

Рис. 57. Зависимость равновесной относительной влажности древесины от абсолютной влажности воздуха при различных температурах: 1 — 20°C, 2 — 30°C, 3 — 40°C, 4 — 50°C, 5 — 60°C, 6 — 70°C, 7 — 80°C. Абсолютно сухая древесина может быть получена в абсолютно сухом воздухе только при 100°C и выше.

сыны 25% и минус 70°C при относительной влажности древесины менее 1% (то есть последние остаточные следовые количества воды сохраняются в самых мелких капиллярах). Свойство гигроскопичности древесины иллюстрируется широко известными диаграммами равновесной влажности

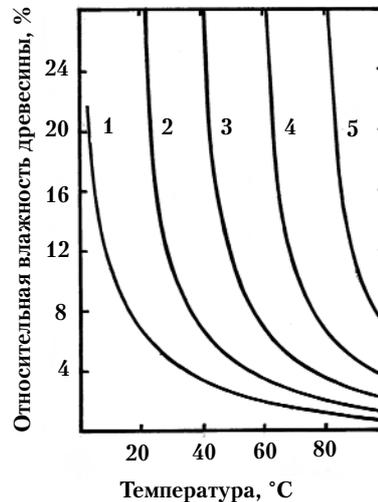
древесины (рис. 57, 58, 59). Если через слой опилок продувать постоянно воздух с фиксированной температурой и с фиксированной влажностью, то мелкоизмельчённая древесина рано или поздно увлажнится или осушится до вполне определённой равновесной относительной влажности. И, наоборот, если через слой мелкоизмельчённой древесины продувать воздух с любой влажностью, то при определённой температуре (воздуха и древесины) будет достигнута вполне определённая равновесная относительная влажность воздуха, не зависящая от того, высушен ли был воздух до контакта с опилками или увлажнён. Относительная влажность древесины характеризуется отношением массы воды (влаги) в древесине (в частности, массы пара, поглощенного древесиной) к массе древесины в абсолютно сухом состоянии и выражается в процентах. Неизмельчённая (компактная) древесина обладает точно такими же свойствами гигроскопичности, но высушивается и увлажняется более медленно, что необходимо учитывать при анализе быстропротекающих процессов, например, в момент поддачи (П.С. Серговский, А.И. Расев, Гидротермическая обработка и консервирование древесины, М.: Лесная промышленность, 1987 г.; И.В. Кречетов, Сушка древесины, М.: Лесная промышленность, 1980 г.).

Кривые гигроскопичности древесины можно строить в разных координатах, что позволяет наглядно и документально анализировать различные конкретные следствия. Например, из рис. 57 однозначно следует, что при температуре древесины 60°C (кривая 5) абсолютная влажность воздуха внутри (вблизи) древесины порядка 0,12 кг/м³ может быть

Рис. 58. Зависимость равновесной относительной влажности древесины от температуры при различных абсолютных влажностях воздуха: 1 – абсолютная влажность воздуха  $0,005 \text{ кг/м}^3$ , 2 –  $0,017 \text{ кг/м}^3$ , 3 –  $0,050 \text{ кг/м}^3$ , 4 –  $0,13 \text{ кг/м}^3$ , 5 –  $0,29 \text{ кг/м}^3$ .

достигнута лишь при относительном увлажнении древесины до относительной влажности не менее 20–30%, то есть при влажной древесине. Поскольку значение  $0,13 \text{ кг/м}^3$  соответствует насыщенному водяному пару при температуре  $60^\circ\text{C}$  (сырому воздуху), то кривые на рисунке 57 означают, что сырой воздух внутри (вблизи) древесины может быть получен лишь при сырой (до предела увлажнённой) древесине.

Например, предположим, что баня протоплена до температуры потолка  $60^\circ\text{C}$ , воздух в бане увлажнён дыханием людей до абсолютной влажности  $0,05 \text{ кг/м}^3$ . Из рисунка 57 следует, что деревянный потолок в этом хомотермальном режиме имеет относительную влажность 6,6%. При массе деревянного потолка условно 100 кг (а реальная масса бревенчатых потолков может быть ещё больше) количество влаги в потолке составляет 6,6 кг. Теперь увлажним воздух, вылив в каменку 0,4 кг воды и направив струю пара к потолку. Если бы потолок был непористым (стальным), то воздух у потолка сначала увлажнился бы до абсолютной влажности  $0,13 \text{ кг/м}^3$ , и лишь потом избыточные количества пара сконденсировались бы на потолке в виде капель, которые затем упали бы вниз на пол. Но деревянный потолок, являясь пористым, гигроскопически сконденсирует (не дожидаясь подъёма абсолютной влажности воздуха до  $0,13 \text{ кг/м}^3$ ) и поглотит весь пар, выпущенный из каменки. При этом количество влаги в потолке достигнет 7 кг, а относительная влажность древесины потолка повысится до 7,0%. Температура потолка увеличится за счёт теплоты конденсации пара до  $65^\circ\text{C}$ . Из рисунка 57 следует, что абсолютная влажность воздуха у деревянного потолка (с температурой  $65^\circ\text{C}$  и относительной влажностью 7%) действительно повысится не до  $0,13 \text{ кг/м}^3$ , а лишь до  $0,07 \text{ кг/м}^3$ . Конечно, процесс поглощения потолком влаги из воздуха может быть растянут по времени, и на какой-то ограниченный период времени абсолютная влажность воздуха в бане может кратковременно стать значительной (более



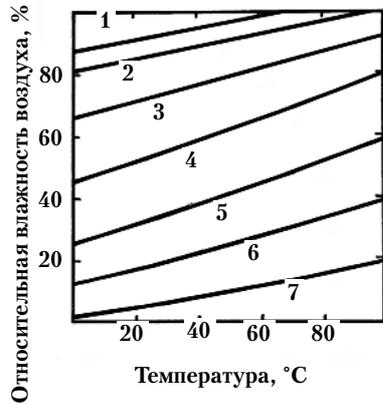


Рис. 59. Зависимость равновесной относительной влажности воздуха над древесиной от температуры воздуха при различных относительных влажностях древесины: 1 – относительная влажность древесины 25%, 2 – 20%, 3 – 15%, 4 – 10%, 5 – 7%, 6 – 5%, 7 – 3%.

0,1 кг/м<sup>3</sup>). Но факт остаётся фактом: чтобы увлажнить воздух в деревянной бане, потребуется испарить в каменке воды больше, чем 0,4 кг.

Плеснём в каменку ещё 0,4 кг воды и вновь направим струю пара вверх к потолку. Относительная влажность древесины повысится до 7,4%, температура потолка до 70°C, а абсолютная влажность воздуха около потолка до 0,10 кг/м<sup>3</sup>. И только третья (а может быть, даже четвёртая или пятая) поддача поднимет абсолютную влажность воздуха у потолка до требуемого уровня порядка 0,12 кг/м<sup>3</sup> и выше. При этом температура потолка (и воздуха у потолка) достигает 75°C (или выше), а значит воздух и после многих поддач не станет сырым.

