича, вновь «распускающегося» при повторных увлажнениях. Каолинит обезвоживается при  $450\text{--}550^\circ\text{C}$ , превращаясь в каолин  $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$  с плотностью  $\rho = 2,6 \text{ г/см}^3$  и коэффициентом термического расширения  $\alpha = 8 \cdot 10^{-6} \text{ град}^{-1}$ . Каолин только при очень высокой температуре  $1100\text{--}1250^\circ\text{C}$  (шамотный обжиг) переходит в муллит  $3\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_3$  ( $\rho = 3,1 \text{ г/см}^3$ ,  $\alpha = 3 \cdot 10^{-6} \text{ град}^{-1}$  при  $100^\circ\text{C}$  и  $\alpha = 5 \cdot 10^{-6} \text{ град}^{-1}$  при  $1000^\circ\text{C}$ ). Таким образом, каолинит характерен для швов кирпичных печей (состоящих фактически из сырого кирпича), каолин - для обожженного глиняного (красного) кирпича, а муллит - для шамотного кирпича.

Связкой в натуральной глине являются плавни: легкоплавкие щелочи (окиси натрия и кальция) и более тугоплавкие окиси кальция (известь) и железа (ржавчина). Такие связи вступают в действие лишь при обжиге и упрочняющий материал за счет «спекания» - слипания в объеме изделия образующихся расплавов («стекло»). Очень важно то, что плавни, как правило, не реагируют с каолином и кварцем (песком) до температуры  $1000^\circ\text{C}$ . В глинах встречаются и легкоплавкие плавни с температурами плавления  $700\text{--}900^\circ\text{C}$  (фарфоровые системы с большим содержанием щелочей,  $\alpha = 3 \cdot 10^{-6} \text{ град}^{-1}$ ), и более тугоплавкие плавни с температурами плавления  $900\text{--}1100^\circ\text{C}$  (цементные системы с большим содержанием извести,  $\alpha = 8 \cdot 10^{-6} \text{ град}^{-1}$ ). Содержание щелочей в кирпичных глинах обычно составляет 1,5-4,2%, содержание извести не более 7-8%. При недостатке плавней в глину вводят жидкое стекло  $\text{Na}_2\text{SiO}_3$ , известь, портландцемент, соду и др. Кирпичные глины не должны содержать более 6-8% окиси железа (придающей глине коричневый цвет), поскольку в процессе обжига при  $1000^\circ\text{C}$  образуется легкоплавкий фаелит  $2\text{FeO} \cdot \text{SiO}_2$ , являющийся основной причиной образования остекленевшего красного кирпича (бардово-фиолетового «железняк»). Шамотный кирпич содержит



окись железа в минимальных количествах и поэтому имеет желтый или серый цвет, а не красный или коричневый.

Натуральный песок представляет собой кристаллическую окись кремния в форме  $\beta$ -кварца ( $\rho=2,65 \text{ г/см}^3$ ,  $\alpha=5 \cdot 10^{-6} \text{ град}^{-1}$  параллельно оси кристалла и  $\alpha=13 \cdot 10^{-6} \text{ град}^{-1}$  перпендикулярно оси кристалла), который при  $573^\circ\text{C}$  скачком расширяется (обратимо!) в  $\alpha$ -кварц ( $\rho=2,6 \text{ г/см}^3$ ,  $\alpha=20 \cdot 10^{-6} \text{ град}^{-1}$ !!), затем при  $870^\circ\text{C}$  очень сильно расширяется необратимо в  $\alpha$ -тридимит ( $\rho=2,3 \text{ г/см}^3$ ), при  $1470^\circ\text{C}$  переходит необратимо в  $\alpha$ -кristобалит ( $\rho=2,3 \text{ г/см}^3$ ) и, наконец, при  $1728^\circ\text{C}$  образуется расплав, застывающий в кварцевое стекло ( $\rho=2,2 \text{ г/см}^3$ ,  $\alpha=0,5 \cdot 10^{-6} \text{ град}^{-1}$ !!).

Красный кирпич мокрого формования обычно содержит примерно 40% каолина, 30% кварца и 30% плавней. Высокое содержание кварца (резко расширяющегося, начиная с  $573^\circ\text{C}$ ) обуславливает низкую термостойкость такого кирпича  $700^\circ\text{C}$  (даже для лучших сортов трубопечного класса по ГОСТ 8426-75) при огнеупорности (появлении ползучести под механической нагрузкой из-за расплавов) более  $900^\circ\text{C}$ . Керамический кирпич полусухого прессования содержит намного больше кварца до 40-70% и хрупкого стекла, что делает этот кирпич не пригодным для кладки топок печей. Обычные же кладочные растворы содержат до 70-80% кварца, что и обуславливает неизбежное «разъезжание» кладок печей при перетопах.

Поэтому для кладки топок лучше использовать глиняный раствор (на самой обычной глине из «оврага») не на кварцевом песке, а на шамоте (а лучше на молотом кирпиче). Использование же специальных, так называемых «шамотных» глин (содержащих в основном каолинит и очень малые количества плавней и кварца) для бытовых печей целесообразно лишь при топке углем, поскольку при топке дровами температуры в топке недостаточны для спекания каолина в муллит.

Отметим, что в жаростойких бетонах обычная кристаллогидратная цементная связка заменяется при высоких температурах на связку расплавами портландцемента, обычно содержащего 64-67% окиси кальция (извести), 21-25% кварца, 4-8% окиси алюминия и 2-4% окисей железа (Л.М.Сулименко, Технология минеральных вяжущих материалов и изделий на их основе, М.: Высшая школа, 2000г.).

### 5.7.15. Утепление дымовых труб

Холодная труба – это не только плохая тяга и дымное горение. Холодная труба – это возможное выделение росы из дымовых газов.

Дело в том, что при горении дров дымовые газы увлажняются за счёт воды, находившейся в дровах как естественная влажность, а также образовавшейся при окислении древесного вещества. Поэтому абсолютная влажность у дымовых газов значительно выше, чем у воздуха атмосферы. Так, массовое влагосодержание продуктов сгорания  $d(\text{г/кг})$  теоретически равно  $d=d_0+(92,1+1,68w)/(0,072+\alpha)$ , где  $d_0(\text{г/кг})$  – влагосодержание атмосферного воздуха,  $\alpha(\text{кг/кг})$  – коэффициент избытка воздуха,  $w\%$  – относительная влажность воздуха. В самых жёстких реальных условиях влажных дров с  $w=100\%$  и нехватки кислорода  $\alpha=0,5$  увеличение влагосодержания составит  $(d-d_0)=454 \text{ г/кг}$ , то есть 454 г водяных паров в 1 кг влажных дымовых газов. Это настолько высокая цифра, что превышает равновесную плотность пара при температуре  $100^\circ\text{C}$ . Это означает, что гарантированно избежать конденсацию водяных паров в дымовой трубе при топке мокрыми дровами возможно лишь при прогреве трубы до

100°C и выше. Действительно, нормой считается температура выходящих из устья трубы дымовых газов на уровне 110–120°C в расчёте на зиму. В более реальных условиях  $w=30\%$  и  $\alpha=1$  увеличение влагосодержания составляет  $(d-d_0)=133$  г/кг. В пересчёте на нормальный воздух с плотностью 1,3 кг/м<sup>3</sup> абсолютная влажность дымовых газов составит 0,172 кг/м<sup>3</sup>. Это означает, что при температурах внутренних стенок дымовой трубы ниже 70°C конденсация водяных паров в дымовой трубе неизбежна. Таким образом, основной задачей является как можно быстрый прогрев дымовой трубы хотя бы до температур порядка 70°C.

С этой задачей кирпичные трубы, конечно, не справляются – греются они долго. В охлаждающихся дымовых газах на этапе протопки печи неминуемо образуется конденсат либо в виде тумана (клубов пара, зачастую невидимых на фоне белого и чёрного дыма), либо в виде росы на внутренних стенках кирпичной трубы. Роса впитывается в кирпич, увлажняя его, а после намочания трубы начинает стекать вниз. На мокрую поверхность частично осаждаются сажистые частицы, зола, высококипящие продукты пиролиза (в виде креозота - смеси спиртов, альдегидов, кетонов, всевозможных ароматических углеводородов), а также газообразные соединения, образующие с водой кислоты (серную, азотную, муравьиную, уксусную, угольную и т. п.). Чёрная, коричневая или зелёноватая, остропахучая и химически агрессивная жидкость, стекающая по холодным трубам, получила название трубного конденсата. Кислотность конденсата обусловлена как составом топлива (например, наличием серы, наиболее характерной для углей и газа), так и организацией процесса сжигания. Так, для полностью сгоревшего креозота образование органических кислот не характерно, а вот окись и закись азота образуются (вернее, фиксируются) при резком захлаживании (закалке) дымовых газов. Во всяком случае кислотность конденсата всегда обеспечена наличием большого количества углекислого газа в дымовых газах (до 20% об. при  $\alpha=1$ ), соединяющегося с водой с образованием углекислоты  $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{H}_2\text{CO}_3$ .

Трубный конденсат проникает через щели и трещины наружу, загазовывает помещения, разрушает кирпич и швы химически, а зимой, замерзая, «рвёт» стенки трубы вспучиванием льда в порах. Поэтому трубы всегда изготавливают из наиболее качественного материала, стойкого не столько термически, сколько химически и механически, но главное – морозостойчивого в сыром состоянии (то есть малопористого).

Появление трубного конденсата является штатной бытовой ситуацией, и к ней дачник должен быть готов зимой и морально, и методически. Растопку печи в морозы желательно вести как можно более сухим топливом, обращая внимание не столько на разжигание дров, сколько на прогрев трубы. Этому способствует наличие «летних» дымоходов (растопоч-

ных задвижек). Кирпичную трубу «высовывают» над крышей как можно меньше. В смысле борьбы с конденсатом трубы должны быть как можно более короткими (хотя и во вред тяге), а печи – безоборотными. Некоторые дачники предпочитают легко впитывающие (обычные) кирпичные дымовые трубы, справедливо полагая, что пусть лучше кирпич в трубе увлажнится, но не «потечёт» – всё равно труба при дальнейшей протопке нагреется и высохнет. Другие дачники, опасаясь зимних увлажнений, делают стенки труб влагонепроницаемыми (например, бетонными) и/или обрабатывают их водоотталкивающими составами. Часто в кирпичные дымоходы вставляют гладкие и водонепроницаемые асбоцементные, керамические или металлические трубы – вкладыши (гильзы). В последних случаях необходимо проследить, куда же потечёт невпитавшийся конденсат из трубы: если в кирпичную кладку нижележащих дымооборотов – это плохо, если в топливник на горящие дрова – это хорошо.

Технологий безопасного удаления трубного конденсата в деревянных и угольных печах пока нет. Только в газовых печах-водонагревателях отработана методика конденсации водяных паров из продуктов сгорания (причём с целью утилизации тепла конденсации и достижения коэффициента полезного действия свыше 100%) со сбросом конденсата в городскую канализационную сеть. Единственным способом улавливания трубного конденсата в деревянных печах является организация внутри труб специальных накопительных конденсатосборщиков, которые впоследствии должны осушаться за счёт испарения или опорожняться сливом через кран на дне. Лучше всего такой конденсатосборщик размещать на самом дне труб («в их основаниях и дымоходах») в кармане, предусмотренном п.6.6.13 СНиП 41-01-2003 для всех печей (см. далее поз. 11 на рис. 159). Заметим попутно, что этот обязательный с 1975 года карман «глубиной 250 мм с отверстиями для очистки, закрываемыми дверками» редко ещё предусматривается в кирпичных печах. После испарения воды от конденсата остаётся спёк чёрного цвета в виде слоистой достаточно твёрдой корки, не пачкающей руки, иногда пахнущей, но чаще без запаха. Такие корковые спёки образуются и на стенках труб. Иногда они отбиваются с трудом, но с увеличением толщины слоя хрупко отслаиваются (трескаются) под действием перепадов температур и обрушиваются вниз в виде крупки, засыпая переходы (повороты) горизонтальных участков в вертикальные, в том числе и вышеупомянутые карманы. Эта крупка в трубе не воспламеняется, видимо, ввиду окускования сажи и высокого содержания в ней золы. Кстати, именно такие сажистые корки могут образовываться и на стенках фильтрующих каменок, и выжигать их трудно, даже методом высокотемпературной газификации водяным паром.

Конденсатные сажистые спёки резко отличаются от пушистой печной сажи, очень рыхлой, легко возгораемой, сильно пачкающей руки и одежду, иногда «смолистой». Пушистая сажа образуется и осаждается на сухих участках внутренних стенок топки, дымооборотов и трубы. В частности, осажается она и на дверке топливника (правда в смеси с окалиной и золой), так что свойства такой сажи дачнику хорошо известны. По характеру сажистых отложений легко определить, в сырых или сухих условиях находится изучаемый участок дымоходов в ходе протопки печи.

В отличие от теплоёмких кирпичных труб металлические дымовые трубы при растопке печи разогреваются очень быстро, быстро создают тягу, быстро перестают осажать конденсат, а при малых (но частых) закладках дров быстро перестают дымить из трубы. Но тем не менее в плане конденсатообразования они могут доставить дачнику куда больше хлопот, чем кирпичные, особенно в холодные зимы. Во-первых, потому, что если конденсат образуется внутри металлической трубы, то он тотчас появляется и на наружной поверхности трубы или печи (то есть в помещении бани) путём банальной протечки через стыки металлических труб. А запах испаряющегося на горячей трубе конденсата порой просто невыносим, несмотря на вентиляцию. Во-вторых, потому, что в холодную погоду (или дождливую) в условиях сильного теплосъёма с внешней стенки трубы, внутренняя поверхность тонкостенной и высокотеплопроводной трубы способна нагреться до температур выше  $100^{\circ}\text{C}$  только при интенсивном горении дров в топливнике. Стоит только бросить в печь на раскалённые угли зимой лишнее полено, тотчас в трубе потечёт конденсат. Поэтому необходимо строго выдерживать режим интенсивного горения с частым, но малым подбрасыванием дров, а лучше вообще топить в сильные морозы древесным углём. В режимах же тления дров дымоход зимой и вовсе работает как обратный холодильник – сколько воды поступает в трубу, столько же её и стекает обратно в топку, и печь буквально захлёбывается от накапливающейся воды.

Поэтому зимние печные трубы, особенно металлические, никогда не делают высокими, сильно высовывающимися над крышей. В сильные морозы конденсат в трубе может даже замёрзнуть, образуя ледяные пробки. Учитывая большую опасность ледяных пробок, способных потушить пламя в топке, во избежание возможных отравлений натуральным газом и продуктами сгорания (угарным газом) все газовые печи и агрегаты в обязательном порядке оборудуются утеплёнными трубами (вытяжками) с зонтами, не способными забиться инеем. В полной аналогии с трубами газовых печей, утепление стали применять и в металлических трубах дровяных печей.

Дымовая труба называется утеплённой, если её стенки имеют сопротивление теплопередаче более  $0,3 \text{ м}^2 \cdot \text{град} / \text{Вт}$ . Эта величина соответствует термическому сопротивлению кирпичной трубы, сложенной толщиной в полкирпича (12 см). Считается, что при постоянной непрерывной круглосуточной работе печи (в том числе и газовой) кирпичная труба в полкирпича уже не образует конденсата. Конечно, такое мнение весьма условно: в сильные морозы, тем более в условиях крайнего Севера, такая труба наверняка потечёт, особенно при малом огне в топке. Но в целом по России принять более жёсткий норматив по утеплению труб нельзя по той простой причине, что тогда все печные кирпичные трубы окажутся в разряде неутеплённых и недопускаемых переводу на газ.

Если рассматривать проблему более широко, то дымовые трубы следует нормировать не по степени утепления, а наоборот, каждый тип трубы должен нормироваться по тепловой мощности печи. Каждая труба имеет свой диапазон рабочих тепловых мощностей. При этом верхний предел мощности будет представляться и степенью термостойкости материала трубы, и газодинамическим сопротивлением (турбулизацией дымовых газов). А вот нижний предел мощности может определяться условиями появления конденсата.