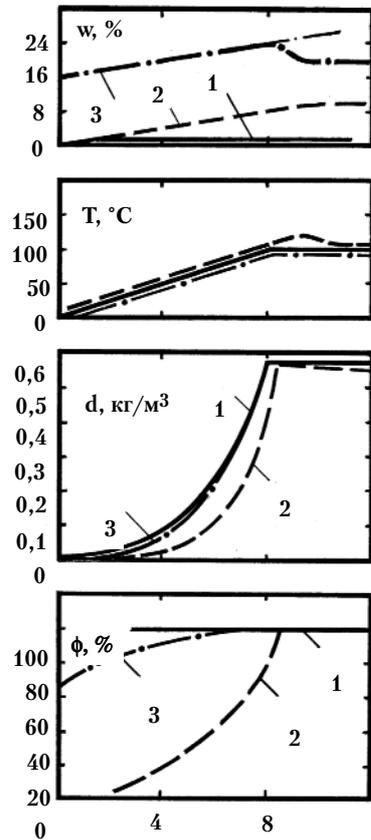
Становится ясным, что для увлажнения воздуха в деревянной бане требуется увлажнить ещё и потолок (стены) бани. Причём для увлажнения потолка (стен) потребуется намного больше воды (пара), чем для увлажнения самого воздуха в бане. Поэтому иногда для того, чтобы сделать баню более влажной (а значит, более жаркой, жгучей) потолок (стены, полки) в бане предварительно «моют», то есть обливают (увлажняют) горячей водой (кипятком) или пропаривают из шланга, и только затем льют воду в каменку. Такой приём зачастую затруднителен технически при отсутствии специального оборудования (напорного водогрейного или парового котла, горячего водопровода, шлангов и распылителей), а тем более при отсутствии знаний, навыков и понимания процессов. Поэтому традиционно бесхитростно применяют многократные поддачи на каменку. При этом необходимо сделать так, чтобы пар не охлаждаясь, попал на потолок и только там сконденсировался. Фактически в воздухе бани от дверки каменки до потолка образуется невидимый горячий вертикальный газовый канал, имитирующий шланг с острым магистральным паром, так широко применяемым для пропарки оборудования и который, конечно же, был бы вполне пригоден для пропарки (нагрева и увлажнения) потолков в русских банях.

Анализ кривых гигроскопичности (рис. 57) показывает, что получить высокие абсолютные влажности у потолка бани можно как путём нагрева потолка, так и путём его увлажнения. Так, например, абсолютную

влажность  $0,12 \text{ кг/м}^3$  можно получить вообще без нагрева потолка (то есть сохраняя его температуру на уровне  $60^\circ\text{C}$ ), только увлажнив потолок двадцатью-тридцатью литрами горячей воды (при массе сухого потолка  $100 \text{ кг}$ ). С другой стороны, можно вообще не увлажнять потолок, только достаточно быстро поднять его температуру с  $60^\circ\text{C}$  до  $80^\circ\text{C}$ . Поэтому на практике приходится решать вопрос, что легче – нагреть или увлажнить потолок в данной конструкции бани. В рассматриваемой нами белой бане с кирпичной печью вопрос решается однозначно: греть кроме как паром из каменки, нечем. Поэтому применяется метод одновременного увлажнения и нагрева путём поддач.

Вместе с тем, при всей своей кажущейся экстравагантности процесс увлажнения воздуха за счёт нагрева влажного потолка происходит во всех банях, по крайней мере, при их протопке. Действительно, за время длительного простоя бани в холодном нерабочем состоянии при температуре, например,  $20^\circ\text{C}$  и при нормальной относительной влажности воздуха  $50\%$  древесина приобретает относительную влажность  $10\%$ . Если затем баню прогреть до  $60^\circ\text{C}$ , то древесина потолка, нагреваясь, увлажнит вокруг себя воздух до высоких степеней влажности. Иными словами, баня без всяких специальных увлажнений при протопке создаёт внутри себя высоковлажный режим паровой бани. Откуда берётся вода, увлажняющая воздух? При нагреве древесина начинает сохнуть и увлажняет воздух. Точно такой же процесс имеет место в сушильных камерах, в том числе стиральных и посудомоечных машин. В бытовой климатологии этот процесс увлажнения воздуха за счёт сушки древесины иногда трактуют в рамках теории «дышащей древесины». Согласно этой теории древесина поддерживает относительную влажность воздуха в помещении на неизменном уровне. Действительно, при фиксированной влажности древесины равновесная относительная влажность воздуха весьма слабо зависит (но всё же зависит) от температуры (рис. 59), что положено в основу работы гигрометров. Ну а неизменность относительной влажности воздуха при его нагреве означает, что его абсолютная влажность быстро растёт. Фактически на принципе увлажнения воздуха за счёт нагрева воды основаны все финские кипятивильники-парогенераторы (в том числе и для саун), а на принципе увлажнения воздуха за счёт нагрева влажной древесины могут быть созданы генераторы «лёгкого пара» для русских бань.

Возвращаясь к процессу увлажнения воздуха методом поддач, выясним, как влияет масса потолка на характеристики бани. Казалось бы, массивный потолок нагреть очень трудно, и при поддачах он будет не столько нагреваться, сколько увлажняться. Но в то же время ясно, что массивный деревянный потолок для своего увлажнения потребует большого количества пара, и потому процессы нагрева могут оказаться



Удельная величина поддачи  $m/M$ , %

Рис. 60. Динамика изменения относительной влажности древесины потолка  $w$ , температуры потолка  $T$ , абсолютной влажности воздуха внутри (вблизи) древесины потолка  $d$ , относительной влажности воздуха внутри (вблизи) древесины потолка  $\phi$  в ходе увеличения удельной величины поддачи  $m/M$ , где  $m$  – масса испарённой воды в каменке и поглощённой (сконденсированной) потолком,  $M$  – масса потолка. 1 – непористый потолок (металлический, пластиковый, крашенный и т. п.), 2 – потолок деревянный гигроскопический с начальной нулевой влажностью, 3 – потолок деревянный с начальной относительной влажностью 16%. Исходная температура потолка  $0^\circ\text{C}$ , температура пара  $100^\circ\text{C}$ .

существенными. Введём понятие удельной величины поддачи, равной процентному отношению массы испарённой (вылитой на каменку) воды  $m$  к массе потолка  $M$ . Если весь пар подается на потолок и там конденсируется, то удельная величина поддачи равна увеличению относительной влажности древесины потолка  $\Delta w(\%) = 100 m/M$ . Увеличение температуры потолка (всё равно какого: сухого, сырого, пористого или непористого, лишь бы он имел теплоёмкость древесины) при этом за счёт выделения скрытой теплоты конденсации

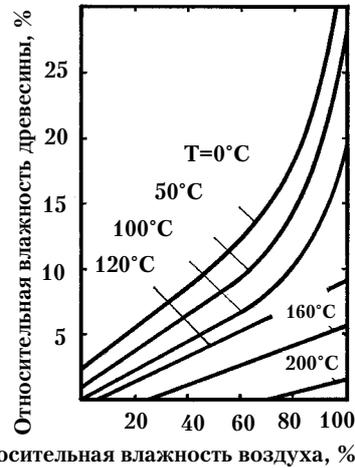
равно  $\Delta T = (C_{\text{исп}}/C_p)\Delta w/100$ , где  $C_{\text{исп}} = 0,63$  кВт час/кг – теплота конденсации водяного пара,  $C_p = 5 \cdot 10^{-4}$  кВт час/(кг град) – теплоёмкость древесины. Таким образом из полученного соотношения  $\Delta T = 12,6 \Delta w$  следует поразительный результат: увлажнение древесины потолка паром всего на 4% приводит к нагреву потолка на  $50^\circ\text{C}$ . Это означает, что при исходной температуре потолка (до поддачи)  $60^\circ\text{C}$  удельная величина поддачи  $\Delta w = 4\%$  влечёт за собой подъём температуры потолка до  $110^\circ\text{C}$  и фактическую невозможность дальнейшего увлажнения потолка.