В настоящее время утеплённые трубы для металлических печей изготавливаются с применением термостойкой базальтовой ваты. Центральный дымоход в виде цилиндрической трубы из углеродистой или нержавеющей листовой стали толщиной не менее  $0,7 \text{ мм}$  либо обматывают (с прихваткой проволокой) рулонной мягкой минватой (матом), либо закладывают в круглешки (шайбы), вырезанные из жёсткой плиты минваты. Утеплённый дымоход заключается в обечайку из оцинкованной кровель-

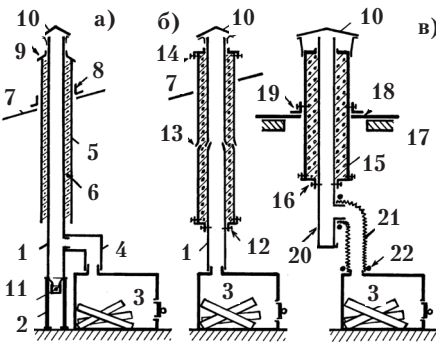


Рис. 159. Типы утеплённых металлических труб: а – коренная, б – насадная, в – подвесная. 1 – стальной дымоход, 2 – подставка (эстакада). 3 – топливник печи, 4 – соединительный патрубок (коллено), 5 – обечайка (чехол, кожух), 6 – базальтовая вата, 7 – кровля, 8 – герметик, 9 – крыша, 10 – зонт, 11 – ёмкость для сбора конденсата, 12 – поддон обечайки с креплением саморезами, 13 – соединения секций обечайки и трубы, 14 – крышка для набивки базальтовой ватой центрирующая с креплением саморезами, 15 – кожух усиленный несущий, 16 – съёмный поддон для набивки базальтовой ватой, 17 – перекрытие, 18 – разделка негорючая термостойкая, 19 – кронштейн для подвешивания кожуха, 20 – карман, 21 – патрубок (в частности, гофрированный), 22 – хомуты.

ми, 15 – кожух усиленный несущий, 16 – съёмный поддон для набивки базальтовой ватой, 17 – перекрытие, 18 – разделка негорючая термостойкая, 19 – кронштейн для подвешивания кожуха, 20 – карман, 21 – патрубок (в частности, гофрированный), 22 – хомуты.

ной стали толщиной 0,55 мм, защищающую утеплитель от механических повреждений и увлажнений. Толщина теплозащитного слоя минваты составляет не менее 1,5–2,0 см.

Конструкций металлических утеплённых труб (и самодельных, и заводского изготовления) очень много. Они отличаются в первую очередь способом закрепления в пространстве. Известно, что кирпичные трубы и неутеплённые металлические трубы традиционно подразделяются на коренные (отдельно стоящие) и насадные (установленные непосредственно на печи). Утеплённые металлические трубы также могут быть коренными (приставными), насадными и, кроме того, подвесными (закреплёнными на перекрытиях или крышах). Наиболее надёжны и удобны коренные трубы (рис. 159а). Дымовая труба 1 устанавливается на полу помещения на подставке 2 (эстакаде) и присоединяется к топливнику 3 с помощью колена 4 (также желательно из нержавеющей или жаростойкой стали). Дымовая труба 1 заключается в чехол 5 (обечайку). Зазор между трубой и обечайкой заполняется базальтовой ватой 6. Чехол 5 может изготавливаться по-разному, в данном случае цилиндрическая обечайка удерживается на цилиндрической трубе за счёт сил трения от с усилием запрессованных шайб из плотной (жёсткой) базальтовой ваты. Чехол удерживается в вертикальном положении вырезом в перекрытии или в кровле 7 с уплотнением 8 с помощью герметизирующей адгезионной ленты или эластичного герметика (например из полисульфидного не твердеющего на морозе каучука-тиокола или силикона). Зазор с базальтовой ватой защищается от осадков колпачком 9, а сама дымовая труба – зонтом 10. Возможный в сильные морозы конденсат улавливается конденсатосборником 11.

Насадные утеплённые трубы наиболее распространены в дачных домах и банях (рис. 159б). Они опираются непосредственно на печь и удерживаются от опрокидывания отверстием в вышерасположенной плоскости 7 (перекрытии, крыше). Обечайка удерживается на трубе за счёт упорного поддона 12 (фланца), закрепляемого болтами, саморезами или сваркой. Дымовая труба и обечайка может наращиваться секциями с конусными или фланцевыми соединениями 13. Базальтовая вата в кусках набивается вручную в зазор так, чтобы обечайка была отцентрована относительно трубы. Отцентровке может помочь и верхний фланец 14. Особое внимание при набивке базальтовой ватой должно быть уделено зоне соединений секций 13. При этом стык 13 не должен располагаться в местах прохода через перекрытия и кровлю и должен визуально контролироваться.

Подвесные трубы (рис. 159в) крепятся в проёмах перекрытия 17 за кожух 15, который в данном случае является несущим и должен быть механически прочным (например, изготовленным из сварного уголкового каркаса, обшитого листовой сталью). Кожух закрепляется на перекрытии

через обязательные металлические разделки 18 (см. раздел 5.7.9) с помощью подпятников 19. Обычно такую трубу собирают на земле (с набивкой базальтовой ватой или заполнением перлитом) и подвешивают в собранном состоянии. Коренные и подвесные трубы должны иметь в нижней части карман 20, предусматривавшийся ранее в кирпичных трубах для сбора выпадающих кирпичей и штукатурки и предупреждающий тем самым забивку дымохода и перешедший «по наследству» к металлическим и асбестовым трубам для сбора возможных сажистых спёков и конденсата. В кармане 20 должна предусматриваться герметичная дверца или съёмное доньшко для чистки. Печь подсоединяется к трубе с помощью патрубка (колена) или гофрированной (сильфонной) трубы 21 из нержавеющей стали, закреплённой хомутами-уплотнителями 22.

Кирпичные трубы тоже утепляют, в частности оштукатуриванием на чердаках тёплыми растворами или облицовкой базальтовой ватой. Особенно это касается чердачных горизонтальных кирпичных коробов. В последнее время появились специальные бетонные блоки с центральным

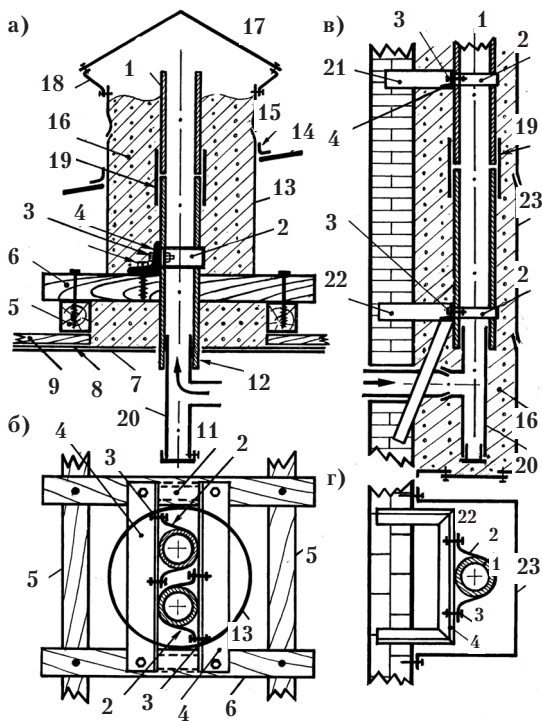


Рис. 160. Конструкция утеплённой асбестоцементной трубы: а – труба, закреплённая на перекрытии (вид сбоку), б – то же, вид сверху, в – труба, закреплённая на каменной стене здания (вид сбоку), г – то же, вид сверху.

1 – асбестоцементная труба, 2 – хомут, 3 – болтовое крепление хомута, 4 – несущий уголок металлический, 5 – балка перекрытия, 6 – лага, 7 – стальной лист, закрывающий проём (отступку) в потолке (разделка), 8 – лист асбестового картона, 9 – подшивка потолка дощатая, 10 – крепление уголка к лаге, 11 – возможный уголок, соединяющий несущие уголки в сварную раму, 12 – выступающий торец трубы, 13 – обечайка, 14 – кровля, 15 – герметик, 16 – стекловата, 17 – зонт, 18 – крепление зонта, 19 – соединительный патрубок (муфта), 20 – тройник с карманом, 21 – кронштейн, 22 – кронштейн с подкосом, 23 – прямоугольная обечайка, закрепляющаяся на стене.



отверстием для выкладки вертикальных труб. В образующийся канал вкладывают металлическую, керамическую или асбоцементную трубу, а зазор между трубой и блоком набивают базальтовой ватой.

Кирпичные трубы с толщиной стенки в полкирпича считаются утеплёнными, если они проложены внутри здания (в том числе и во внутренних капитальных стенах) и высовываются лишь над кровлями. Если же труба проходит во внешней (наружной) стене здания, то утеплённой считается труба, имеющая толщину стенки со стороны улицы не менее 64 см (2,5 кирпича). Это значит, что высокие металлические утеплённые трубы, монтируемые на внешней стене (фасаде) здания (приставные трубы) должны иметь толщину теплоизоляции из базальтовой ваты не менее 8–10 см.

Нередко в дачном быту кирпичные трубы, выведенные выше потолка мансарды на чердак или даже выше кровли, удлиняют асбоцементными трубами, вставляемыми в дымовые отверстия труб и уплотняемыми смесью асбеста (картона, шнура, ткани) с глиной или цементом. Асбоцементные трубы можно применять при температуре входящих в трубу дымовых газов не выше 300°С, в то время как металлические трубы допускаются к применению при температурах дымовых газов до 500°С. Удлиняющие асбоцементные трубы также можно утеплять базальтовой ватой, используя обечайки из оцинкованной стали.

В качестве методической иллюстрации приведём широкораспространённую конструкцию утеплённой дымовой трубы для бытовых газовых отопительных котлов (рис. 160). Для металлических печей эта конструкция в большинстве случаев непригодна, так как в обязательном порядке использует нетермостойкие асбоцементные трубы 1, а при замене на стальные водопроводные трубы конструкция становится очень тяжёлой. Стандартная асбоцементная труба 1 (длиной 4 м и диаметром 100 мм или 150 мм) обхватывается хомутом 2 из полосовой стали толщиной 4–6 мм и шириной 30–50 мм и притягивается болтовыми соединениями 3 (не менее М10) к стальным уголкам или швеллерам 4 (с размером полки не менее 50 мм). Такое хомутовое соединение (заменяющее приварной кронштейн на стальных трубах) является основой всей конструкции. Хомутовое соединение может иметь и иную конструкцию, например, в виде двух симметричных (в полкольца) стянутых хомутов, опирающихся затем на огнестойкие несущие конструкции с обеих сторон трубы. Но в любом случае хомутовое соединение должно быть в высшей степени надёжным, поскольку в случае разрыва болтовых соединений или самого хомута асбоцементная труба проскальзывает вниз. Учитывая большой вес трубы (и наращенных частей), нахождение под ней отопительного агрегата (а тем более людей) недопустимо (хотя официально и не запрещено).

Закреплённый на трубе уголок 4 упирают (опускают) на балки перекрытия 5 или чаще на специально монтируемые лаги 6, чтобы увеличить расстояние от хомута до металлического листа обшивки проёма (разделки 7) и тем самым увеличить длину рычага, удерживающего трубу от опрокидывания (см. ниже). Уголок 4 надёжно закрепляется на лаге 6 болтовым соединением, крупным саморезом 10 или мощным гвоздём с загибом сквозной прошивки. Обычно в котельных устанавливают сразу две трубы – дымоход и вентиляционную вытяжку. Эти две трубы могут быть закреплены на одном уголке, но для удобства монтажа и снижения нагрузок каждую трубу чаще закрепляют на отдельных уголках, при этом уголки могут быть скреплены в раму с помощью перемычек 11 сваркой или болтами. После первичного закрепления уголков трубы примут какое-то наклонное положение, и чтобы зафиксировать их в строго вертикальном положении, снизу на обшивку потолка 9 прибивают металлический лист обшивки 7 (подшивка) с отверстиями для выпуска труб 12 на 1–10 см ниже потолка. В качестве металлического листа используется листовая кровельная сталь толщиной 0,55 м (лучше оцинкованная), и, несмотря на кажущуюся ненадёжность конструкции, трубы оказываются закреплёнными в строго вертикальном положении очень жёстко. На лист обшивки 7 в обязательном порядке настилается лист асбестового картона 8, причём смысл этой изоляции неясен, но её наличие строго контролируется пожарной охраной при приёмке трубы в эксплуатацию. Намного разумней было бы изолировать асбестовым картоном и сталью торцы досок потолка, балки 5 и лаги 6, которые должны быть удалены от трубы на 500 мм (при наличии изоляции потолка, балок и лаг – на 380 мм) в соответствии со СНиП 41-02-2003.

На вертикально зафиксированную трубу посекционно нанизывают через верх трубы обечайки из оцинкованной кровельной стали 13. Нижнюю обечайку устанавливают на уголки 4 или (при наличии в обечайке соответствующих вырезов) даже на лист обшивки 7. Затем, строго центрируя обечайку относительно труб, вручную набивают её стекловатой 16 (можно в мягких матах типа *Ursa* или *Isover*, но лучше в более жёстких плитах базальтовой ваты типа *Rockwool* или *Paroc*). Потом на первую обечайку нанизывают вторую обечайку и также набивают её стекловатой, имея в виду, что именно сама стекловата помогает центрировать трубу в обечайке. А так как обечайка удерживается в вертикальном положении отверстием в кровле 14, то и труба удерживается в вертикальном положении не только внизу листом 7, но и наверху уплотнённой стекловатой в районе отверстия в кровле 14. При необходимости трубу удлиняют с помощью цилиндрических патрубков 19 из оцинкованной стали, препятствующих сдвигу труб относительно друг друга. Встречаются

случаи, когда хомут 2 удерживает 4–5 труб длиной по 4 м каждая; в этом случае, конечно, необходимо дополнительно предохранять трубу от опрокидывания, например, с помощью растяжек. Сверху трубу и теплоизоляцию защищают зонтом 17, закрепляемым лапками 18. Снизу в трубу вдвигают с натягом и с возможным закреплением саморезами тройник 20 с карманом и дымоподающим патрубком.

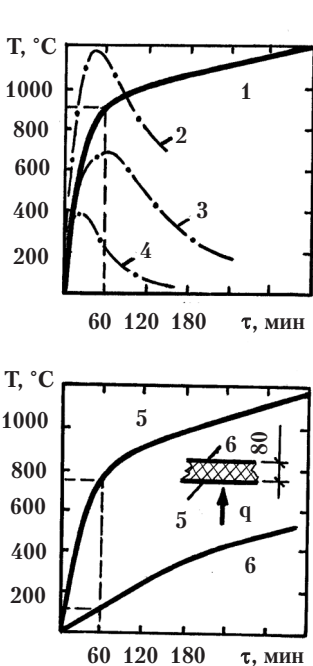
По указанной технологии можно изготавливать и приставные трубы на стенах здания (рис. 160в и г). Отличие от вышерассмотренной конструкции заключается в применении уголков в виде кронштейнов в стене 21, в том числе с подкосами 22, и прямоугольных обечаек 23, прикрепляемых к стене дубелями.

### *5.7.16. Категорирование пожарной безопасности*

Назовём жаростойкой (для печного отопления) стену (перегородку), имеющую предел огнестойкости не менее 1 часа, то есть REI60 и более (см. далее), и имеющую предел распространения пламени ноль сантиметров. Для такой жаростойкой стены (перегородки) расстояние до наружной поверхности печи или дымового канала (трубы) никак не нормируется (СНиП 41-01-2003). Это значит, что к такой жаростойкой стене (перегородке) печь или трубу можно поставить хоть вплотную. В такую жаростойкую стену (перегородку) можно даже вмонтировать печь (в том числе и металлическую), например, так, чтобы топилась из предбанника, а тепло и пар отдавала бы в баню (паровое помещение). Если же такой жаростойкой стены (перегородки) в здании (помещении) нет, то печь должна отстоять от стен на расстояние нормируемой отступки (разделки).

Многие полагают, что любая стена, если она сделана из негорючего материала, является жаростойкой. Однако, это не так. Например, гипс ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) не горит, но при нагреве отдаёт кристаллизационную воду и рассыпается в порошок. Так что после пожара от гипсовой стены ничего не останется. Но всё же в начале пожара даже тоненькая гипсовая перегородка простоит некоторое время, не разрушившись, и это время мы будем называть пределом (временем) огнестойкости. Так же и деревянная перегородка может благополучно простоять в огне, к примеру, одну минуту. Значит и горючая стена имеет определённую огнестойкость. Так, скорость обугливания древесины как конструкционного материала составляет 0,5–0,8 мм/мин при температуре горения 800°C.