Численный анализ динамики нагрева и увлажнения потолка при поддачах проведём для потолка в абсолютно сухом исходном состоянии  $w_0 = 0$  при начальной температуре  $0^\circ\text{C}$ . Как и прежде, будем считать, что пар подается непосредственно на потолок, причём температуру пара примем

Рис. 61. Зависимость равновесной относительной влажности древесины от относительной влажности воздуха при различных температурах, указанных при кривых в градусах Цельсия.

равной 100°C. За базу примем непористый потолок (сплошные линии на рисунке 60), который, естественно, не увлажняется, конденсирует пар с образованием капель росы, падающих на пол. Температура непористого потолка монотонно растёт до 100°C, а затем остаётся постоянной, поскольку непористый потолок не может нагреваться выше температуры пара (а поступающий пар начинает нагревать стены). Этот случай аналогичен нагреву кастрюли с водой. Относительная влажность воздуха у потолка (крышки кастрюли) равна 100% постоянно, поскольку на потолке висят капли воды с температурой, равной температуре потолка. Абсолютная влажность воздуха растёт, оставаясь равной плотности насыщенного пара при текущей температуре потолка. Это значит, что воздух у непористого потолка сырой всегда на всех точках сплошных кривых на рисунке 60.

Исходный абсолютно сухой пористый потолок вначале нагревается точно также, как непористый потолок, поскольку конденсирует (хотя и внутри себя) весь поступающий пар (пунктирные кривые на рисунке 60). Однако, нагревшись до 100°C, недостаточно увлажнённый потолок способен и дальше сорбировать водяные пары из воздуха в силу гигроскопичности, вследствие чего способен нагреться до температур, несколько выше температуры пара, за счёт продолжения выделения теплоты конденсации сорбируемых паров воды. Такое явление вполне обычно: активированный уголь противозага ведь тоже способен разогреться до температур более высоких, чем температуры сорбируемого газа. В дальнейшем, увлажнившись до равновесного уровня при повышенной температуре, потолок постепенно остынет до температуры пара 100°C за счёт теплопроводности (а за счёт теплового излучения ещё ниже). Теперь, задаваясь текущей температурой и влажностью деревянного потолка и определяя текущую абсолютную и относительную влажность воздуха внутри (вблизи) древесины по кривым равновесия (рис. 61 и 62), можно убедиться, что воздух в результате поддачи оказывается не сырым, как в случае непористого потолка, а осушённым (за счёт сухой древесины). Такой воздух попадает под определение «лёгкого пара», введённого нами





ранее. Значит сухая древесина в бане действительно обеспечивает при подаче иные климатические условия, нежели непористые потолки и стены.

Но деревянные потолки в бане в исходном состоянии никогда не бывают абсолютно сухими. Более того, увлажняясь во время очередной серии поддач и остывая во время парения, потолок в паровой бане постепенно становится перед последующими сериями поддач всё более и более увлажнённым. Динамика предварительно увлажнённого потолка (до относительной влажности 16%) представлена на рисунке 60 штрихпунктирными кривыми. Характерной особенностью влажного потолка является промежуточная влажность воздуха между случаями сухого пористого потолка и непористого, что является вполне естественным результатом. Начальная влажность древесины 16% является уже очень высокой величиной в том смысле, что гигроскопическое осушение воздуха древесиной такой влажности возможно лишь при малых удельных величинах поддач. Тем не менее, это не будет означать, что древесина не сможет увлажниться выше уровня максимальной равновесной влажности. Если температура потолка ниже температуры пара (точки росы влажного воздуха), то конденсат будет выделяться на поверхность пористого материала в виде капелек росы, а затем впитываться в пористый материал (как в «промокашку»), увлажняя его вплоть до 100–200%-ной относительной влажности. Поэтому приведённое на рисунке 60 повышение относительной влажности древесины при 100°C до 24% не является ошибкой, также как последующее снижение относительной влажности древесины при выдержке при 100°C.

Выбранный для рисунка 60 начальный уровень температуры потолка 0°C, конечно, является слишком низким для бань: он был выбран произвольно лишь с целью показать, что пар может прогреть даже холодное помещение. Типичная исходная температура потолка на уровне (40–60)°C требует для обеспечения образования «лёгкого пара» исходной относительной влажности потолка (4–8)%. Это может быть обеспечено специальным высушиванием потолка перед процедурой, например, лучистым теплом от очага как в чёрной бане или длительной выдержкой при температуре 60°C с вентиляцией внешним воздухом (который, как правило, имеет абсолютную влажность не более 0,01–0,02 кг/м<sup>3</sup>). Вместе с тем, начальная сухость деревянного потолка вовсе не гарантирует получение сухого воздуха при реальных поддачах. Дело в том, что не весь пар попадает на потолок. Кроме того, конденсация паров происходит на быстроувлажняемых поверхностных слоях древесины, а затем влага должна каким-то образом равномерно распределиться по всему объёму древесины. Поэтому поверхностные слои увлажняются быстро,

что приводит к быстрой потере древесиной свойств гигроскопичности. Аналогичная ситуация возникает и с температурными характеристиками: поверхность потолка перегревается и теряет способность конденсировать пары воды.

Всё это свидетельствует о том, что помимо сухости потолка должны соблюдаться многие другие условия эффективной работы потолка. Во-первых, желательно иметь развитую поверхность контакта древесины потолка с воздухом: древесина должна быть растрескавшейся или иметь щели, углубления, разрезы искусственного происхождения. Во-вторых, желательно, чтобы древесина хорошо смачивалась водой для быстрого распространения и распределения влаги, для чего необходима обработка древесины гидрофильными поверхностно-активными веществами и исключался бы контакт с гидрофобными (водоотталкивающими) составами. В-третьих, потолок должен быть высокотеплопроводным, например, армирован металлическими элементами (в частности, гвоздями). В-четвёртых, несмотря на высокую теплопроводность древесины, сами деревянные потолки должны быть теплоизолированными от внешней среды. В-пятых, процесс поддач должен быть нетороплив и растянут во времени настолько, чтобы температурно-влажностные распределения успевали бы выровняться и в воздухе, и в древесине. В-шестых, потолок должен быть массивным настолько, чтобы заметно не увлажнялся и не перегревался при применяемых величинах поддач. Так деревянный потолок массой 100 кг из брёвен или толстых досок во всяком случае не потеряет своих сорбирующих (поглотительных) свойств при поддачах до 2–3 литров воды. Лёгкие потолки из евровагонки массой 20 кг могут потерять свои сорбирующие свойства уже при поддачах порядка полулитра воды. Потолок в виде простыни с типичной массой, к примеру, полкилограмма даже при поддаче всего 40 граммов воды нагреется от 0°С до 100°С и превратит баню в паровую сауну, в которой жарко, но париться веником нельзя, поскольку пара хватит лишь на 2–3 взмаха веника.

В заключение напомним, что приведённые зависимости равновесной влажности древесины относятся к пропитке дистиллированной водой (росой). Пропитка же древесины сахаром с последующим нагреванием (карамелизацией) снижает равновесную влажность древесины вдвое. Пропитка поваренной солью, наоборот, повышает равновесную влажность древесины: поэтому деревянные бочки для засолки огурцов всегда мокрые снаружи. Это значит, что пропитка потолка солью сделает его более влажным. Но если потолок специально сушить перед поддачами, то «солёный» потолок позволяет получить в бане при поддачах более «лёгкий пар». Так, над насыщенным раствором хлорида натрия при 100°С воздух имеет относительную влажность 77%. Поэтому и солёный



пот с кожи испаряется хуже, чем чистая вода, а смесь мёда с солью хорошо распаривает кожу в банях особенно в сухих (типа саун).