Кроме огнестойкости, жаростойкая стена, конечно, не должна способствовать распространению пожара. Так, деревянная стена, не потеряв в огне своей несущей способности, к примеру за одну минуту, тем не менее сгорит потом сама и воспламенит всё вокруг, поскольку она способна



- а) Рис. 161. Временные зависимости температур при пожаре: а – температура в очаге горения, б – температура модельной бетонной плиты перекрытия толщиной 80 мм, нагреваемой снизу стандартным пожаром. 1 – стандартная температурная кривая пожара, 2, 3 и 4 – фактические температурные кривые реальных пожаров в помещении при горении различных материалов в количестве  $50 \text{ кг/м}^2$  (полистирол 2, древесина в досках штабелями 3 и бумага в рулонах 4 соответственно), 5 – температура нижней обогреваемой поверхности (практически совпадает со стандартной температурной кривой пожара 1), 6 – температура верхней необогреваемой поверхности. Пунктиром показаны параметры, достигающиеся через 1 час после начала пожара.
- б)

гореть самостоятельно. А вот цементно-стружечная стена горит в огне, но после удаления внешнего пламени её горение затухает. Есть и намного более сложные случаи. Например, была толстая кирпичная стена с очень высоким

пределом огнестойкости, но её покрасили толстым слоем горючей краски, в частности, масляной. В таком случае стена в пожаре выстоит, но поскольку толстый слой краски способен распространять пламя на некоторое расстояние (и тем самым создавать условия для вторичных воспламенений, в том числе и в других помещениях), то такую окрашенную стену уже нельзя квалифицировать как пожаростойкую.

Любое категорирование по своей глубинной сути весьма условно, и никто не сможет чётко обосновать, почему в строительных нормах выбран предел огнестойкости именно 1 час (60 минут), а предел распространения пламени строго равный именно нулю. Это очень жёсткие требования (по крайней мере для дачников). Они зародились для всех без исключения строений и уже давно перекочёвывают (с одними и теми же опечатками) из одних редакций норм в другие. Во всяком случае, эти нормы действительно дают человеку возможность заблаговременно обнаружить аварию печи и покинуть помещение в течение 1 часа или предпринять меры по устранению возгораний.

Категорирование на огнестойкость осуществляется для строительных конструкций, а не для строительных материалов, её составляющих. В соответствии с ГОСТ 30247.0-94 и ГОСТ 30247.1-94 конструктивный эле-

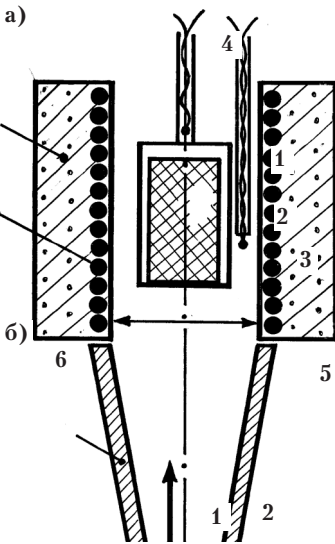


Рис. 162. Принципиальные схемы установок для испытаний строительных конструкций на огнестойкость: а – колонн и стен под нагрузкой, б – перекрытий под нагрузкой. 1 – огневая камера с горелками газообразного или жидкого топлива, имитирующая пожар со стандартной температурной кривой, 2 – направление огневого воздействия (тонкие стрелки), 3 – вагонетка, 4 – испытываемая стена или колонна, 5 – испытываемая плита перекрытия, 6 – нагрузка (локальная или распределённая).

мент в натуральную величину подвергают воздействию опытного стандартного пожара в специальной печи и одновременно подвергают воздействию нормативных механических нагрузок (рис. 162а). Стандартный пожар харак-

теризуется повышением температуры пламени в очаге горения в соответствии со стандартной температурной кривой, рекомендованной в 1966 году Международной организацией по стандартизации (рис. 161). Понятия «стандартного пожара» и «стандартных» температур при пожаре, конечно, также весьма условны. Но тем не менее указанная стандартная температурная кривая во время испытаний должна соблюдаться строго с точностью до 10%, чтобы можно было сопоставить данные, полученные в разных исследовательских центрах.

С целью определения степени огнестойкости фиксируют время с момента начала опытного стандартного пожара до момента наступления одного из признаков:

- потери несущей способности, устойчивости, обрушения (условно обозначается индексом R с указанием времени до обрушения в минутах, например, R120 означает, что конструкция не обрушивалась 2 часа.);

- потери целостности с образованием сквозных трещин или отверстий, в том числе за счёт местных обрушений и прогаров, через которые на необогреваемую поверхность (сторону) конструкции проникают продукты горения или пламя (условно обозначается индексом E с указанием времени до потери целостности, например, для штукатурки по дереву E10 означает, что за 10 минут в штукатурке не образовались трещины, через которые пламя может достичь деревянных элементов);

- потери теплоизолирующей способности с повышением температуры необогреваемой стороны конструкции в среднем не более чем на 140°С или в любой точке более чем на 180°С по сравнению с температу-

рой конструкции до испытания (условно обозначается I с указанием времени до потери теплоизолирующей способности, например, для штукатурки по дереву I10 означает, что за 10 минут внутренняя сторона штукатурки не успела нагреться в среднем на 140°C и локально на 180°C).

Пределы огнестойкости определяются:

- для колонн, балок, арок, рам – потерей несущей способности R,
- для наружных несущих стен и перекрытий – потерей несущей способности и целостности RE,
- для наружных ненесущих стен – потерей целостности E,
- для ненесущих внутренних стен и перегородок – потерей целостности и теплоизолирующей способности EI,
- для несущих внутренних стен и противопожарных преград – потерей несущей способности, целостности и теплоизолирующей способности REI.

Поскольку печи в зданиях рекомендуется размещать у внутренних стен и перегородок из негорючих материалов, предусматривая использование стен для размещения дымовых каналов (СНиП 41-01-2003), то стены около печей следует категорировать пределом огнестойкости именно REI. В дачных банях очень редко встречаются случаи примыкания печей непосредственно к стенам (в основном по причине отсутствия огнестойких стен), но знакомство с принципами огнестойкости и пожаробезопасности стен может дать дачнику многое, по крайней мере, методически.

Из температурной кривой стандартного пожара следует, что в течение первого часа пожара могут развиваться температуры пламени порядка 900°C (рис 161). Эта цифра, казалось бы, отбраковывает многие негорючие материалы. Так, гранит начинает разрушаться при 600°C, известняки при 800°C, обычные бетоны при 400–600°C, керамический и силикатный кирпич при 800–900°C. Однако благодаря своей массивности и относительно небольшой теплопроводности стены из таких материалов могут прогреваться до критических температур часами. Так, стены толщиной 250 мм из всех этих материалов (и даже оштукатуренные стены из пенобетонов и газосиликатов) можно считать пожаробезопасными REI60. Очень высокой термостойкостью обладает глиняный красный кирпич по мокрой беспрессовой технологии, удовлетворительно выдерживающий без снижения прочности нагревание до 900°C, стены из него толщиной уже в полкирпича могут считаться пожаробезопасными. По крайней мере, пожарники верят в красный кирпич безоговорочно.

Что касается стальных, в частности, каркасных стен, несмотря на негорючесть материала, их огнестойкость принимается равной R15, поскольку сталь теряет свою механическую прочность (несущую способность) уже при 500°C (рис. 71). Поэтому несмотря на то, что некоторые новые

марки многослойных утеплённых металлических панелей типа «сэндвич» имеют огнестойкость EI60, все металлические панели имеют недостаточную огнестойкость по несущей способности REI15. В то же время слой штукатурки толщиной 25 мм, нанесённый по металлической сетке, повышает предел огнестойкости стальной колонны с 15 минут до 50 минут, а при толщине штукатурки 50 мм – до 120 минут. Теплоизоляция, состоящая из асбеста, перлита, вермикулита и строительного гипса (в соотношении по массе 2:1:2:3), при толщине 40 мм повышает предел огнестойкости стальных колонн до 180 минут. Даже в составе железобетона сталь оказывается длительное время защищённой слоем бетона, в связи с чем предел огнестойкости железобетонных конструкций рассчитывают по времени нагрева арматуры (особенно растянутой) до температуры потери прочности арматурной стали. Так, железобетонная плита перекрытия толщиной 80 мм, у которой расстояние от нижней обогреваемой поверхности до центра тяжести арматуры составляет 10 мм, будет иметь расчётный предел огнестойкости (под нагрузкой) порядка 37 минут (рис. 161б). Кстати, все современные исследования огнестойкости строительных конструкций могут представить определённый интерес и для печников, создающих несущие (самонесущие) перекрытия и стены печей (в том числе для современных гипокаустов представительских хаммамов). По крайней мере ясно, что все конструктивные элементы печи должны быть огнестойкими, поскольку внутри печи в топливнике фактически бушует пожар.

Наиболее перспективной считается защита конструкций (в том числе стальных) обмазками (например, по ГОСТ 25131-82), вспучивающимися под действием высоких температур (НПБ 236-97). Такие обмазки при начале пожара начинают отдавать газы или воду при повышенных температурах (выше 300°C), когда компоненты обмазки начинают подплавляться, вследствие чего образуются пузыри тугоплавких жидкостей, заполненные паром и выполняющие роль теплоизолятора. При этом слой обмазки толщиной 2–3 мм может «распухнуть» до толщины 50–70 мм и тем самым увеличить предел огнестойкости металлической конструкции до 45–60 минут. Ясно, что такого вида обмазки перспективны и для защиты деревянных конструкций. Так, замена обычной штукатурки на вспучивающиеся обмазки повышает предел огнестойкости деревянных стен с 10–15 минут до 30–45 минут. Очень большой интерес могут представить колонны каркаса здания или несущие стены в виде металлических сосудов, заполняющихся водой для повышения предела огнестойкости.

В повседневной жизни, в том числе в дачном быту, часто возникает потребность хотя бы крайне ориентировочно оценить пожарную опасность применения тех или иных материалов и конструкций. В настоящее время в официальной строительной практике нормируются:



- пожарная опасность строительных конструкций по ГОСТ 30403-95,
- горючесть строительных материалов по ГОСТ 30244-94,
- воспламеняемость строительных материалов по ГОСТ 30402-96,
- трудносгораемость и трудновоспламеняемость пропитанной древесины по ГОСТ 16363-76.

Все эти характеристики измеряются по абсолютно различным методикам и в совершенно различных условиях. Поэтому, к сожалению, не удаётся сопоставить данные по горючести, воспламеняемости и пожарной опасности. Тем не менее, различие методик позволяет с несколько различных точек взглянуть на одну и ту же проблему.

Класс пожарной опасности строительных конструкций по ГОСТ 30403-95 определяется экспериментально в огневых камерах по методикам определения огнестойкости (рис. 162), но нагружение конструкций во время испытаний не производится. Класс пожарной опасности (в отличие от огнестойкости) определяет не последствия пожара (например, обрушения здания), а степень участия конструкции в развитии пожара. Класс К0 означает полную пожарную безопасность. Класс К0 определяется без испытаний для конструкций, выполненных из негорючих материалов. При этом обозначение К0(15) означает, что в течение 15 минут конструкция сохранила класс К0, то есть сама не загорелась, не разрушилась под собственным весом и не стала источником вторичных возгораний. Класс К3 означает, что конструкция горюча, горит сама и поджигает всё вокруг. Класс К3 определяется тоже без испытаний для конструкций, выполненных только из горючих материалов группы Г4. Классы К1 и К2 относятся к конструкциям, изготовленным с применением как горючих, так и негорючих материалов, и характеризуют промежуточные уровни пожарной опасности. Классы К1 и К2 определяются экспериментально по наименее благоприятному показателю (н/д – не допускается, н/р – не регламентируется):

Класс пожарной опасности	Размер повреждающей дымообразующей конструкции	Наличие теплового воздействия, см	Группа материала конструкции горючести воспламеняемости		
			эффекта	мости	способности
К0	0	н/д	–	–	–
К1	до 40	н/д	н/р	н/р	н/р
	до 40	н/р	Г2	В2	D2
К2	до 80	н/д	н/р	н/р	н/р
	до 80	н/р	Г3	В3	D2
К3	не регламентируется				

Обозначение группы дымообразующей способности повреждённого материала D2 соответствует материалам с умеренной дымообразующей способностью по ГОСТ 12.1.044-89 «Пожаровзрывобезопасность веществ и материалов. Номенклатура показателей и методы их определения». Само собой разумеется, обозначение классов K1 и K2 без указания времени испытаний (продолжительности теплового воздействия в минутах) не имеет физического смысла. Отметим, что если бы печь можно было примыкать к стене класса K0(60) по пожарной опасности (то есть просто к негорючей), а не к стене REI60 по пределу огнестойкости, то проблем установки печей в банях не существовало бы, по крайней мере, в части использования металлических конструкций.

В соответствии с ГОСТ 30244-94 строительные материалы подразделяются на горючие и негорючие. Факт негорючести устанавливается экспериментально (рис. 163) при следующих значениях показателей измерений:

- прирост температуры (в испытательной печи с температурой стенок 835°С) за счёт горения образца не превышает 50°С,
- потеря массы образца за 30 минут не превышает 50%,
- продолжительность устойчивого пламенного горения не превышает 10 секунд.

Строительные материалы, не удовлетворяющие хотя бы одному из указанных значений параметров, относятся к горючим. Таким образом, обычная вода по вышеуказанной методике считается горючей. Горючие строительные материалы разделяются на четыре группы горючести:

Группа горючести материалов	Параметры горючести			
	Температура дымовых газов, °С	Степень повреждения по длине, %	Степень повреждения по массе, %	Продолжительность самостоятельного горения, сек
G1	<135	<65	<20	0
G2	<235	<85	<50	<30
G3	<450	>85	>50	<300
G4	>450	>85	>50	>300

В соответствии с ГОСТ 30402-96 строительные материалы, признанные горючими, подразделяются на три группы по воспламеняемости. Сущность испытания состоит в нагреве поверхности образца материала размером 165×165 мм лучистым теплом от мощной инфракрасной лампы (радиационной панели) мощностью 3 кВт с попыткой поджечь летучие продукты термодеструкции (пиролиза) газовой горелкой (рис. 164). Отодвигая или приближая лампу к образцу, находят тот тепловой поток,

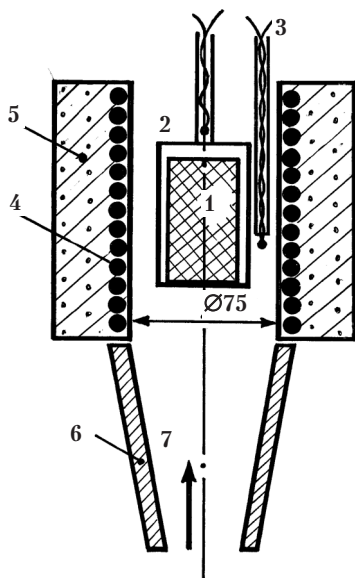


Рис. 163. Принципиальная схема установки для испытания строительных материалов на горючесть: 1 – образец материала, лежащий на держателе (подвешенной корзинке, чашке), 2 – термопара, закреплённая на подвесе держателя, замеряющая повышение температуры за счёт горения образца материала, 3 – термопара, замеряющая температуру в печи, 4 – спираль электронагревателя в печи, намотанная на огнеупорную трубу с внутренним диаметром 75 мм, 5 – теплоизоляция печи (порошок окиси магния – периклаза), 6 – огнеупорный конусный стабилизатор (расширитель) воздушного потока, 7 – самоподдерживающийся поток воздуха за счёт естественной тяги в электропечи.

при котором над образцом создаётся газовоздушная смесь, способная воспламеняться от постоянного источника. При величине теплового потока, необходимого для воспламенения, 35 кВт/м<sup>2</sup> и более группа воспламеняемости составит В1, при (20–35) кВт/м<sup>2</sup> – В2, при потоке менее 20 кВт/м<sup>2</sup> – В3. Отметим, что древесина воспламеняется при тепловом потоке 14 кВт/м<sup>2</sup> (что отвечает группе воспламеняемости В3). Такой тепловой поток соответствует лучистому потоку от абсолютно черной поверхности с температурой 440°С (нагревающей древесину условно до 320°С).

В соответствии с НПБ 251-98 и ГОСТ 16363-76 огнезащитные средства для древесины разделяются по группам эффективности:

- I группа, обеспечивающая получение трудносгораемой древесины, то есть с потерей массы опытного образца при сжигании в определённых условиях не более 9%,
- II группа, обеспечивающая получение трудновоспламеняемой древесины (то есть с потерей массы от 9% до 30%),
- III группа, не обеспечивающая огнезащиты древесины (то есть с потерей массы более 30%).

### 5.7.17. Нормы пожарной безопасности

Печное отопление считается пожароопасным, а поэтому допускается по СНиП 41-01-2003 только в одноэтажных банях при числе мест (людей) не более 25. Печь представляет опасность прежде всего потому, что в ней горят дрова. При небрежной эксплуатации печи возможна вывалка

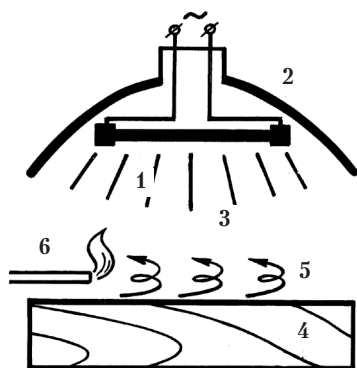


Рис. 164. Принципиальная схема установки для испытания строительных материалов на воспламеняемость: 1 – излучательный нагревательный элемент радиационной панели, 2 – отражатель зеркальный, 3 – поток лучистого тепла, 4 – образец строительного материала, 5 – летучие продукты термической деструкции (пиролиза), 6 – подвижная газовая горелка, выполняющая роль системы зажигания (поджига).

горящих поленьев, выброс искр и пламени из дверки топливника, выброс огня при аварийных разрушениях стенок печи.

Образование трещин в кирпичных и металлических печах хоть и относится к аварийным случаям, но представляется в быту обычным явлением. Эти трещины особенно опасны в недоступных для повседневного визуального контроля местах, например, в зонах, примыкающих к деревянным стенам и потолкам. Опасными могут быть даже небольшие трещины толщиной всего 2–3 мм, причём в кирпичных печах из-за того, что в них может накапливаться пушистая сажа: либо смолистая вначале протопки в дымоходах, либо сухая в дымовой трубе. Более опасна сухая сажа, но свежая. Слой сажи толщиной более 2–3 мм уже способен воспламеняться от искр в дымовых газах. В дымоходах внезапно возникает ровный глухой гул, в щелях прочисточных отверстий и задвижек появляется ровное без всполохов жёлтое свечение, из трубы на крыше выходит широкий размытый шлейф дыма с возможным появлением искр и даже пламени. Горение сажи происходит в режиме тления примерно так же, как тлеет папиросная бумага – медленным фронтом, беспрепятственно проникающим во все закоулки дымовой системы, включая аварийные трещины, прогары и технологические отверстия (дверки, задвижки), также обычно забитые сажей.

Опасность могут представлять и нагретые поверхности печей. В соответствии со СНиП 41-01-2003 максимальная температура поверхности печи «не должна превышать 120°С на площади печи не более 5% общей площади поверхности печи» (а на площадях более 5% превышать 120°С может?!). Эта невнятность живёт в СНиПах с 1975 года! В помещениях с временным пребыванием людей при установке защитных экранов допускается применять печи с температурой поверхности выше 120°С. Такие нормы очень неконкретны и воспринимаются дачниками просто как меры для предупреждения ожогов при касаниях. В частности, не поясняется, что такое экран, какие конструкции экранов допустимы и разреше-

ны ли печи с температурой стенок выше 120°C в помещениях, где людей вообще нет. В то же время СНиП 41-01-2003 не ограничивает температуру чугунного настила, дверок и других печных приборов.

Государственный стандарт ГОСТ 9817-95 более конкретен, без всяких оговорок устанавливается, что температура наружных поверхностей аппарата (бытового, работающего на твёрдом топливе) не должна превышать 120°C на передней и задней стенках и 80°C на боковых стенках, а температура пола под аппаратом не должна быть более 50°C. В то же время стандарт, предусматривая наличие варочной поверхности, никак не оговаривает температурные требования к ней.

Нормы пожарной безопасности НПБ 252-98, также признавая температуру 120°C как максимальную для внешних поверхностей печей, допускают тем не менее в помещениях с временным пребыванием людей (до 2 часов в сутки) температуру внешних поверхностей печей до 320°C. Температура же чугунных настилов и подобных им деталей аппаратов не ограничивается. Температура дверцы топки должна быть не более 320°C. Температура мест контакта нагретых элементов печей с горючими материалами должна быть не более 50°C.

Типичная температура самовозгорания (самовоспламенения) древесины, основного источника пожарной опасности в банях, составляет 330–470°C. Поэтому вышеуказанные нормативные требования являются попыткой обеспечить, якобы, пожарную безопасность печи при её нормальной эксплуатации, хотя все прекрасно понимают, что пожаробезопасных печей вообще не бывает, тем более, если сохраняется опасность воспламенений на раскалённых чугунных (варочных, отопительных, технологических) настилах.

Пожаробезопасность – это многоуровневое понятие. Первый уровень – это, конечно, отмеченная выше безопасность при нормальной эксплуатации. В качестве второго уровня можно принять подстраховку от возможных аварийных ситуаций, причём пожароопасных. Например, если прогорит топливник металлической печи, то безопасность должен обеспечить металлический внешний кожух (защитный экран) печи. А если разрушится кладка печи и начнут вываливаться кирпичи из стенок топливника, то до ремонта должен спасти металлический чехол (футляр) печи. И такие футляры издавна с XVII века широко использовались в Западной Европе, а затем и в городских усадьбах России. В советских условиях запрещалось переводить на газ печи, выложенные в четверть кирпича, не имеющие металлического чехла. Если вывалятся из топливника горящие дрова или головёшки, то спасти от пожара может металлический лист на полу, хотя его, скорее всего, следует отнести к следующему третьему уровню безопасности – к предупреждению пожара в помеще-

нии при развитии возможной пожароопасной аварии печи, а также при небрежной или неумелой эксплуатации печи, в том числе и неисправной или неправильно смонтированной. Предупреждение пожара достигается защитой ограждающих конструкций помещения (полов, стен, потолков) негорючими, малотеплопроводными и термостойкими материалами (пожаробезопасными). Четвёртый уровень – это обеспечение возможности эвакуации и спасения людей при пожаре, ограничения материального ущерба. Наконец, последний, пятый уровень – обеспечение возможности эффективного тушения пожара и сохранения здания. Указанная градация условна. Каждый дачник вправе по своему расставлять приоритеты перечня требований СНиП 21-01-97 «Пожарная безопасность зданий и сооружений» применительно к своей бане. Во всяком случае в действиях дачника должна присутствовать осмысленность нормативных правил, раз уж они столь декларативно составлены.

Ясно, что рассмотренное в предыдущем разделе понятие огнестойкости конструкций, относится в первую очередь именно к четвёртому и пятому уровню пожаробезопасности. Что касается первых трёх уровней безопасности, то они представляются наиболее сложными для инженерного анализа и должны в первую очередь обеспечиваться разработчиком (изготовителем) печи в соответствии с государственными нормативными требованиями, причём нормы разрешают разработчику заводской продукции устанавливать собственные правила монтажа печи в помещении в соответствии с техническим качеством продукции. Однако реальная действительность сельского и дачного быта такова, что основная масса печей построена самостоятельно, зачастую по собственному разумению, и порой находится в столь удручающем состоянии, что основную тревогу вызывает сама целостность печи и трубы. В этих условиях удаленность печи от горючих стен представляется первоочередным пожеланием. Поэтому вполне естественно, что в методическом плане основной упор СНиП 41-01-2003 делает на третьем уровне безопасности – на предупреждении возникновения пожара при аварийных разрушениях печи. Это решается с помощью отступок и разделок печей, а также противопожарной защитой стен.

Отступка (отступ, зазор, воздушный промежуток) от огня до постоянных горючих объектов является древнейшим методом защиты среды обитания от воспламеняющего действия костров. Нормировать величину отступки для костров можно только очень условно, поскольку всё зависит от вида топлива, его количества в костре, наличия ветра и т. п. Так, в банном быту считалось, что расстояние от открытого пламени до бревенчатых стен, равное одной сажени (1 сажень = 2 аршинам = 2,13 м), вполне достаточно в условиях курных бань, в противном случае огонь

следовало бы «посадить» в яму в земле или в углубление в куче булыжников. В складском деле условнобезопасное расстояние между штабелями пиломатериалов составляет 12 метров. В лесных массивах с целью предотвращения распространения пожаров ширину просек доводят до 20 и более метров.

Наибольшую пожарную опасность из всех банных печей представляют неэкранированные металлические печи («буржуйки»), которые могут раскаляться «докрасна», а то и «добела» (до белого каления). Стандарт национальной ассоциации противопожарной защиты США NFPA № 211-1984 предусматривает отступку неэкранированных твёрдотопливных печных аппаратов от горючих поверхностей в размере 1 ярд = 0,91 м. Реальные замеры температур, развиваемых на поверхности деревянной стены, обращённой в сторону неэкранированной металлической печи, дают такие типичные значения: на расстоянии 100 см от раскалённой печи 80°C, на расстоянии 50 см – 110°C, а при расстоянии 25 см – 150°C (С.И. Таубкин. Пожары и взрывы, особенности их экспертизы, М.: ВНИИПО, 1999 г.). В наставлении по военно-инженерному делу в СССР (1966 г.) давалось указание: в целях пожарной безопасности печи и дымоходы (табельные или устраиваемые из подручных материалов, в том числе и металлические) размещать не ближе 25 см от возгораемых частей землянок или иных полевых жилых или хозяйственных построек. В дачных условиях отступка 25 см слишком мала (хотя такая рекомендация, к сожалению без пояснений, встречается в популярной литературе). В соответствии со СНиП III-Б.3-55 отступка от металлических печей (без футеровки) до примыкающих (этот неудачный, но сохранившийся в СНиП 41-01-2003 термин означает «рядом расположенных») сгораемых конструкций была определена равной 100 см до стен, не защищённых от возгорания, и равной 70 см до стен, защищённых от возгорания (рис. 165). Для металлических труб отступка была определена размером 50 см от защищённых от возгорания сгораемых стен и размером 70 см от незащищённых сгораемых стен (напомним, что термины «возгораемые» и «сгораемые» были впоследствии в СНиП 21-01-97 заменены на термины «воспламеняющиеся» и «горючие»).

В последующих редакциях норм проектирования печного отопления (СНиП II-33-75, СНиП 2.04.05-86, СНиП 2.04.05-91 и СНиП 41-01-2003) вышеуказанные требования к размерам отступок бесследно исчезли, видимо, на том основании, что СНиП II-33-75 определил, что для печного отопления следует предусматривать только такие печи, температура поверхности которых не должна превышать 120°C (кроме чугунного настила, дверок и других печных приборов). Это означает, что неэкранированные печи стали запрещёнными для проектирования, но вся беда в том,





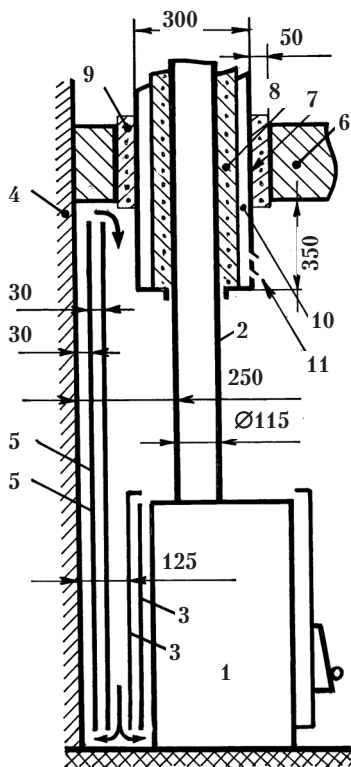


Рис. 166. Нормы пожарной безопасности при установке металлических печей финской фирмы «HARVIA»: 1 – печь экранированная, 2 – дымовая труба неэкранированная, переходящая у потолка в экранированную и утепленную, 3 – стальные экраны печи, 4 – горячая стена, 5 – стальные экраны стены, 6 – горячий потолок, 7 – экран трубы, 8 – утеплительный слой из базальтовой ваты, 9 – негорючий уплотнитель (утеплитель), 10 – воздушный зазор технологический, играющий роль калориферного промежутка (отступки), 11 – вентиляционные отверстия (для паровых бань нежелательны).

пасных (но не огнестойких) стен нормами также не определена. Так что, дачнику приходится полагаться вовсе не на официальные нормы и правила, а на инженерные соображения.

В качестве примера приведём рекомендации финских фирм по установке экранированных металлических печей (рис. 166). Суть решения состоит в том, что в целях снижения температуры поверхности печи и уменьшения тем самым потоков лучистого тепла печь экранируют обычным образом с помощью

металлических или кирпичных экранов. Эти экраны играют одновременно и роль огнепреграждающих поверхностей, предотвращающих создание пожароопасных ситуаций при аварийном разрушении (прогаре, растрескивании) топливника. Установка этих экранов позволяет снизить размер отступки с 1000 мм до 500 мм (даже по российским нормам). Далее, для предотвращения возникновения пожара (воспламенения горячей стены в случае создания пожароопасной ситуации при разрушении топливника и экранов) поверхность горячей стены экранируют стальными листами, причём один экран, отстоящий на расстояние не менее 30 мм от стены, сокращает размер отступки до 250 мм а два экрана – до 125 мм. Такой размер отступки уже беспрецедентен для российских условий: даже заводские металлические газовые котлы с холодными водоохлаждаемыми стенками обычно располагают по заводской техдокументации на расстоянии не ближе 100 мм от несгораемых стен (но не огнестойких). Для объяснения своих норм финны утверждают, что экранная защита стен не позволяет им нагреваться свыше 50°C в условиях нормальной

эксплуатации. Но понятие нормальной эксплуатации в российских условиях очень расплывчато: из-за небрежности монтажа и халатного обращения листы экранной защиты могут быть деформированны, сдвинуты и т. п. (например, при шатаниях каркаса строения, в том числе сезонных, при усадках, при попытках хранить в металлических, якобы, совсем холодных, сухих зазорах дрова, щепу, бумагу), а сами экраны могут использоваться для сушки белья или одежды. Узкие (труднодоступные для щетки) зазоры к тому же сами по себе могут стать источником пожарной опасности из-за естественного накопления пыли, древесной муки, опилок. Поэтому финны, двигаясь в общем-то очень перспективном направлении экранной защиты, совершенно разумно внедряют заводские специализированные пустотелые воздухопродуваемые металлические двойные панели («защитные кожухи лёгкой изоляции») устойчивые к температурным колебаниям, механическим нагрузкам на сжатие и защищённые от излишнего проникновения горючих аэрозвесей. Ясно, что в плане теплозащиты (но не в плане теплоизоляции) такие пустотелые панели более эффективны, чем привычные панели типа «сэндвич», заполненные термостойкой базальтовой ватой. В то же время принцип «сэндвича» незаменим при утеплении 8 (именно утеплении, а не защиты от перегрева) дымовых труб 2, хотя принцип пустотелой панели иногда скрытно присутствует и в экранированных дымовых трубах финского производства в виде воздушного промежутка 10, может быть, даже продуваемого 11 (рис. 166).