### 7.9. Парогенерация и парение

Оценим, на какое время и на сколько взмахов веника хватит пара в бане при парении. Это время определяется, с одной стороны, влагоёмкостью и теплоёмкостью системы воздух-потолок (в том числе и скоростью генерации пара), а с другой стороны – скоростью потребления пара при конкретном виде парения. Наиболее экономным является парение методом поддач при неподвижном положении тела. При мощности теплоотдачи печи 2 кВт характерное время парения в нашем случае составит около 5 минут, но может быть много большим при полной неподвижности воздуха и много меньшим при использовании веника. Достаточно экономным может быть метод парения мокрым веником, поскольку нагрев его у потолка может вестись без существенных перемещений воздуха. При хлестаниях же, а также при парении веником как опахалом потери пара могут оказаться очень большими, так как громадные массы горячего влажного воздуха проходят мимо тела человека на холодный пол и именно там выделяют скрытую теплоту конденсации водяных паров, а не на теле человека. Один взмах веника перемещает более  $0,5 \text{ м}^3$  горячего влажного воздуха от потолка вниз, и лишь одна восьмидесятая доля тепла конденсации выделится на теле человека (см. раздел 5.7). Иными словами, для того, чтобы обеспечить один взмах веника, необходимо истратить и подать к потолку более 50 г водяного пара. Причём один взмах посылает на пол более 100 кДж тепла в то время как на прогрев мокрого веника уходит в среднем (20–40) кДж. Становится совершенно ясным, что париться веником как опахалом в самых обычных маленьких парилках (объёмом порядка  $10 \text{ м}^3$ ) садовых бань абсолютно невозможно: два-три взмаха посадят пар на пол. Парение веником как опахалом возможно лишь в просторных и высоких парилках городских бань, причём желательно не допускать потоки горячего влажного воздуха на холодный пол, а поэтому парятся на широких деревянных площадках (полках, эстакадах), приподнятых над полом.

Всё это означает, что разные приёмы парения требуют различных способов увлажнения воздуха, в частности различных типов банных потолков. И, наоборот, каждая конструкция бани пригодна лишь для определённых приёмов парения. Об этом часто забывают в современной банной литературе и тем самым теряют способность объяснить, зачем вообще использовался веник и когда он мог использоваться. Дело в том, что бытующие ныне крайне упрощённые банные представления базируются на

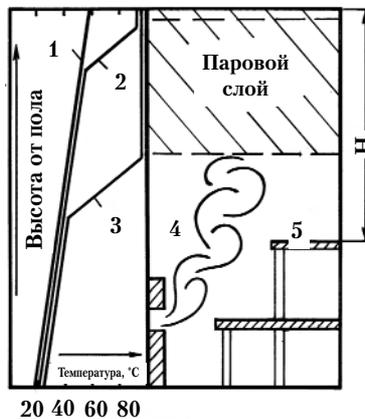


Рис. 62. Схема образования парового слоя у потолка бани, изготовленного из непористого материала. Слева – распределение температуры стен по высоте бани: 1 – исходное, 2 – после первой серии поддач, 3 – после второй серии поддач, 4 – пар, истекающий из каменки и имеющий температуру у потолка, равную условно 100°C, 5 – полки, Н – высота потолка над верхней полкой.

продвинутых (ранее неведомых) понятиях метеорологической обстановки в зоне нахождения человека. Так, если в бане температура 100°C, а относительная влажность воздуха 5%, то это считается сухой сауной. Но человек, помещённый

в такую метеозону, тотчас охлаждает воздух вокруг себя своим телом и увлажняет воздух своим потом. Чтобы поддерживать метеопараметры в заданных пределах надо как-то подогревать воздух около тела человека и одновременно осушать его. Это означает, что человек должен находиться в потоке воздуха, и этот поток воздуха должен поддерживаться постоянно то ли веником, то ли печью, то ли вентилятором. Но та же задача удержания метеопараметров воздуха около человека может быть решена и в неподвижном воздухе с помощью диффузионных механизмов путём поддержания стен сауны при повышенной температуре, но при пониженной абсолютной влажности воздуха. Это значит, что сухая сауна может мыслиться совершенно по-разному, и париться в сауне можно по-разному, в зависимости от конструктивных особенностей, оговаривать которые совершенно необходимо для правильного понимания физики процесса.

Точно также режим паровой бани, например, с температурой 70°C и относительной влажностью воздуха 50% (с абсолютной влажностью воздуха 0,1 кг/м<sup>3</sup>) можно поддерживать по-разному, причём значительно более разнообразней, чем режим сухой сауны. Это и метод циркуляционной паровой сауны (чёрной бани), и метод поддач в условно неподвижный воздух белой бани, и метод диффузионного увлажнения от горячих мокрых стен в неподвижном воздухе, и метод парения в потоке воздуха от веника и т. д. Не все эти методы используются на практике, а только те, которые легче реализовать конструктивно, а ещё точнее те, которые сами по себе реализуются в случайно выбранной (по разумению строителя) конструкции. Все конструктивные особенности рассмотреть невозможно (поскольку их сотни и тысячи), поэтому поясним мысль на простейших примерах, частично встречавшихся ранее, но в другом ракурсе.



Рассмотрим две белые хорошо просушенные и проветренные бани с одинаковыми размерами, с одинаковыми печами каменками. Только у одной бани стены и потолки по-деревенски массивные бревенчатые, а в другой брёвна изнутри по-современному утеплены минватой и облицованы малотеплоёмким покрытием – тонкой сталью, фольгой, поликарбонатным пластиком или тонкой вагонкой (как в сауне). Плеснём, например, по одному литру воды в каменки обеих бань. В случае бревенчатых стен получим лишь кратковременный всплеск температуры и влажности воздуха, после чего всё тепло и влага пара уйдёт в брёвна: баня явно «не держит пар», хотя потоков воздуха, как в саунах, нет. В случае же малотеплоёмких стен и потолков температура потолка и воздуха быстро подскакивает до  $100^{\circ}\text{C}$  и удерживается на этом уровне («баня держит пар»). Однако, мнение о том, что «баня держит пар» оказывается очень условным: стоит махнуть веником или пройтись по бане, телом «расталкивая воздух», или организовать упорядоченную вентиляцию или циркуляцию (как в сауне), тотчас «пар» исчезает, потому что его мало, а потолок хоть и горячий, но малотеплоёмкий и быстро остывает. Таким образом, в бане с утеплёнными малотеплоёмкими потолками при малых поддачах можно париться лишь «методами поддач», неподвижно сидя на полке. Такой случай реализуется в современных саунах, если в них заменить традиционную металлическую печь с открытой каменкой на теплоизолированную закрытую каменку в термосе, то есть если устранить упорядоченные воздушные потоки.