Действующие российские нормы СНиП 41-01-2003 не используют пока принципа экранной защиты стен от возгораний. Для защиты горючих стен предписывается использовать штукатурку толщиной 25 мм по металлической сетке или металлический лист по асбестовому картону толщиной 8–10 мм (ранее СНиП II-33-75 разрешал кроме того использовать при отсутствии асбестового картона строительный (натуральный шерстяной) войлок в один, а на потолке в два слоя, пропитанный глиняным раствором с последующей штукатуркой по металлической сетке). Защита металлическим листом по асбесту является очень надёжной механически даже в российских условиях, однако огнезащитная эффективность не столь уж высока: теплопроводность асбеста находится на уровне теплопроводности древесины, а предел огнестойкости штукатурки и стали по асбесту не превышает EI15. Повышение эффективности металлоасбестовой защиты может быть достигнуто устройством дополнительного металлического экрана, отстоящего от металлического листа, прижимающего асбест к стене, на расстоянии 20–50 мм. В качестве экрана в банях очень удачно выглядят волнистые кровельные листы или профнастил, хорошо сочетающийся с вагонкой. Отметим также, что

сокращение отступок до размеров менее 250 мм в банях неудобно, желательно также закрывать эти отступки даже с одной из сторон. Пол в отступках, даже открытых, желательно изолировать хотя бы металлическим листом. Отметим в связи с этим, что во все времена в закрытых (загороженных с торцов) отступках пол всегда защищали сталью или кирпичом, причём по нынешним нормам негорючий пол в закрытой отступке должен располагаться на 70 мм выше пола помещения.

Помимо стен в печном узле необходимо защищать не только стены, но и полы, и потолки. Причём в банях особую опасность представляет высокая температура потолка, достаточно высокая даже в режиме нормальной эксплуатации. В случае мощных металлических печей отступка незащищённого потолка от верха печи в 1200 мм, предусматриваемая в СНиП 41-01-2003, представляется недостаточной. Потолок над металлической печью всегда необходимо защищать в том числе металлическими экранами, которые на потолке могут иметь самые различные формы, обеспечивающие и защиту от лучистых потоков, и отклоняющие горячие воздушные потоки в стороны (поз. 11 на рис. 165).

Что касается пола, то он всегда непосредственно примыкает к печи, и казалось бы, противопожарные правила должны категоризировать полы по степени огнестойкости. Однако СНиП 41-01-2003 не накладывает никаких ограничений на конструкцию полов и предусматривает лишь отступку от огня в печи (в топливнике, в зольнике, в дымооборотах, в дымовом канале) от пола (рис. 167):

- минимальные расстояния от уровня пола из горючих материалов до дна зольника 140 мм, до дна газооборота – 210 мм,

- в случае каркасных печей, в том числе на ножках, пол из горючих материалов следует защищать от возгорания листовую сталью по асбестовому картону толщиной 10 мм, при этом расстояние от низа печи до пола должно быть не менее 100 мм,

- при конструкции перекрытия или пола из негорючего материала дно зольника и газооборота можно располагать на уровне пола,

- пол из горючих материалов перед печью под топочной дверкой следует защищать металлическим листом размером 700×500 мм, располагаемым длинной стороной вдоль печи, а пол вокруг печи «на расстоянии, не менее чем на 150 мм превышающем габариты печи» (в редакции СНиП 41-01-2003), защищают стальным листом по асбестовому картону толщиной 8 мм.

Таким образом, можно ориентироваться на два размера отступки от огня до горючего пола: 210 мм воздуха или кирпича при отсутствии защиты пола и 100 мм при наличии защиты. Часто пол под металлической печью защищают кирпичной кладкой, однако в малотеплоёмких банях

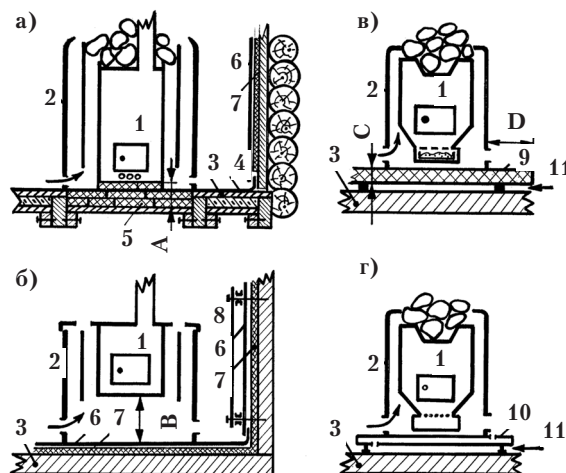


Рис. 167. Принципиальные схемы защиты сгораемого пола (вид сбоку): а – слоем негорючего материала А от пола (или сгораемой конструкции) до дна зольника (топливника, газооборота); б – для каркасных (в том числе металлических) печей воздушным зазором В при одновременной защите пола листовой сталью по асбестовому картону толщиной 10 мм; в – бетонной плитой с щелью под ней (финская рекомендация); г – легкий поддон из двух параллельных металлических листов с щелью между поддоном и полом

(финская рекомендация). 1 – топливник печи, 2 – внешний экран (кожух) печи, 3 – сгораемый пол, 4 – стальной лист по всему полу печного узла, 5 – кирпичная кладка в два слоя по черному полу до уровня чистого пола, затем продолжение кладки еще одного слоя по металлическому листу внутри печи для формирования глухого дна (пода) топливника, 6 – металлический лист по слою асбестового картона, 7 – слой асбестового картона толщиной 8 мм для стен и 10 мм для пола, 8 – металлический экран, 9 – бетонная плита, 10 – легкий поддон из двух параллельных сваренных по периметру стальных листов, 11 – воздушный зазор между плитой или поддоном и сгораемым полом. Нормируемые размеры, не менее: А = 210 мм, В = 100 мм (СНиП 41.01-2003), С = 60 мм, D = 300 мм (рекомендация финских фирм для своих печей).

желательно применять низкотеплопроводные и малотеплоёмкие материалы типа пенобетона, керамзитобетона, жёстких плит из базальтовой ваты и даже финские пустотелые воздухопродуваемые металлические панели 10 вместо бетонных плит 9 (рис. 167). Отметим попутно, что воздухопродуваемые зазоры 11, повышающие теплозащитные свойства плит, допустимы лишь в сухих высокотемпературных саунах, где конденсация паров между плитой и полом не наблюдается.

Что касается кирпичных печей, то правила их установки в СНиП 41-01-2003 разработаны более детально. В методическом плане безопасный характерный размер отступок от огня (в кирпичной печи) до незащищённых горючих стен составляет не менее 500 мм, а защищённых – 380 мм. Такие же размеры приняты для разделок у печей и дымовых каналов. Разделки родились исторически как местные утолщения стенок дымовых труб в местах прохода через перекрытия (потолки). Потом, когда печное дело развилось настолько, что печи начали ставить в проёмах стен, то промежутки между печью и стенами на всю

высоту печи и выше стали закладывать кирпичом, и эта кирпичная кладка, обязательно не перевязанная с печью, тоже стала называться разделкой. Разделка печи – это негорючая часть печи, увеличивающая толщину стенки печи в месте контакта с горючими стенами. Можно сказать, что разделка – это заложенная кирпичом отступка. Поскольку современный размер разделки очень велик 500 мм, то часть разделки можно делать расширением трубы кирпичём, а часть металлом, причём так, чтобы возможные сезонные «гуляния» не приводили к её повреждению. Дачник должен предусмотреть, кроме того, и осадку бревенчатого (брусового) строения и делать толщину разделки трубы больше толщины перекрытия (или толщины стены, которая может перемещаться).

Разделки, конечно же, делают и у металлических труб, но не из кирпича, а из металла, материала гибкого, а потому более надёжного в условиях подвижки ограждающих конструкций относительно трубы. Разделки металлических труб делают в банном быту зачастую как придётся, конкретных технических решений десятки. Самая простая разделка – это целый лист металла в проёме потолка с отверстием для трубы в середине. При этом надо выдержать расстояние от трубы до сгораемых конструкций (скорее всего до обшивки потолка) в размере 500 мм. Сверху можно уложить на лист металла несгораемую термостойкую засыпку (утеплитель), а сверху по верхней поверхности перекрытия уложить второй лист металла (можно разрезной) с отверстиями для прохода дымовой трубы. Такая разделка 6 (рис. 165) может быть дополнена защитой перекрытия металлом 7. Более удобны сварные разделки 8 и 9, образующие герметичный проход (канал) для многократного ремонта трубы, не затрагивая утеплителя 10. Отметим, что по российским нормам экранирование и утепление металлической трубы (рис. 166) не дают права уменьшать размер разделки трубы меньше 380 мм, тогда как финские рекомендации дают такую возможность для тонких деревянных перекрытий с толщиной менее 30 мм. Более того, дымовые трубы раньше запрещалось примыкать к негорючим металлическим несущим элементам здания, поскольку механическая прочность металла снижается при высоких температурах. Действительно, при прогаре трубы или аварийном завале оголовка трубы (например, мертвой птицей) дымовые газы вынуждены будут истекать через аварийные трещины в кладке или неплотности трубы с нагревом примыкающих конструкций (в том числе с искрами).

У дачника, впервые устанавливающего печь в свою маленькую тесную баню, может возникнуть масса вопросов по обеспечению действенной защиты от возможных возгораний. Ещё раз подчеркнём, правила безопасности разрабатываются не для нормального функционирования

объекта, а именно для случаев непредвиденных аварий зданий или аппарата. Поэтому в рядовых случаях лучше просто-напросто перестраховаться и выбирать размеры разделок и отступок по максимуму (даже во вред комфорту) с надёжной защитой стен. За досадными умалчиваниями официальных правил кроется традиционная российская небрежность, которая ещё ярче проявляется в реальных постройках бань, изобилующих несметным количеством нарушений: практически в любой бане можно найти факты несоблюдения нормируемых размеров разделок и отступок. Наиболее опасные (и, к сожалению, наиболее частые) нарушения наблюдаются при врезке металлических печей в сгораемые стены, особенно в части соблюдения высотных норм. Поэтому совершенно ясно, что если российские нормы по-фински либерализовать, то не исключено, что дачники порой будут ставить металлические экранированные печи вплотную к деревянным стенам хотя бы на том простом основании, что наружные стенки иной экранированной печи совсем холодные (с температурой не выше 50°C).

#### *5.7.18. Защита древесины от воспламенения*

Воспламенение древесины возможно лишь при нагреве её внешних слоёв до температур активного пиролиза (см. рис. 95), в том числе и при лучистом нагреве (см. рис. 164), когда горючая смесь продуктов пиролиза (летучих) и воздуха становится способной загореться от внешнего источника воспламенения (огня, искры, горелки и т. п.). Если внешнего источника воспламенения нет, то воспламенение становится возможным в режиме самовоспламенения, когда какой-то участок древесины, перегреваясь, не просто выделяет летучие, а обугливается. При этом активный древесный уголь может начать взаимодействовать с воздухом (тлеть) с самозагоранием и в конце концов за счёт своей высокой температуры воспламеняет горючую смесь над поверхностью древесины. Таким образом самовоспламенение древесины происходит за счёт тления возникающего древесного угля. А тлеющий древесный уголь, как все знают, возникает в первую очередь на ворсинках древесины в виде угольков (рис. 95). Поэтому защита древесины от самовозгорания (например, на полке бани, где нет источников воспламенения, но есть высокие температуры) прежде всего должна подразумевать защиту от воспламенения ворсинок древесины.

Древесина всегда имеет ворсинки: структурные неровности и неровности обработки. Структурные неровности – следствие капиллярно-пористого строения древесины. При срезе часть волокон отдирается, а часть перерезается прямо по клеткам. Поэтому на поверхности древесины всегда имеются возвышения, канавки, углубления и идущие вглубь каналы, ког-



да видимые глазом, а когда нет. Но всегда видна структура древесины, всегда видно, что разные участки по-разному впитывают краски и воду. Неровности обработки – результат некачественной механической обработки древесины (распиливания, обстругивания, шлифования и т. п.). Все эти неровности в быту называются заусеницами. По ГОСТ 7016-82 все неровности чётко классифицированы (риски, кинематическая волнистость, неровности разрушения, неровности упругого восстановления по годичным слоям, неровности прессования и т. п.) и называются шероховатостью древесины. Шероховатость измеряется по ГОСТ 15612-85 с учётом наличия отдельных оторванных волокон (ворсистоности) и пучков волокон (мшистости) по размеру высот неровностей над поверхностью.

Для снижения шероховатости древесину обстругивают, шлифуют, а затем обжигают кратковременным, но мощным действием газовой горелки. Заусеницы сгорают, не воспламеняя древесину, поскольку она не успевает прогреться до температур активного пиролиза. Возможные, образовавшиеся при обжиге сажистые налёты, удаляют протиркой жёстким войлоком. Заусеницы на поверхности древесины, конечно, остаются, но очень мелкие.

Чтобы сделать древесину ещё более инертной к огневому воздействию, её пропитывают водными солями с последующим высушиванием. Ясно, что если все поры в древесине (и в ворсинках тоже) забиты негорючей солью, то древесина становится более теплоёмкой (труднее прогревается) и более теплопроводной (лучше отводится тепло от начинающего воспламеняться уголька). Соли в поверхностный слой надо ввести много, не менее 20 кг на 1 м<sup>3</sup> древесины. Усиление эффекта будет достигнуто при выборе в качестве солей кристаллогидратов (бура, углекислый натрий – хозяйственная (кристаллическая) сода, медный или железный купоросы и т. п.), которые при нагревании разлагаются с выделением воды, испаряющейся и тем самым охлаждающей готовую вспыхнуть древесину. Лучше, если соль будет разлагаться с поглощением теплоты и выделением газов, отдувающих воздух от древесины или обрывающих цепи химических реакций воспламенения продуктов пиролиза. Ещё лучше, если разлагающаяся соль к тому же будет давать легкоплавкие окислы и закрывать расплавом все поры древесины. Так что пропиточных составов и принципов их работы может быть очень много.

Если работа ответственная, делается под заказ, то пропиточный состав следует выбирать промышленный (пусть даже изготовленный из отходов производства), но аттестованный по ГОСТ 16363-76 (см. раздел 5.7.16), предоставив заказчику формальный сертификат. Беда, правда, в том, что сертификатам в нашей стране сейчас верить опасно, и полагаться можно только на авторитет фирмы (если продукция не поддельная). Поэтому для собственных нужд можно закупить на химбазе сами соли, лучше все-

го фосфорнокислого аммония и/или сернокислого аммония. Огнезащитное количество этих солей составит 20–80 кг на 1 м<sup>3</sup> древесины (СНиП I-A.12-55). Эти соли можно растворять в растворе жидкого стекла (натриевого или калиевого), а также с антисептическими солями типа фтористого натрия, хлористого цинка, медного купороса и т. п.

Пропитав водным раствором солей и высушив древесину можно покрыть огнезащитной краской, которая не должна глубоко впитываться в древесину, а создавать на поверхности желательную негорючую плёнку, закрывающую неровности древесины. К таким краскам относятся силикатные, масляные с обязательным добавлением эффективных антипиренов, хлорвиниловые, кремнийорганические и др. Количество краски должно составлять не менее 0,5–0,8 кг на 1 м<sup>2</sup> поверхности древесины. Из подручных средств в качестве краски можно использовать раствор жидкого стекла («контторского» клея для бумаги) с добавлением мелкого наполнителя (литопона, мела, окиси титана) так, чтобы порошок забивал поры и оставался на поверхности в виде слоя склеенных силикатом (или иным лаком) частиц.

Поверх краски (или вместо неё) можно нанести огнезащитное покрытие (обмазку) типа штукатурки, но содержащее специфические компоненты: волокнистые наполнители, газообразующие вещества, водовыделяющие кристаллогидраты, легкоплавкие окислы. К наиболее дешёвым образцам относится широкоизвестная суперфосфатная обмазка СФО (дисперсия суперфосфата в воде), известково-глиносолевая обмазка ИГСО (смесь известкового теста – гашёной извести с глиной и поваренной солью). Более продвинутыми являются вспучивающиеся покрытия, например, ВПД по дереву (аналог ВПИМ-2 по металлу). В качестве обмазки можно использовать обычные известково-алебастровые, известково-цементные и цементно-песчаные штукатурки, которые должны плотно прилегать к поверхности древесины так, чтобы все неровности поверхности древесины были замазаны и имели надёжный тепловой контакт с штукатуркой. Такие обмазки и штукатурки предупреждают возгорание древесины по крайней мере от пламени короткого замыкания проводов силового питания оборудования за время срабатывания автоматических выключателей или 3-х минутного воздействия пламени паяльной лампы, хотя вспучивающиеся обмазки могут обеспечить огнестойкость даже на уровне EI45 и могут выдержать действие электрической и газовой сварки.