Если в каменки обеих бань плеснуть ещё воды, например, ещё по одному литру, то картина изменится. Теперь бревенчатый потолок уже прогрелся, но пара у потолка пока мало, так как пар поглотился гигроскопической древесиной потолка и стал слишком «лёгким». Можно прогреться, лёжа на полке и даже слегка обмахиваясь веником, поскольку горячий потолок массивный и быстро остывать не может. Но прогреть мокрый веник у потолка не удастся, поскольку воздух сухой, и веник охлаждается за счёт испарения воды с листьев. Что касается бани с малотеплоёмким потолком, то пар, выделившийся из каменки при поддаче, уже не может конденсироваться на горячем потолке (поскольку его температура уже выше  $100^{\circ}\text{C}$ ) и образует у потолка всё более возрастающий по толщине слой практически чистого пара (рис. 62). При отсутствии движения воздуха паровой слой вполне устойчив, поскольку плотность влажного воздуха ниже, чем сухого (рис. 63). Поскольку в рядовых дачных банях высота  $H$  от полка до потолка редко когда намного превышает 1 метр (то есть лишь бы сидеть, не стучаясь головой о потолок), то появление ошпаривающего парового слоя, практически непереносимого, означает, что париться уже методом поддач становится не-

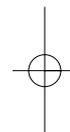
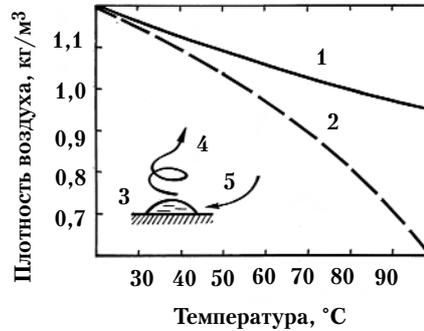


Рис. 63. Плотность абсолютно сухого воздуха (1) и максимально увлажнённого (сырого) воздуха со 100%-ной относительной влажностью (2). Рисунок на графике показывает, что образующийся над каплей воды 3 лёгкий влажный воздух 4 всплывает вверх, а вместо него подсасывается тяжёлый сухой воздух 5 (схема образования циклона над морской поверхностью).



возможно. Чаще всего паровой слой сразу же «разгоняют» веником и «сажают на пол», поскольку чистый пар при 100°C это фактически кипяток и даже при малых количествах означает ожог тела. При взмахах веника паровой слой разрушается и тотчас исчезает, так как восстанавливаться и подпитываться в случае непористого потолка он может только от каменки.

Если в бане с массивным бревенчатым потолком поддать ещё раз, то потолок прогреется до 70–90°C и увлажнится, к примеру, так, чтобы влажность воздуха достигла 50–60%. В этом режиме «лёгкого пара» можно и просто греться, и париться веником как опахалом, и хлестаться, причём потери пара при парении тотчас компенсируются испарением влаги с потолка. В то же время следует отметить, в сухом «лёгком паре» прогреть веник не удаётся из-за сильного испарительного охлаждения. Поэтому парение методом хлестания с нагревом веника у потолка возможно лишь в случае «тяжёлого жгучего пара», то есть при ещё более влажном (а лучше искусственно предельно увлажнённом) потолке. «Лёгкий пар» и нагрев веника — это понятия совместимые лишь при относительно низких температурах до 60–70°C (рис. 56, 64), когда нагрев веника чрезвычайно длителен.

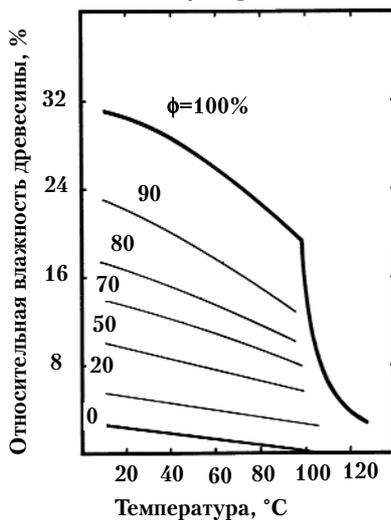


Рис. 64. Зависимость равновесной относительной влажности древесины от температуры при различных относительных влажностях воздуха  $\phi$ , указанных при кривых в процентах.



### 7.10. Элементы «банного мастерства»

Обсуждая русскую паровую баню нельзя обойти вниманием вопрос о «банном мастерстве», о котором так любят рассуждать знатоки бань в самой общей форме, но который так старательно избегают обсуждать в деталях (в основном по банальной причине отсутствия технических знаний о сути банного процесса). А поскольку все любители бань считают себя знатоками бань, то вопрос о банном мастерстве всегда был традиционно наполнен мистическими спекуляциями.

Конечно же, для того, чтобы пользоваться баней, никакого особенно банного мастерства не требуется. Необходимы лишь некие методические навыки, приобретаемые житейскими способами. Но в русских банях (в отличие от хаммамов) к банному мастерству относят не столько вопросы мытья, сколько вопросы парения. Ясно, что в случайно построенной бане попариться (в смысле прогреться) можно только действительно обладая некими знаниями, интуицией и опытом.

Под баннным мастерством в народе понимают три уровня знаний и навыков:

– владение приёмами работы с веником в комплексе (в том числе в части заготовки и хранения), методами приготовления ароматических отваров и настоев, умение безопасно париться и охлаждаться (в том числе и экстремально), знание «протокольных» традиций и т. п., то есть обладание традиционными навыками париться и мыться в бане, причём желательнее так, чтобы банную процедуру превращать в «праздник души и тела»;

– умение истопить баню, поддать пару так и столько, чтобы обеспечить требуемый уровень нагрева тела, то есть обладание навыками приготовить баню, причём желательнее так, чтобы можно было бы париться, в том числе и с веником;

– умение построить баню, причём под этим имеются в виду не строительные навыки (ровно пилить, чисто строгать, красиво прибавить и т. п.), а «чутьё» (знание) сделать (сконструировать) сооружение так, чтобы специального банного мастерства не требовалось бы вообще.

Если по первому вопросу в литературе имеется множество рекомендаций самого разнообразного толка (в том числе и догматических), то вопросы эксплуатации и особенно постройки бань требуют технически грамотного, а порой даже научно обоснованного подхода, вследствие чего освещены в литературе очень скудно по сути. Чаще всего процесс постройки бани сводится к строительству обычной жилой «коробки» (бревенчатой избы или утепленного дощатого сарая), без разъяснения, чем же должна отличаться конструкция, дизайн и архитектура той или иной



бани (по полам, потолкам, стенам, окнам, фундаменту и т. п.) от других бань или, скажем, от жилого или хозяйственного строения. При таком подходе авторы зачастую не могут разглядеть разницу между чёрной баней (дымной сауной), белой паровой баней (бездымной сауной) и современной сухой сауной, кроме как в типе печного узла и более современном облике последней, в большей ухоженности, в расположенности вблизи красивого водоёма, то есть в чисто внешних, не затрагивающих глубинную техническую суть особенностях. Это влечёт за собой путаницу в рекомендациях по эксплуатации. Действительно, так часто обсуждаемые для все типов бань вопросы, например, выбора дров (берёзовых, осиновых, липовых, сосновых) особенно важны преимущественно для чёрных бань, чтобы был приятный запах и меньше копоти. А вопросы вентиляции особенно важны лишь для сухих саун.