В рядовых банях надёжная огнезащита древесины в области печного узла встречается редко. Чаще всего деревянная стена обивается листом металла по асбесту. Огнестойкость такой защиты невелика из-за высокой теплопроводности асбеста. Повысить эффективность такой стандартной защиты можно укладкой первого слоя асбеста в мокром виде на силикат-

ноглиняном растворе, плотно прилегающем ко всем неровностям поверхности древесины.

Все эти методы защиты могут затруднить самовоспламенение древесины, но при длительном воздействии огня древесина всё равно может вспыхнуть, поскольку пиролиз древесины предотвратить невозможно никакими способами. Затруднить сгорание древесины может ограничение доступа воздуха к поверхности древесины (с появлением дымления), ограничение передачи тепла из зоны пламени к древесине, а также пропитка древесины очень большим количеством солей и антипиренов (до 200 кг на 1 м<sup>3</sup> древесины). Причём задача как раз и состоит в том, чтобы дым (появление которого предотвратить невозможно) не перерождался в пламя.

### *5.7.19. Функциональность печей и вопросы выбора*

Настоящий раздел является чисто методическим, поскольку многие поднимаемые вопросы условны и спорны. Проблемы выбора порой крайне субъективны, но вполне реальны. Они возникают тотчас при виде многообразия проектов кирпичных печей в литературе и множества металлических печей в торговле ([www.peci.nm.ru](http://www.peci.nm.ru)). Счастлив тот дачник, который, понимая, что любая печь даёт тепло, без долгих раздумий сразу возьмёт ту печь, что ему понравилась с первого взгляда. Но есть и такие дачники, которые будут бесконечно мучиться, тщетно допытываясь, чем же всё же одна печь отличается от другой и за счёт чего одна печь якобы лучше другой.

Единых общепризнанных рецептов выбора печей (как и любого иного товара) нет, также как нет и единых рецептов создания печей. Однако, ясно, что исходным моментом является функциональность печи, то есть не то, как в ней горят дрова, а то, что же она может обеспечить как обогревательный прибор и как элемент интерьера. Конечно же, для дачника важно, чтобы печь быстро и бездымно прогревалась (и зимой и летом) в условиях эпизодической эксплуатации, чтоб горела на любых дровах (даже мокрых), чтоб если и забивалась сажей, то легко чистилась. Но в конце концов, печь является лишь инструментом в руках человека, таким же, как кастрюля, в которой можно приготовить пищу, а можно и испортить её. К любой печке и к любой топке можно приспособиться (привыкнуть), поскольку любая печь имеет принципиальную возможность выполнить свою основополагающую функцию нагрева. А вот баня с любой (произвольной) печью может и не выполнить своих основополагающих функций. Так, например, представительская баня немыслима с самодельной сварной жестяной на самом видном месте, хотя такая печь, может быть, обладает уникальным КПД и непревзойдённой температурой каменки. Солидной представительской бане может не подойти

даже суперэлитная дровяная или электрическая финская металлическая печь. Достойный интерьер сможет создать порой только валяжная кирпичная печь с открытыми раскалёнными валунами, скатываемыми в бочку, или даже огромный открытый очаг с изящным чугунным литём и с подвешенным на цепях котлом. В то же время для оперативной садовой мытейной бани не подойдёт ни одна кирпичная печь и ни одна финская металлическая печь для саун.

Поэтому дачник должен в первую очередь решать, не какая печь ему нужна, а какую баню он хочет и для чего. При всей своей банальности такой подход способен привести к неожиданным и далеко идущим последствиям. Поэтому очень жаль, что дачники, особенно начинающие, редко задумываются о главных задачах своей будущей бани – баня, мол, она и есть баня. Продавец печей в магазине не будет допытываться, зачем покупателю его баня. Продавец, скорее всего, будет скучно по-фински умножать кубы на коэффициенты, даже не догадываясь, что не только баня должна иметь конкретное назначение, но и все элементы бани (в том числе и печь) должны быть подчинены этому конкретному назначению.

Рассмотрим вопрос в общем плане, не вникая в детали. Возможные назначения (функции) бани и печи совсем разные:

#### Функции бани

1. Мытейная (гигиеническая)
  2. Досуговая любительская
  3. Развлекательная
  4. Представительская
  5. Физиотерапевтическая
  6. Интерьерная (экстерьерная)
- и т. п.

#### Функции печи

1. Нагрев воздуха
  2. Нагрев воды
  3. Нагрев пола (лежаки)
  4. Нагрев стен (печи или бани)
  5. Нагрев камней
  6. Декоративная
- и т. п.

Это следует понимать так, что баня как тёплое помещение, в котором не холодно с мокрой кожей, может выполнять в принципе все эти функции (в том числе и одновременно), но используется преимущественно лишь одна функция, под которую и дорабатывается баня (например, в части либо оборудования лежаков для отдыха, либо сидений для мойки и полов для слива воды, либо в части освещения, либо в части гигиены и т. п.). Печь как устройство для сжигания дров и получения тепла также может выполнять все вышеперечисленные функции, но используется в конкретной бане с вполне определёнными узкими целями, например, только для нагрева камней или для нагрева камней и воды одновременно. Причем, если раньше на Руси бани использовались узко (в них преимущественно мылись), а печь использовалась широко (для нагрева

и камней, и воды, и воздуха), то сейчас картина всё больше противоположная: баня используется широко (чтоб не только помыться, но и пообщаться, и не только пообщаться, но и развлечься и т. п.), а печь используется всё более узко (например, только для нагрева воздуха, а камни и вода греются электричеством в электрокаменках и в электробойлерах). Всё это не может не накладывать дополнительных требований и на печь, и на баню. В этом, кстати, кроется путаница в умах людей насчёт выбора оптимальных решений в части конструкций бань и банных печей.

Так что логически следовало бы сначала осознанно определиться, что же вы будете делать в бане, затем решить, что же надо при этом греть в бане в первую очередь и только потом анализировать достоинства и недостатки тех или иных конструкций печей и других способов нагрева. Например, если вам нужна простейшая баня, чтобы только мыться, то необходимо нагреть воду и воздух в бане, причём так, чтобы зимой можно было сильнее греть воздух, а летом наоборот, воду, причём желательно было бы, чтобы нагрев воды и воздуха происходил быстро. Это одна постановка задачи, и она решается с помощью металлической экранированной печи с накладным или приварным баком для воды. Но если вы хотите при этом хорошо просушивать полы после водных процедур, то экраны печи лучше сделать распашными. Если у вас на даче есть бойлер (накопительный электронагреватель), и он всё равно всё время работает на всю дачу, а не только на баню) или у вас на кухне есть газовая плита от магистрального газа, то в принципе можно греть воду и вне бани (и очень часто оказывается удобным, по крайней мере в части оперативности). В таком случае приварной бак большой ёмкости (к которому могут быть постоянные нарекания из-за сложностей эксплуатации и загрязнения ржавчиной, накипью и другими осадками) лучше и не делать, заменив его варочной плитой на тот аварийный случай, когда вдруг исчезнет магистральный газ или электричество. Можно пойти ещё дальше. Если на даче есть постоянная (круглосуточная) ванная комната с горячей ванной и/или душем, то мыться дачник будет всё равно в ванной комнате, и в бане вообще в этом случае можно не предусматривать воду: баня превращается в этом случае в сухую сауну (термокамеру). Печь для такой «бани» (дровяная или электрическая) предназначена для преимущественного нагрева воздуха, хотя её обычно дополняют верхней открытой каменкой (скорее декоративной, но вполне достаточной для небольших поддач) и небольшим навесным бачком для нагрева небольшого количества 10–20 литров воды, достаточного для заваривания веника.

Специфику бань различного назначения всерьёз пока никто не изучал. Так что просто отметим, что определиться с основной функцией своей бани дачнику бывает порой трудно. Некоторые вообще не могут понять, что

это такое, другие отчётливо понимают, но стремятся во что бы то ни стало (в том числе и «на всякий случай») объединить несколько функций в одном (чтобы «и мыла, и гостей принимала, и глаз радовала»), третьи – никак не решаются отойти от каких-то порою только им ведомых традиций и канонов. Всё это нормально, и в других объектах это также происходит постоянно. Но в нашем случае это означает, что и с печью определиться трудно. Часто и сами конструкторы печей не вполне отчётливо представляют себе, для чего в первую очередь наиболее удобна будет их печь и в какой бане. Бесконечным перечислением достоинств жаростойкой стали топливника и пирамидальной формы каменки никак не удаётся объяснить потребительскую ценность банной печи.

В связи с этим напомним, что методики проектирования самих объектов и конструирования технических узлов объектов всегда имели в истории разную природу. Проектирование объектов и жилого, и производственного назначения (например, бань) велось всегда с каким-то житейским потребительским смыслом (с целью удовлетворения какой-то жизненной потребности) с использованием (и на основе) понятий типа «уровня жизни». А вот конструирование узлов, например, банных очагов и печей (или колёс для автомобилей), всегда велось с использованием (и на основе) технических открытий и изобретений, не имевших первоначально никакого потребительского смысла. Например, огонь был открыт и очаг был изобретён раньше бань и безотносительно к баням, точно так же, как колесо было изобретено раньше автомобиля. Поэтому и кирпичная печь-каменка появилась раньше белой паровой бани, но белая баня, дорабатывая печку-каменку, создала такой симбиоз («сожительство» объектов, при которых они приносят пользу друг другу), что печь и баня слились в умах людей в одно неразрывное целое. Такого рода общепризнанных решений (так называемых «традиционных») в банном деле не так уж много. К ним относятся открытый очаг и курная баня, кирпичная печь-каменка и усадебная белая паровая баня, кирпичная печь с открытой каменкой и парильные отделения городских бань, подвальная печь для нагрева полов и хаммамы, котельная печь для водяного нагрева стен и современные турецкие и ирландские бани, магистральный пар высокого давления и советские (и далеко не только советские) паровые кабины, металлические печи и современные сауны.

Нет ничего удивительного в том, что создатели мощной высокотемпературной электрической отопительной печи, с успехом прогрели ею, например, камеру для сушки пиломатериалов, скажем до 200°C, не остановились на этом и успешно внедрили эту технику всюду, где это только возможно, в том числе, естественно, в саунах. Совершенно очевидно, что точно так же, разработчики инфракрасных обогревателей не ограничатся

камерами полимеризационной сушки, а разработчики электрокабелей для нагрева не ограничатся размораживанием взлётных полос аэродромов, крыш домов и тротуаров и вслед за тёплыми полами ванных комнат и кухонь займутся банями. Это означает, что банный прогресс не рождается сам по себе в недрах собственной «банной системы», а приходит извне из других отраслей науки и техники. Вместе с тем, отбор жизнеспособных решений из других отраслей знаний осуществляется конечно не без учёта бани, причём с учётом её назначения, в том числе может быть, выдуманного и совсем нового. Так, например, утеплённая деревянная кабина с приходом инфракрасного обогревателя вдруг «превратилась» в лечебно-профилактическое средство (ИК-сауну), пусть даже весьма сомнительное по лечебному эффекту. А обычная ванна с приходом пульсирующего насоса на обратном водопроводе «превратилась» в физиотерапевтическое гидромассажное средство, тоже правда, с неопределённым лечебным эффектом. Всё это показывает, что многие решения со стороны могут не укладываться в традиционные функции бань и даже противоречить здравому смыслу основного назначения. Именно в таких случаях помогает реклама (мода), которая, однако, не может предсказать, какова будет истинная судьба такого товара после первого всплеска интереса со стороны наиболее обеспеченных слоёв населения.

В настоящее время в дачном быту продолжается переход от кирпичных дровяных печей с фильтрующей каменкой к металлическим банным печам с нефильтрующей каменкой (дровяным, электрическим, газовым). Дровяные печи имеют существенные недостатки: необходимость хлопотного обслуживания (растапливания и удаления золы), пожароопасность, загрязнение помещений, выброс дыма (в городах требуется разрешение на выброс в атмосферу) и др. В то же время металлические печи на дровах имеют существенные достоинства для эпизодического обогрева помещений с временным пребыванием людей, в том числе и бань: большие мощности, большие теплоотдачи в воздух, в воду и камни, возможность получения высоких температур воздуха, лёгкость монтажа и перемонтажа, разнообразие высоких декоративных свойств и т. п. В истории банного дела металл дал сначала возможность греть (кипятить) в открытых ёмкостях (котлах) воду на огне, затем оформлять жаровые (варочные) поверхности в печах и очагах, потом нагревать воду в проточных замкнутых ёмкостях (водогрейных котлах), в том числе с получением пара высокого давления (автоклавах-паровых котлах), затем делать духовые шкафы, в том числе открытые каменки в закрытом контейнере, затем изготавливать цельнометаллические печи, объединяющие все перечисленные возможности, и, наконец, создавать и сами бани.



В этой книге мы не навязываем (и даже не приводим) какие-либо конкретные конструкции банных печей. Дачник волен сам выбрать то, что ему нравится и что ему привычнее. Мы только помогаем сделать выбор. Мы осознаём, что найдутся «патриоты», отстаивающие кирпичные каменки как «единственно обеспечивающие истинное парение». Мы лишь отмечаем, что уже сейчас на дачах на десяток кирпичных приходится тысяча металлических банных печей, и таков выбор широких масс населения. Кирпичные печи незаменимы в представительских банях, в крупных парилках общественных и коммерческих бань, в любительских банях гостевого типа «для знатоков пара». А вот в индивидуальных автономных мытейных банях (полевых, сельских, дачных) наиболее удобны металлические банные печи с нефилтующей каменкой. А физиотерапевтические бани должны быть только на электричестве.

В качестве примера приведём возможные рассуждения и доводы дачника при покупке или конструировании металлической печи для повседневной мытейной бани, в которой можно при желании и попариться.

Во-первых, для летней мытейной бани следует иметь печь с мощностью не менее 10 кВт, а для зимней (всесезонной) – не менее 20 кВт. Если баня большая (более 20 м<sup>2</sup>), то мощность печи нужно увеличить (напомним, что бытовой уровень мощностей по ГОСТ 9817-95 достигает 70 кВт). Тем не менее, баню (даже летом) желательно в любом случае утеплять эффективным утеплителем: мытейную изнутри, любительскую (гостевую, представительскую) – снаружи (для повышения теплоустойчивости).

Во-вторых, металлические банные печи должны конструктивно обеспечивать в первую очередь нагрев стенки контейнера каменки (причём лучистым теплом, поскольку до высоких температур контейнер, в отличие от фильтрующей каменки, конвективно-кондуктивным теплом просто не прогреть из-за лучистых потерь), затем во вторую очередь прогреть стенки топливника (причём тоже лучистым теплом), а потом воду можно греть даже конвективно-кондуктивным теплом ввиду высокой теплоотдачи в воду. Водогрейный бак можно нагревать даже дымовыми газами (дымовой трубой как в самоваре для повышения общего КПД печи). Таким образом классическая конструкция банной печи близка к схеме на рисунке 147г (с экранированием стенки топливника и утеплением баков с камнями и водой). При удалении из этой конструкции либо воды, либо камней схема преобразуется в конструкцию на рисунке 147б и 168б. Всякие иные схемы требуют оснований. Так, например, нагрев камней в расширении дымовой трубы (рис. 147е) обоснован в том случае, когда особо горячий пар бывает не очень-то нужен (дачник редко парится, а если и парится, то выпускает пар непосредственно под потолок), а требуется повисить теплоёмкость печи за счёт массивной (сотни килограммов)

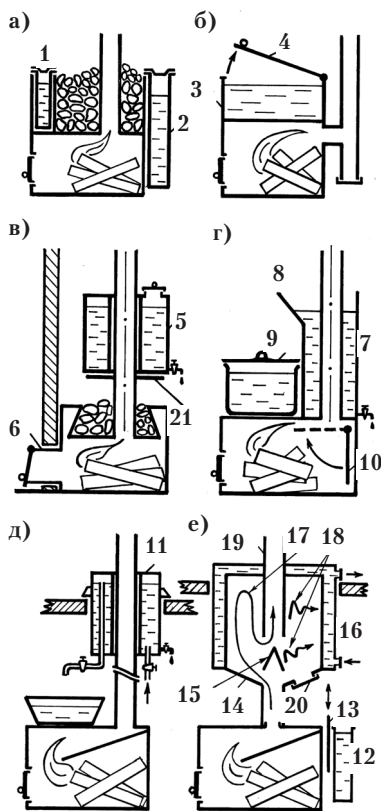


Рис. 168. Различные способы нагрева воды в металлических печах: а – в контейнерах, навешиваемых на стенки печи, с заливкой через верх и вычерпываемых сверху, б – в баке над печью (с крышкой, открываемой так, и в такую сторону, чтобы избежать ожогов рук и лица паром), в – в баке, навешиваемом на на дымовую трубу, г – в открытой водогрейной колонке (самоваре), заливаемой сверху, д – в закрытой колонке с вытеснением горячей воды холодной водой, подаваемой снизу из водопровода (колонка требует предохранительного клапана), при этом колонка выполняет роль водоохлаждаемой разделки, е – в рекуператоре тепла (экономайзере) с водоохлаждаемыми стенками.