Банное мастерство протопки чёрной бани связано с навыками поддерживать огонь в задымленном помещении, уметь избежать полной задымленности путём организации выхода дымовых газов слоем, располагающимся вдоль потолка, знанием необходимой меры нагрева камней очага (каменки), уметь сократить закопченность стен и придать приятный дымный запах за счёт подбора типа дров, уметь удалять угли или выжигать их при закрытых дверях так, чтобы за это время потолок прогрелся лучистым теплом до требуемой температуры каменки, а пол от потолка, навыками удаления излишней копоти с полок, увлажнения (ошпаривания) стен и томления бани, сноровкой бросать раскалённые камни (лопатой, щипцами, совками, досками) в посуду с холодной водой (бочки, чаны, углубления в земле-ямы) и т. п. Все эти элементы банного мастерства абсолютно не нужны в белой паровой бане, точно также как умение поддавать пар совершенно не нужно в сухой сауне, а уметь сушить потолок не нужно в чёрной бане. Так что «банное мастерство» для различных типов бань различно как по сути, так и по внешним признакам.

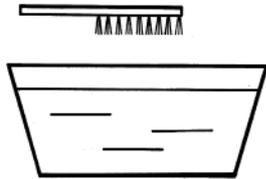
Банное мастерство постройки белых паровых бань должно исходить из осознания того, что после выхода пара из каменки (или иного другого парогенератора), климатическая обстановка в бане будет определяться уже вовсе не каменкой, а конструкцией и аэродинамикой самого помещения (включая печь, окна, двери и т. п.). Поскольку в быту мало кто продумывает конструкцию помещения под конкретный вид парения, то чаще случается так, что человек попросту приспосабливается под конкретное помещение и под конкретную печь-каменку, придумывая тот или иной вид (приём) парения. Причём под парением раньше понимали способ нагрева помещения (или тела человека), а сейчас всё чаще понимают некую физиотерапевтическую процедуру. Поэтому чтобы не запутаться в дебрях мелочных доводов, надо в каждом конкретном воплоще-



нии бани вычленить основные особенности конструкции. В белых банях это слабый нагрев высокотеплоёмкого помещения кирпичной печью, выступающий как недостаток, исправляемый наличием крупной высокотеплоёмкой каменки. Поэтому всё вышеизложенное относится лишь к высокотеплоёмким помещениям с источником нагрева воздуха с низкой мощностью теплоотдачи. При этом источник нагрева воздуха может быть любым – кирпичной печью, металлическим, электрическим, инфракрасным и т. п. Именно в такое помещение выпускается пар из каменки.

Судя по всему, разговоры о сути «банного мастерства» велись в народе тысячелетиями. Основная причина очевидна: бани несопоставимо сложнее для понимания (и не только с точки зрения климатологии), чем ванны и души, но зато и обеспечивают несравненно более широкие возможности. Кроме того, практически все русские бани были испокон веков мытными (бытовыми), и вопросы парения в них были далеко не главными. То есть вопросы пара обсуждать-то обсуждались, порой горячо и бескомпромиссно, но если достойного пара не получалось, то всё равно мылись и наслаждались баней. Да и уровень технической грамотности населения в период царствования бань в России был крайне низок. Но сейчас, когда баню (как идею и процедуру) закладывают в сердцевину массовых ультрасовременных развлекательных, общеоздоравливающих и лечебных мероприятий, без конкретных знаний сути технического процесса обойтись невозможно.

Впрочем, очень многие наши архитекторы, дизайнеры и строители бань совершенно искренне считают, что строительное банное мастерство в наш век может заключаться лишь в создании достойного декоративного облика русской бани, умении воплотить вековые традиции в неповторимом художественном образе и качественной отделке. Ну что ж, может быть, они и правы, если речь идёт о декоративных банях, украшающих интерьер или экстерьер богатой усадьбы. Но декоративная баня из глянцевого журнала может превратиться в представительскую баню лишь с максимальным использованием технической мудрости лучших образцов любительских бань, поскольку представительская баня должна не только поражать внешним видом, но и ярко запомниться неповторимыми ощущениями исконно русского парения.



*Если в парилке мужчины вздыхают, потеют и озадаченно молчат, то это финская сауна, а если шуткуют, парятся и выражаются, то это русская баня.*

## 8. Современные сауны

В предыдущем разделе мы рассмотрели высокотеплоёмкую баню с кирпичной печью, обладающей низкой теплоотдачей. В этом разделе мы рассмотрим противоположный случай – низкотеплоёмкую баню с металлической печью, обладающей высокой теплоотдачей.

Сразу подчеркнём, что оба эти типа бань имеют одинаково большую практическую ценность. Высокотеплоёмкие бани с отопительным узлом малой мощности долго прогреваются, но зато хорошо «держат» температуру на заданном уровне и очень ценны при постоянной эксплуатации. Низкотеплоёмкие бани с отопительным узлом большой мощности быстро прогреваются, но в них трудно удержать температуру на строго заданном уровне, так что они удобны для кратковременной эпизодической эксплуатации (например, на дачах).

В идейном плане современные низкотеплоёмкие бани с отопительным узлом большой мощности являются развитием курных бань в шалашах с костром. Но в техническом плане металлические печи (впервые изготовленные в нашей стране на тульских заводах при Петре I) явились развитием идей кирпичных печей. С появлением в XX веке дешёвого и доступного для населения чугунного литья, а затем стального проката и сварочного оборудования в кирпичные печи-каменки стали вводить металлические элементы (дверки топливников, варочные плиты, водогрейные котлы, контейнеры-поддоны для открытых каменок и т. п.), что существенно увеличивало теплоотдачу печей и повышало температуру бани. Революционный скачок был достигнут при внедрении в банный быт цельнометаллического печного оборудования (колосниковых и подовых металлических топок на различных видах топлива, паровых и водогрейных котлов, напорного водопровода). Кроме того, бани стали в обязательном порядке утепляться высокоэффективными искусственными утеплителями (вспененными полимерами, стеклянной и базальтовой ватой, пеностеклом и т. п.) и обшиваются внутри малотеплоёмкими покрытиями (евровагонкой, сталью).



Утеплённые современными утеплителями малотеплоёмкие бани с экранированными металлическими печами (с каменками и без каменок) получили название «современных высокотемпературных финских саун». В России с 60-х годов XX века прижилось бытовое название просто «сауна» (в отличие от дымных саун–чёрных бань и бездымных саун–белых бань). Такую условную терминологию мы используем и в этой книге, адресованной в первую очередь именно русскому читателю. Подобная практика терминологического обобщения в России не нова. Так, в XVII–XVIII веках все отопительные многооборотные печи в народе стали называть «голландками», а все отопительно-варочные многооборотные печи с металлической плитой – «шведками» (в отличие от русских печей с дымовыми трубами, но без дымооборотов). Фактически это являлось в те годы признанием лидирующих позиций финнов в области бань с металлическими печами и, кроме того, свидетельством того, что русский банный люд сразу чётко понял техническую обособленность бань с металлическими печами (особенно электрическими) и их расширенные технические возможности. Во всяком случае в СССР сауна понималась и в идейном, и в техническом плане значительно шире, нежели в среде финских физиотерапевтов и финских коммерсантов. Русские в саунах и мылись, и парились, и стирались, а финны – преимущественно лишь потели перед душем. Для полноты картины отметим, что ряд отечественных производителей саун ввёл в обиход понятие «русских саун» как изделий, конструктивно идентичных современным финским саунам, но с заменой северной еловой и африканской древесины на липу и осину. Ясно, что такое понятие является чисто столярным уточнением.

Металлическая печь на любом виде топлива (дрова, уголь, соляр, газ, электричество) как огонь: загорелась – сразу тепло, только потухла – сразу холодно. Поэтому неэкранированные металлические печи обеспечивают имитацию открытого очага в части мощного конвективного и лучистого нагрева помещения и, вообще говоря, идеально подходят для современных проектов «бездымных чёрных» бань (деревянных) и лаконикумов (каменных). Однако высокая пожарная опасность мощных лучистых потоков привела к тому, что сначала в Финляндии, а затем и в России, в деревянных банях (саунах) стали использоваться исключительно экранированные металлические печи. При этом экран в виде металлического кожуха, охватывающего наиболее горячие (сильно излучающие) части печи (топливника), загорает и поглощает лучистый поток, поглощает его и рассеивает в виде тепла восходящего (конвективного) потока нагретого воздуха. Поэтому экранированная металлическая печь имитирует фактически мощную кирпичную печь. Вследствие этого, сауна с экранированной печью по духу ближе к белой бане, чем к чёрной, и не только потому, что в помещении нет



дыма, а главным образом потому, что отсутствуют мощные лучистые потоки тепла от источника нагрева.

Нетрудно представить себе, как изменится белая паровая баня, если заменить кирпичную печь, с теплоотдачей 2 кВт на много более мощную печь с теплоотдачей, скажем, 20 кВт, тем более, если ещё заменить высокотеплоёмкие бревенчатые стены на малотеплоёмкие. Температура сразу подскочит у потолка до 100°C и выше, станет жарко даже без поддач.

При этом в зависимости от скорости циркуляции воздуха (вентиляции) и температуры полов могут реализоваться самые разнообразные климатические режимы, в том числе и сухие динамические (суховеи), и застойные паровые.

### 8.1. Высокоциркуляционные сауны

Циркуляционные сауны характерны тем, что ввиду мощной циркуляции воздуха величины абсолютной влажности перемешиваемого воздуха во всех точках сауны практически одинаковы. А это означает, что в районе горячего потолка относительная влажность горячего воздуха низка, а в районе холодного пола, наоборот, велика и близка к 100%. Так что, например, в сухой сауне (то есть в которой кожа сохнет в любой точке сауны) у потолка находится сухой воздух (то есть суховоздушная баня, в которой сохнут полки и листья веника), а у холодного пола находится влажный воздух (то есть влажновоздушная или даже сырая баня, в которой мокрый пол и нижние полки не сохнут вообще и даже могут увлажняться росой, но кожа тем не менее сохнет).

Понятие «сухой сауны» даже у финнов не является технологически чётким. Одни называют сухой такую сауну, в которой нет воды. Другие считают, что сухая сауна – это сауна с сухим воздухом, в которой сохнет веник и сохнут полки. Третьи полагают, что сухая сауна – это сауна с абсолютной влажностью воздуха ниже 0,05 кг/м<sup>3</sup>, в которой испаряется вода (пот) на теле человека. Мы будем придерживаться последней точки зрения.

Как уже было показано ранее в разделе 4.5, сухость циркуляционной бани обуславливается, в частности, наличием холодных полов. Сауны с быстрой циркуляцией воздуха и холодным полом нашли широкое распространение, поскольку могут с успехом эксплуатироваться в обычных бытовых помещениях, в том числе жилых, особо не увлажняя их. Полы в таких встроенных (в другое помещение) саун обычно делают массивными каменными, но и они в процессе циркуляционного осушения воздуха постепенно нагреваются, что приводит к повышению влажности



воздуха в сауне по мере её протопки. Поэтому необходимо искусственное охлаждение полов трубами с проточной водой или обливание холодной водой, в том числе из шланга. Можно использовать промышленные осушители воздуха, работающие также на принципе пропускания воздуха над охлаждаемыми пластинами (панелями) и широко применяемые для осушки воздуха в помещениях бассейнов. Однако имеется более простой способ избежать нагрева полов – вентиляционный. Действительно, если спускающийся по стенам к полу воздух всё равно будет охлаждён при контакте с полом, не проще ли весь этот ещё горячий и увлажнённый воздух полностью или частично выпустить наружу и заменить его холодным, сухим и к тому же свежим с улицы? Тогда и пол не будет нагреваться и намокать.

Конечно же, вентиляционный процесс является частным случаем циркуляционного, поскольку охлаждение и осушка циркуляционного воздуха в этом случае происходит вне помещения (в случае вентиляции циркуляционная кривая замыкается на улице). Но как бы то ни было, охлаждённый ли циркуляционный, холодный ли приточный вентиляционный поток воздуха необходимо нагревать, и на это требуется немало тепла. Нагрев воздуха с  $20^{\circ}\text{C}$  до  $100^{\circ}\text{C}$  при обеспечении кратности циркуляции (вентиляции)  $N$  раз в час в сауне с объёмом циркулирующего воздуха  $V$  ( $\text{м}^3$ ) требует мощности  $0,022 N V$  (кВт). Например, при кратности обмена 120 раз в час печь должна иметь мощность как раз 20 кВт для обеспечения должного нагрева вентиляционного приточного воздуха. То есть печь превращается при этом в нагреватель приточного воздуха (типа фена или автомобильной печки), а принцип нагрева сауны становится эквивалентным принципу воздушного отопления зданий, когда отопительные элементы нагревают только вентиляционный (или рециркулирующий) воздух. Ясно, что если вентиляция организована по принципу идеального вытеснения, то любые, сколь угодно значительные разовые увлажнения воздуха практически тотчас (в пределах полминуты) исчезают, поскольку каждые полминуты воздух заменяется на свежий с абсолютной влажностью, например,  $0,01 \text{ кг/м}^3$ , соответствующей нормальной относительной влажности 60% приточного воздуха с температурой  $20^{\circ}\text{C}$ .

В то же время, если постоянно увлажнять приточный воздух, то можно в принципе получить в сауне сколь угодно высокую влажность. Иными словами, высокоциркуляционные сауны могут быть не только сухими, но и влажными и даже паровыми. Например, если непрерывно подавать в сауну 60 кг пара в час, то при кратности циркуляции 120 раз в час абсолютная влажность воздуха в сауне составит  $0,06$ – $0,08 \text{ кг/м}^3$ , что соответствует паровому режиму с конденсацией влаги из воздуха на

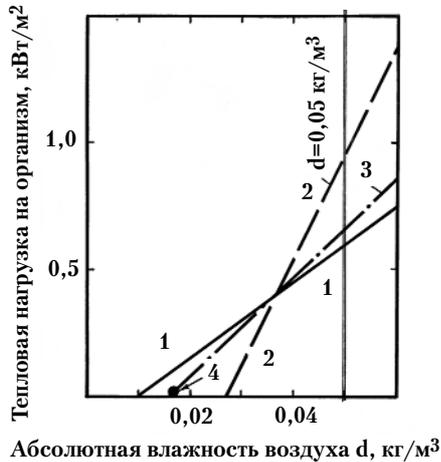


Рис. 65. Тепловые потоки на мокрую кожу (с учётом потерь на испарение влаги с тела человека) при температуре воздуха 100°C (см. рис. 30, 45, 46) в предположении отсутствия лучистых потоков. 1 – при отсутствии потоков воздуха, 2 – при скорости движения воздуха  $V=1$  м/сек, 3 – при скорости движения воздуха  $V=0,15$  м/сек. Точка 4 соответствует точке 6 на рис. 33.

кожу человека. При этом из 60 кг пара на кожу сконденсируется не более 1–3 кг пара, а остальной пар будет выброшен на улицу. Безусловно, в быту столь энергоёмкие режимы никто не использует, но при проведении соревнований по сауна-спорту на мощную каменку как раз и льют 0,5 литра воды каждые полминуты. В целом же с точки зрения энергетики паровые режимы целесообразней реализовать в сауне с неподвижным воздухом, а сухие режимы – в циркуляционных саунах.