1 – вертикальный бачок, вкладываемый в карман каменки или топливника, 2 – вертикальный бачок, подвешиваемый за крючки на стенки топливника, 3 – обычный наварной бак для воды, 4 – крышка съёмная или откидывающаяся, 5 – бачок с водой, подвесной на крючках за кронштейны на трубе или устанавливаемый на полку, 6 – удлиненный люк-тоннель закладки дров, 7 – самоварный бак с водой (водогрейная колонка безнапорная), 8 – воронка для заливки водой ведрами, 9 – бачок (кастрюля) на варочной плите, 10 – подвижный внутренний экран, 11 – водоохлаждаемая подвесная разделка в виде напорной водогрейной колонки, 12 – подвесной бачок для воды, 13 – экран выдвигной («задвигка») для регулирования скорости нагрева воды в бачке, 14 – рекуператор (водяной экономайзер) тепла, отходящего с нагретыми дымовыми газами, 15 – рассекатель дымовых газов, 16 – водяная рубашка, 17 – траектория дымовых газов, 18 – потоки лучистого тепла, 19 – дымовая труба с опуском в корпус рекуператора, 20 – люк для прочистки корпуса от сажи, 21 – полка, приваренная к дымовой трубе.

каменки, чтобы дольше не остывала для сушки белья или, скажем, дров. При этом и КПД печи, кстати, сильно повышается до 80–90%. Или, например, нагрев воздуха стенками печи совсем не предусматривается (рис. 147д) в летней любительской паровой бане (прогреваемой преимущественно поддачами) или в бане-прачке, где высокая температура воздуха не нужна, но желательно долгое умеренное тепло от камней. Схема на рис. 147д имитирует в чём-то кирпичную печь или печь с внешней футеровкой и из-за сильного нагрева стенок должна изготавливаться либо из толстой или качественной жаростойкой стали.

В мытейных банях исходной для обслуживания схемой является конструкция на рисунке 168б. Бак с водой желательно теплоизолировать (но

необязательно). Стенки топливника необходимо экранировать, но желательно экраны сделать распахивающимися со стороны увлажняющихся полов и далеко расположенных стен. К сожалению, именно такие простейшие стальные печи (рис. 147г и рис. 168б), широко распространённые раньше (в основном индивидуального изготовления), найти в продаже сейчас невозможно (но встречаются сборные чугунные).

В-третьих, схема на рисунке 168б удобна в дачных условиях при потребности больших количеств воды. Стальной бак 3 изнутри следует очистить от ржавчины, пассивировать преобразователем ржавчины (ортофосфорной кислотой или фосфатами цинка) и окрасить по грунту автомобильной эмалью (горячей сушки меламиновой МЛ или ещё лучше акриловой). Вода при этом будет оставаться чистой. Крышка 4 совершенно необходима, лучше съёмная, но если сделать откидной, то только «на себя» или в стороны, чтобы не ошпариться. Зимой такой бак не очень удобен, поскольку надо после каждой помывки вычерпывать воду, а устанавливать сливной кран на зимний бак опасно из-за возможного прихватавания льдом. Самоварный бак 7 пригоден для небольших количеств воды 50–100 литров и также удобен тем, что его можно заливать через горловину ведром, но он точно требует сливного крана. Добиться чистоты воды в баке 7 довольно трудно, поскольку даже при тщательной внутренней окраске дымовая труба выше уровня воды обгорает с образованием окалины. Возможен однако вывод дымовой трубы коленом (с загибом угольником) через боковую стенку бака ниже уровня воды, но это хлопотно из-за возможных забивок колена трубы сажистыми отложениями. В летних дачах при наличии возможности изготовления весьма удобными являются водоохлаждаемые разделки, цельносваренные с насадной металлической трубой. В частности они могут быть изготовлены в форме рекуператора (водяного экономайзера) 16 (рис. 168е), теплообменного аппарата, использующего тепло отходящих дымовых газов для нагрева воды в вышерасположенном баке-накопителе. Для лучшего усвоения тепла и для расширения разделки рекуператор можно сделать в виде широкого (диаметром 500–700 мм) бака из бочки с водяной рубашкой 16, с рассекателем 15 и опуском 19 для организации колпакового дымооборота 17 и жаровых поверхностей, нагреваемых от дымовых газов и испускающих лучистое тепло 18 на водяную рубашку. Для периодической очистки аппарата используется люк с заглушкой 20. Внутри бака 14 можно смонтировать и воздуходувные трубы для нагрева воздуха, поступающего для поддержания огня в топке. В таком случае рекуператор превращается в воздушный экономайзер. В качестве водоохлаждаемой разделки можно использовать и приточно-накопительную водогрейную колонку 11 (рис. 168д). Все эти схемы с замкнутыми ёмкостями относятся к водопр-

водным системам, зимой работоспособным только в постоянно отапливаемых зданиях и помещениях.

В-четвёртых, в банях без водопровода (и летних, и всесезонных) не прекращается использование для нагрева воды обычной металлической посуды, способной обеспечить «кухонную» чистоту воды и удобство в эксплуатации, особенно зимой. Ясно, что если бак (кастрюлю, ведро) после бани можно снять с печи, вылить воду и вычистить, то это открывает возможности, недоступные, например, для бака 7 (рис. 168г). Лет сорок – пятьдесят тому назад ещё можно было купить в магазине чугунный банно-прачечный котёл ёмкостью 50–100, а то и 200 литров, который вмуровывался в топку кирпичной печи (рис. 116б). Сейчас используются сварные из чёрной стали бачки, покрашенные изнутри, эмалированные кастрюли и баки, оцинкованные тазы и ведра и, наконец, в последние годы появился большой ассортимент посуды из тонкой 1 мм нержавеющей стали, сваренной аргоновой сваркой.

Отметим попутно, что обычная вода из водопровода, колодца или водоёма загрязняет при нагреве посуду всегда. Это одна из наиболее серьёзных неприятностей для водогрейных (и особенно паровых) котлов из-за осаждения накипи с низкой теплопроводностью 2,3 Вт/м·град, состоящей преимущественно из карбоната кальция  $\text{CaCO}_3$ . Дело в том, что даже питьевая вода содержит (и должна содержать) различные соли в количестве до 0,5 г/литр, а некоторые природные лечебные воды из родников и скважин содержат в растворе до 5 г/литр разных химических соединений, а в озёрах даже больше.

Для ориентировки приводим средний состав солевых ионов (в мг/л) в различных водах:

Ион	$\text{Na}^+ + \text{K}^+$	$\text{Ca}^{2+}$	$\text{Mg}^{2+}$	$\text{HCO}_3^-$	$\text{SO}_4^{2-}$	$\text{Cl}^-$
Дождевая	5,3	4,8	1,7	18,2	9,2	5,5
Речная	7,7	16,7	4,4	59,0	14,7	8,4
Минерализованная	1000	400	100	1500	1000	300
Океанская	11100	420	1295	105	2695	19320

Эти соли образуются из-за растворения в воде (частичного или очень слабого) веществ, входящих в состав песка, глин, осадочных слоёв в грунте, в том числе и в присутствии углекислоты  $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H}_2\text{CO}_3$ . Наибольшую роль в образовании накипи в посуде играют гидрокарбонаты кальция и магния, называемые солями жёсткости, которые при нагреве разлагаются по схеме  $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2 \rightarrow \text{CaCO}_3 + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2$ . Очень плохо растворимый карбонат кальция (образующий в природе известняк, мел, мрамор, мочевой и водяной камень и т. п.) выпадает в осадок в виде наро-

стов на стенках или мути в воде. Кроме того, в грунтовых водах очень часто встречаются соединения двухвалентного (недоокислённого) железа  $\text{Fe}(\text{OH})_2$ ,  $\text{FeCO}_3$  и т. п. Содержание двухвалентного железа в реках, озёрах и поверхностных грунтовых водах обычно составляет (0,01–1) мг/л, в болотах – до 100 мг/л, в подземных источниках (глубоких скважинах) – до 50 мг/л при норме содержания железа в водопроводной воде 0,3 мг/л. Соединения двухвалентного железа в растворе бесцветны, но при стоянии на воздухе и особенно при нагреве на воздухе двухвалентное железо (закись) окисляется до трёхвалентного  $\text{Fe}(\text{OH})_2 \rightarrow \text{Fe}(\text{OH})_3 \rightarrow \text{Fe}_2\text{O}_3 + 3\text{H}_2\text{O}$ , и очень плохо растворимая гидроокись железа  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  выпадает из воды в виде ржавчины, бурым осадком, характерным для болот, особенно торфяных. Такой осадок может выпасть из воды, долгое время стоявшей в неэмалированном железном баке или стальной трубе водопровода, частично за счёт прямого окисления металла кислородом воздуха, растворённого в воде, а преимущественно за счёт деятельности так называемых железобактерий. Эти бактерии фактически «едят» железо, окисляя его до «ржавой» трёхвалентной формы. Сами по себе эти бактерии не представляют опасности для организма человека, но продукты их жизнедеятельности считаются канцерогенными. Колонии железобактерий образуют в водопроводных трубах обрастания в виде ржавых бугров высотой до 10 мм, и именно под такими буграми начинается сквозное разрушение стальных труб в виде свищей. В отложениях, образованных железобактериями, находят благоприятные условия палочки, гнилостные бактерии и даже черви (В.И. Баглай). Так что с самых разных объективных точек зрения открытая переносимая посуда в дачных банях лучше, чем различного рода стационарные несъёмные баки и трубы систем котельного нагрева и центрального водопровода, незаменимого только при больших расходах воды. Напомним попутно, что магнитная обработка воды работает только в условиях ржавых труб, когда магнит создаёт в воде агрегаты намагниченных микрокристалликов, на большой поверхности гидровзвеси которых и осаждается накипь.

Отношение дачников к «кастрюлям» в банях неоднозначное. Одни считают, что бачок 9 (рис. 168г) на варочной плите «унижает» баню. Но если на бачке есть краник, то смотрится более достойно. Другому нравится навесной бачок 2 на стенке печи (с краником и без краника), особенно если бачок запрятан за экран (кожух) печи. Третьим больше нравятся бачки 5, навешенные на дымовую трубу. Ясно, что все эти мнения – вопросы вкуса. В конце концов все эти баки можно запрятать за красивый чисто декоративный кожух точно так же, как роскошная душевая панель современной пластиковой гидромассажной кабины скрывает за собой ничем непримечательные узлы и детали водопроводной арматуры.

Самое красивое и самое современное в сантехнике – это чистота. Ни один бачок с краником не может сравниться по гигиеническим показателям с «кастрюлями». Тем более, если кастрюля 9 будет изготовлена из первоклассного ударопрочного термостойкого стекла или стеклокерамики. Так что будущее за «кастрюлями» (чашами).

В-пятых, наиболее энергетически выгодно (с точки зрения КПД печи) располагать бак на трубе. Например, на подставке-полке 21, приваренной к трубе, можно поставить разрезной (разделённый на две-три части) съёмный бачок 5. Бачок же, подвешенный к стене топливника, как и, впрочем, бачок на варочной плите, сокращает поверхность теплообмена топливника с воздухом и тем самым снижает теплопередачу в воздух. Баки, опирающиеся на дымовую трубу, создают значительные статические нагрузки на трубу, в том числе и изгибающие, поэтому требуют либо толстой прочной трубы, либо крепления на перекрытии (рис. 168д), что в свою очередь требует учёта термического удлинения дымовой трубы (в том числе наличия свободного зазора). Большое влияние имеет устройство теплового контакта водогрейного бака с жаровой поверхностью. Точно так же, как в случае каменок (раздел 5.5), теплопередача с жаровой поверхности к поверхности теплосъёмного элемента (например, к дну бачка-кастрюли) резко возрастает с уменьшением величины зазора между теплообменивающимися поверхностями (рис. 169). При больших зазорах (более 1–10 мм) преимущественный вклад вносит радиационный поток, при малых зазорах (менее 0,1 мм) преимущественный вклад вносит кондуктивный теплоперенос через воздух, а при непосредственном контакте металла с металлом теплопередача может теоретически достигать десятков тысяч кВт/м<sup>2</sup> в точках контакта. Поэтому чем теснее кастрюля прилегает к поверхности жаровой (варочной) плиты, тем меньше можно предусматривать площадь («пятно») контакта для передачи необходимой мощности. На нагрев воды в бане на одного моющегося требуется предусматривать мощность теплопередачи в воду порядка 1–2 кВт. Поэтому, если бы стенки топливника или дымовой трубы были бы нагреты до 700°С, то в обычных условиях достаточно была бы площадь контакта всего в несколько квадратных дециметров. Но реальная температура жаровых поверхностей меньше, и площадь контакта при плохом механическом контакте (большой величине зазора) должна быть существенно большей – не менее 10 дм<sup>2</sup> на одного моющегося. Это относится и к навесным бакам на стенке топливника или дымовой трубе, но для «кастрюль» обычного типа (на варочной плите) площадь может быть много меньшей. Из рисунка 169 следует, что регулировать темп нагрева воды (что крайне необходимо при перегреве воды выше 70°С) можно отодвигая бак от жаровой поверхности всего лишь на 1 мм или устанавливая в за-

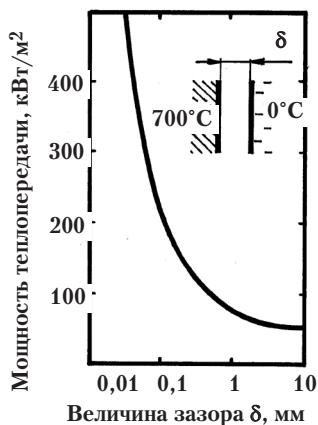


Рис. 169. Мощность теплопередачи от жаровой поверхности с температурой  $700^{\circ}\text{C}$  к поверхности (дна) бака с водой при  $0^{\circ}\text{C}$  при разных величинах зазора между тепло взаимодействующими поверхностями. Мощность теплопередачи складывается из лучистой теплопередачи и кондуктивной теплопередачи через слой воздуха.

зор металлический экран 13 (рис. 168е) при величинах зазора более нескольких миллиметров. Регулировать температуру жаровых поверхностей можно внутренними экранами 10 (рис. 168г). При вертикальном положении экрана 10 (т. е. вниз) лучистый поток переизлучается

на дрова и другие стенки топливника, в конце концов нагревая дымовые газы до более высоких температур. При горизонтальном положении экран 10 открывает стенку топливника для доступа лучистого тепла от углей, поэтому температура дымовых газов падает. Но экран 10 при этом превращается в горизонтальный дымооборот, загораживающий от лучистого тепла бак с водой 7. При этом дымовые газы подогреваются за счёт раскалённого горизонтального экрана, и температура дымовых газов при изменении положения экрана 10 практически не изменяется. Действительно, при изменении положения экрана 10 лишь загораживается от теплового излучения то стенка топливника, то бак с водой 7.

В-шестых, приходится продумывать не только функциональность внешних устройств печи, но и технологичность монтажа печи. В первую очередь это относится к дымовой трубе: боковой вывод дыма из печи лучше применять лишь при наличии кирпичной коренной трубы, в том числе, в стене бани. А поскольку кирпичных стен в дачных мытейных банях лучше не делать из-за их высокой теплоёмкости, то и боковой вывод дыма лучше вообще не рассматривать. По той же причине лучше не предусматривать встраивание экранированной печи в кирпичную стенку с применением удлиняющей горловины дверцы печи 6 (рис. 168в). А вот неэкранированную печь можно обложить кирпичём с обязательным калориферным зазором. Ну и наконец, в последнюю очередь надо обратить внимание на внутренности печи, которые мы уже подробно обсуждали выше. Прежде всего, имеются в виду те элементы печи, которые никак нельзя изменить в домашних условиях или на которые нельзя повлиять особенностями эксплуатации. Так, очень большое значение для частой топки имеет размер поленьев: печи с глубиной топки менее 500 мм лучше



не изготавливать и не приобретать. Варочная (верхняя жаровая) поверхность для «кастрюль» будет особо эффективна при расстоянии от углей в печи (дна топливника) до этой поверхности 35–50 см (полтора-два кирпича). Только тогда лучистое тепло сможет докрасна разогреть варочную поверхность. Но в банях слишком быстрый разогрев воды и не нужен, закипание воды при холодных стенах является одним из самых больших недостатков бань. Высоту топливника можно увеличить до 60–70 см, увеличив при этом площадь стенок топливника и тем самым повысив теплоотдачу печи в воздух бани. Высота топливника выше 70–80 см приемлема лишь в случае водонагревателя самоварного типа 7 (рис. 168г). Хорошо, если топка изнутри имеет футеровку по низу стен на высоту до 25 см. Выдвижные ящики зольников очень удобны лишь для строго дисциплинированных дачников, способных каждый раз чистить печь перед растопкой и опорожнять ящик с золой. При обычной же частой эксплуатации ящик переполняется, и при его извлечении остатки золы из топливника (особенно имеющего сужающееся дно) ссыпаются и забивают направляющую камеру для ящика зольника. Поскольку эта камера делается очень узкой и недоступной для веника и щётки, то такое «хорошо продуманное» решение (кстати, предусмотренное п. 4.1.20 ГОСТ 9817-95) требует съёма каждый раз колосниковых решёток из топки (см. поз. 7 рис. 150). По той же причине лучше отказаться и от красивых идей по предварительному нагреву воздуха в змеевиках или стеновых теплообменниках с подачей нагретого воздуха в зольник, а также по подаче вторичного воздуха через зольник (поз. 11 на рис. 150). В общем-то, чем проще печь, тем она удобней и надёжней. Во всяком случае, если дачнику даже в магазине не удаётся разглядеть целостность всех стенок печи, а тем более хотя бы ощупать рукой все закоулки дымооборотов и дымоходов, то от такой печи лучше отказаться, хотя она, может быть, и очень экономична. По той же причине лучше выбрать печь с отверстиями выхода горячего воздуха из калориферного зазора, расположенными в верхней декоративной накладке 18 (рис. 117), поскольку такие отверстия позволяют визуально контролировать покраснение топливника и его механическую целостность (в отличие от отверстий 17). Ну и конечно же дачник всегда обращает внимание на качество материалов печи и на качество сборки (сварки), аккуратность, красоту, дизайн.

Аналогичный анализ дачник проводит и в случае выбора кирпичной печи, незаменимой при постоянном отоплении дома (в сельском режиме) или длительном отоплении бани (например, в коммерческом режиме). Если дачник, лишь не надолго растапливая баню в пятнадцатиградусный мороз, просто не в состоянии понять ценность высокого КПД, то банщик-предприниматель очень заинтересован в экономии дров

в непрерывно отапливаемой бане. Поэтому напомним, что поверхности стенок кирпичных печей с температурой ниже 30–40°C не просто бесполезны, но и вредны для бань (в отличие от жилых домов), так как они отбирают тепло из бани. Фактически энергетически выгодней просто-напросто утеплить такие кирпичные стенки снаружи базальтовой ватой с пожаробезопасной облицовкой, а греть другие стенки и внутренности печи (каменку) до более высоких температур. В то же время черезчур высокие температуры 700–1000°C, необходимые для «выжигания» закрытых фильтрующих каменок, также энергетически не выгодны, поскольку дымовые газы с температурой ниже 700–1000°C уже не способны нагревать каменку (и лишь загрязняют её пеплом) и фактически выбрасываются (в лучшем случае на нагрев вспомогательных помещений) со снижением КПД по каменке. Кроме того, при высоких температурах камней поддача (полив, кидание) воды сопровождается её разбрызгиванием (и выбросом аэрозоля воды в баню) с характерным хлопком. Именно хлопок указывает на мощное вскипание зоны контакта

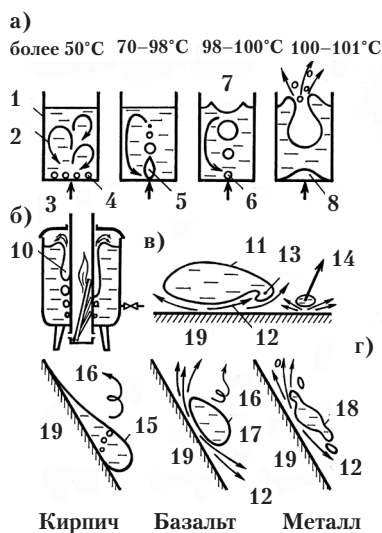


Рис. 170. Особенности кипения жидкостей:

а – процессы при нагреве воды в ёмкости; б – образование пузырей на вертикальной стенке дымовой трубы при кипении воды в самоваре; в – капля воды, бегающая по раскалённой металлической поверхности (сковородке); г – капля воды, стекающая по раскалённой поверхности разных материалов. 1 – ёмкость (стакан, кастрюля) с водой, 2 – конвективные потоки воды, 3 – источник тепла, 4 – пузыри воздуха, 5 – пузырёк пара, схлопывающийся при всплывании, 6 – пузырёк пара, расширяющийся при всплывании, 7 – кратер (всплеск) от лопнувшего пузырька пара, 8 – пузырь (прослойка пара), 9 – с силой лопнувший пузырь пара с выбросом капель, 10 – пузырь пара на вертикальной раскалённой поверхности дымовой трубы, 11 – капля, приподнятая потоками пара, 12 – паровая «подушка», струя пара, возникшая при кипении под каплей и возмущающая поверхность

воды в капле, 13 – область возмущения поверхности воды (волнения, всплески, неустойчивости), способная оборваться в отдельную мелкую каплю, 14 – капля, с хлопком отскакивающая от раскалённой поверхности под действием образующегося под каплей пара высокого давления (с улётом в направлении, указанном стрелкой), 15 – капля, спокойно стекающая по поверхности талькохлорита и кипящая, как в в кастрюльке, 16 – пар, образующийся над каплей, 17 – капля, сбегаящая (соскальзывающая) вниз на паровой «подушке», 18 – капля, сбегаящая вниз с разбрызгиванием и хлопками, 19 – раскалённая наклонная поверхность.

воды с раскалённым камнем с возникновением зазора с высоким давлением пара за счёт инерционности массы компактной воды. При простом вскипании воды хлопок возникнуть не может, так что мощные хлопки (столь любимые многими банщиками) не столь уж полезны (поскольку брызги не несут с собой скрытую теплоту конденсации). Мощные хлопки выносят с собой и золу с камней, дополнительно запыляя и без того запылённый пар: даже питьевая вода с обычной минерализацией 0,2–0,5 г/л даёт пар с запылённостью солями 300–800 мг/м<sup>3</sup> при ПДК на уровне 5–10 мг/м<sup>3</sup>. Ко всему прочему высокотемпературные кирпичные каменки крайне недолговечны (обычно не более года при постоянной работе) как из-за растрескивания кладки, так и из-за разрушения камней. Значительно более чистый пар можно получить при спокойном испарении с камней при 300–600°С и выводом пара обязательно под потолок для предотвращения образования тумана (клубов пара). Ещё лучше поддачи сопровождать мощной продувкой каменки воздухом с получением лёгкого пара, что предусматривалось ещё в конце XIX века в лучших банных печах Сюзора (но ныне благополучно забыто).

Кирпич как материал для печей крайне противоречив, поскольку имеет высокую теплоёмкость и одновременно низкую теплопроводность, не дающую вывести аккумулированное тепло. Это даёт возможность создавать печи из однородного материала (кирпича), но лучше бы иметь низкотеплопроводную оболочку (например, из пеношамота) и высокотеплоёмкое и высокотеплопроводное ядро, например, металлическое или корундовое (в согласии с идеями А.Разоренова). Такие печи-каменки с холодными наружными стенками могут быть изготовлены и из металла (рис. 147д). При этом модные ныне схемы прогрева низа печи канальными опусками до уровня пола (Я.Г. Порфирьев, Печные работы, М.: Стройиздат, 1999 г.) в случае бань малоэффективны, поскольку увеличивают потери тепла теплопроводностью по кладке под пол. Лучше смонтировать металлический экран (кожух) вокруг печи с щелью у пола. Большим недостатком кирпичных печей (строящихся на месте) является непредсказуемость качества и внешнего вида: металлическую печь дачник покупает в готовом виде, а в случае постройки печи остаётся надеяться на порядочность печника.

В заключение остановимся на общеметодических вопросах надёжности выбора. Ранее, в период широкого использования печного отопления в массовом социалистическом строительстве самостоятельность в области конструирования кирпичных печей не допускалась или, во всяком случае, не поощрялась. Печь в холодных регионах – это вопрос жизни и смерти, залог благополучия населения. Поэтому, если строился ответственный объект (например, многоквартирный дом), то отопительная система

(в данном случае печная) должна была иметь утверждённую проектно-сметную документацию, акты приёмки-сдачи, регламенты технического обслуживания, как говорится, «для прокурора», для выяснения виновных при авариях. Практика была такова, что все отапливаемые дома входили в состав так называемого «жилого (жилищного) фонда» страны вне зависимости от того, государственный ли был жилой дом или частный. Причем показатели по жилому фонду входили в официальную государственную статистику и жёстко контролировались. А вот многие дачи, а затем и садовые домики в этот «жилой фонд» не входили (и даже не являлись чьей-либо собственностью), а стало быть не повышали статистический уровень благосостояния страны и населения. Такие бюрократические тонкости подкрепляли идеологические доводы в пользу первоначальных запретов какого-либо отопления (даже дровяного печного) садовых домиков. Впоследствии, вопрос о надёжности печей в дачном строительстве был «пущен на самотёк».

С другой стороны, «самотёку» и способствовали и сами печники. Профессиональные печники всегда считали себя мастерами, а не мастеравыми, то есть не относили себя к рабочим и строителям, работавшим «от и до» слепо строго по чертежам. Печники всегда были ближе к ремесленникам, а в этой среде очень уважался и ценился творческий «дух мастера», способного всё сделать, исправить и починить сообразуясь с собственным опытом, сделать лучше и не так, как другие. До сих пор в народе жива уверенность в том, что печники и каменщики – совсем разные специалисты, что кирпичная стена в доме – это одно, а кирпичная стенка в печи – это чуть ли не живое существо. Действительно, не только самодеятельные печные умельцы, но и профессиональные печники, в том числе стремясь подтвердить свой высокий уровень мастерства, считают своим долгом создавать каждый раз в чём-то новую печь, хотя бы для того, чтобы она лучше вписывалась в конкретную планировку помещения. (А.М. Шепелев. Кладка печей своими руками, М.: Россельхозиздат, 1983 г.). Особенной любовью печников отличалось новаторство в части дымооборотов и каменок (но не топок). В последние десятилетия это свободное творчество неизбежно проявилось и в области стальных печей, технология изготовления которых открыла ещё более широкие возможности для полёта мысли, но только уже не со стороны печников, а в среде заводских конструкторов металлоизделий и, что особенно важно отметить, высокопрофессиональных сварщиков.

Если подытожить сказанное, то можно заметить, что как бани подразделяются на жизненно важные мытейные и на второстепенной важности досуговые, так и печи в быту подразделяются на заведомо надёжные и жизненно важные и на многочисленные экспериментальные (опыт-

ные), пригодные лишь для любительского индивидуального строительства, как говорится, «на пробу». В дачных банях чаще всего как раз и создаются самодельные случайные конструкции, иногда, может быть, очень хорошие, а иной раз и неудачные. Как раз эти конструкции и описываются в многочисленных популярных журналах и книгах по индивидуальному дачному строительству. Причём, как правило, авторы не приводят ни цифровых значений принципиально важных параметров предлагаемых печей, ни каких-либо отзывов по испытаниям печи. Как говорится, приводят «голые» схемы печей для «безграмотных» лишь для примера того, как эти печи можно было бы сделать в принципе. Но ведь конструкций печей тысячи, а придумать можно миллионы, и все они будут работать с той или иной степенью эффективности и полезности.

Всё это приводит дачника к однозначному выводу. Если дачник строит баню, к примеру, под присмотром жены или подражается строить баню соседу по дачному массиву, то такой объект, конечно же, является ответственным. Печь в таком случае лучше приобрести готовую, приличного заводского изготовления, с паспортами, аттестатами и сертификатами (и не только для того, чтобы снять с себя ответственность). Кирпичную печь дачнику тоже лучше заказать в специализированной фирме (если найдёт такую) или изготовить, по крайней мере, сообразуясь с некогда официально аттестованными проектами (см., например, Альбом отопительных и бытовых печей, часть I. Печи отопительные, М.: Стройиздат, 1961 г.; часть II. Печи отопительно-варочные. М.: Стройиздат, 1962 г., а также Перечень рекомендованных отопительных печей для жилых и общественных зданий, М.: Госстройиздат, 1952 г.).

Если же дачник делает баню сам и для себя и не боится чьих-либо нареканий, то вполне естественно, что он рассчитывает изготовить печь не просто «как следует», а «лучше» и к тому же стремится удешевить строительство. В таком случае дачнику придётся прорисовать десятки вариантов печи и, может быть, покопаться в литературе, прежде чем подыщет подходящий вариант, скорее всего максимально использующий имеющиеся у него строительные материалы и узлы, в том числе и бывшие в употреблении. Такие любительские новаторские проекты, часто публикуемые в популярной литературе, несомненно имеют методический интерес, но, к сожалению, абсолютно неповторимы практически.

В заключение отметим, что среди продавцов металлических печей распространены термины типа «соотношение цены и качества». Если с ценой всё ясно, то понятие качества очень расплывчато. Многие печи порой не сопоставимы в принципе. Сопоставлять можно только объекты одного и того же назначения, причём узкого конкретного потребительского назначения. Качество определяется по многим критериям:

- удачность конструкции под назначение,
- качество изготовления (сборки),
- качество исходных материалов (комплектующих).

Отсюда следует, что сопоставлять соотношением «цены и качества» можно лишь финские печи-каменки для сухих саун разных фирм, которые имеют одно и то же назначение и одну и ту же конструкцию, но, может быть, разное качество материалов и качество изготовления.

## 5.8. Электрические системы обогрева

При всех своих достоинствах печное отопление дачных бань имеет недостатки, связанные с загрязнением помещений, пожароопасностью, а главное – с хлопотностью процедуры протопки. Если редкие протопки досуговых бань обычно представляются удовольствием и развлечением для дачника на отдыхе, то постоянные регулярные протопки мытейных бань представляется скорее серьёзной обузой, особенно если дачнику уже удалось избавиться от печки в жилом доме. В городах печи в квартирах и даже в коттеджах давно стали анахронизмом, хотя ещё часто встречаются в домах (даже в США и Европе) преимущественно в декоративных интерьерных целях и для аварийных случаев.

Дачники, имеющие на участке магистральный газ, предпочли бы газовое отопление бани, поскольку газовые агрегаты могут иметь большую единичную мощность, просты и неприхотливы в эксплуатации. Однако, тресты газового хозяйства и противопожарные службы, памятуя о традиционной русской халатности обслуживания бань, относятся к газу в банях с крайним предубеждением. Учитывая, что специализированное газовое банное оборудование в нашей стране только начинает появляться, дачнику придётся скорее всего использовать газ нелегально или полуполюгально, оформив баню как гостевой домик с газовой плитой и/или с аппаратом отопительным газовым водогрейным (АОГВ), и/или с проточным водогревателем для ванны (если есть канализация), и/или в крайнем случае с кирпичной печью, переведённой на газ со стандартной горелкой с отсечной автоматикой.

Поэтому фактически единственной прогрессивной возможностью для дачника является замена дровяной печи на электрические системы нагрева. К сожалению, в реальных условиях существуют серьёзные технические ограничения по установочным мощностям в дачных домах (до 3,5 кВт при автоматических выключателях 16 а и до 11 кВт при 50 а), так что нередки случаи подключения коттеджей к собственным автономным трансформаторным подстанциям электросетей напряжением 10 кВт.