Несмотря на столь значительные кратности циркуляции (вентиляции) на уровне 120 раз в час, соответствующие им линейные скорости упорядоченного движения воздуха в сауне составляют 0,1–1,0 м/сек и практически неощутимы человеком (полный штиль). На рисунке 65 приведены зависимости тепловых нагрузок на мокрое тело человека при различных скоростях движения воздуха. При абсолютных влажностях воздуха более 0,037 кг/м³ (при температуре 100°C) тепловые нагрузки растут с увеличением скорости движения воздуха (влажная баня). При абсолютных же влажностях воздуха ниже 0,037 кг/м³ тепловые нагрузки уменьшаются с увеличением скорости движения воздуха (сухая баня), причём могут даже стать отрицательными. Это происходит потому, что охлаждение мокрого тела человека за счёт испарения воды (пота) с тела оказывается более существенным, чем нагрев тела за счёт набегающего горячего воздуха (см. раздел 4.7). Так, при скорости движения воздуха 0,15 м/сек, абсолютной влажности воздуха 0,012 кг/м³ (соответствующей относительной влажности воздуха 2% при температуре 100°C) тепловой поток на мокрую кожу человека становится равным нулю (см. метеоточку 4 на рисунке 65 и соответствующую метеоточку 6 на рисунке 33). Это значит, что при указанных метеопараметрах в сухой сауне процессы нагрева и охлаждения тела полностью компенсируют друг друга.

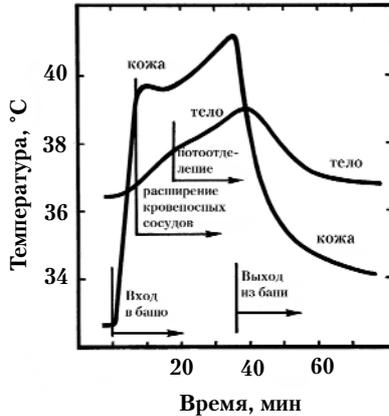


Рис. 66. Результаты измерений хода изменений температур кожи и тела (внутренних органов) человека при входе в сухую сауну с температурой  $100^{\circ}\text{C}$ , абсолютной влажностью воздуха  $0,012 \text{ кг/м}^3$  (относительной влажностью 2%) и скоростью перемещения воздуха около тела человека  $0,15 \text{ м/сек}$  (для метеоточки 6 рис. 33).

Это находится в противоречии с экспериментальными фактами. Замеры температуры кожи и тела (внутренних органов, мышц) человека после его захода с сухой кожей в сауну с температурой воздуха  $100^{\circ}\text{C}$ , со скоростью движе-

ния воздуха  $0,15 \text{ м/сек}$  и с относительной влажностью 2% (метеоточка 4 на рисунке 65) представлены на рисунке 66. В первые 5 минут происходит быстрый рост температуры кожи до  $40^{\circ}\text{C}$ , после чего наблюдается расширение кровеносных микрососудов (покраснение кожи – гиперемия), и темп роста температуры кожи приостанавливается. Гиперемия несколько повышает темп роста температуры тела, но начинающееся на 18-й минуте потоотделение замедляет скорость нагрева тела. Из рисунка 66 нетрудно посчитать, что тепловой поток на сухое тело (без потоотделения) составляет  $1 \text{ кВт/м}^2$ , а на потное тело (с потоотделением) –  $0,4 \text{ кВт/м}^2$ . Это привело к величине времени переносимости 35 минут, что хорошо согласуется с данными на рис. 49.

Единственным объяснением факта нагрева потеющего тела человека в рассмотренной нами сухой сауне является наличие лучистого потока тепла с потолка (рис. 45). Мощность инфракрасного излучения при температуре  $100^{\circ}\text{C}$  действительно равна как раз  $0,4 \text{ кВт/м}^2$  (при степени черноты потолка 0,8). А это означает, что сухая сауна с метеоусловиями, соответствующими метеоточке 6 на рисунке 33, фактически является баней лучистого нагрева («инфракрасной» сауной). Это надо понимать в том смысле, что в условиях равенства теплопритока за счёт конвекции и теплопотерь за счёт испарения единственным некомпенсированным тепловым потоком оказывается лучистый, который воздействует на тело вне зависимости от того, мокрая ли кожа или нет.

Таким образом, инфракрасное излучение коренным образом влияет на климатические характеристики сухих саун. Каждый знает, что первое ощущение человека, входящего в хорошо протопленную сухую сауну, это тепло, исходящее от потолка. При этом очень важно, чтобы тело при входе в сауну было сухим, в противном случае сухая сауна будет казаться не



очень тёплой. Если же потолок в циркуляционной сауне загородить или охладить (искусственными методами), то в такой сауне с мокрой кожей точно станет прохладно. Действительно, если сауна выполнена, например, в виде укрупнённого электрического фена (электрической тепловой пушки–электронагревательной воздуходувки), смонтированного в крупном помещении, то человек может находиться в горячем обжигающем воздухе, но тем не менее, воздействия лучистых потоков не испытывать, поскольку потолок, стены и пол помещения не имеют непосредственного контакта с горячим воздухом и до поры до времени остаются холодными. Кроме того, потолок, в принципе, может и принудительно охлаждаться, например, трубами с холодной проточной водой или выполняться из тонкой оболочки (мембраны, тента типа палатки, металлического листа), охлаждаемого воздухом. Аналогичный режим наблюдается и при протопке сауны, когда воздух уже прогрелся до 100–140°C, а потолок ещё холодный, и человеку пока холодно с мокрой кожей. А если в сухой сауне организовать мощный поток воздуха со скоростью 1–2 м/сек (махнуть веником), то несмотря на температуру воздуха и потолка 100°C, в такой сауне будет даже холодно с мокрой кожей.

Сухие сауны в основном благодаря энтузиазму финских коммерческих фирм, нашли широкое мировое распространение в большом спорте (для физиологической реабилитации спортсменов после соревнований и тренировок, для сброса веса спортсменов и т. п.), в общеоздоровительной медицине, а затем в повседневном быту. Сухие сауны (и даже сверхсухие) нашли признание (порой нелегальное) и в СССР, в основном в 1960–1980 гг. в составе спорткомплексов и оздоровительных пунктов многочисленных промышленных предприятий (в профилакториях, санпропускниках, домах отдыха, санаториях и даже душевых в цеховых раздевалках). Сухие сауны, безусловно, менее развлекательны, чем русские паровые бани, но в строительной и эксплуатационной частях более технологичны, хорошо вписываются в инженерную инфраструктуру промзданий и удачно сочетаются с душевой техникой. В последние десятилетия сухие сауны уступили свои позиции влажным и паровым саунам (низкоциркуляционным) по причинам энергоёмкости и пожароопасности.

Именно в сухих саунах происходит наиболее комфортное потоотделение (как в сухой пустыне). Если организм конкретного человека устроен так, что не в состоянии выделять много пота, то кожа остаётся сухой, и тело перегревается. Перегрев и пересыхание наиболее характерны для слизистых оболочек носоглотки, находящихся в движущемся воздухе, и это создаёт порой крайний дискомфорт в сухих саунах. Каждый автомобилист знает, как тяжело дышать зимой сухим горячим воздухом от автомобильной печки. Во всяком случае курортными или развлекательными эти

условия нагрева не назовёшь. В паровых же банях и в горячих ваннах проблем с пересыханием носоглотки нет, а тепловой поток вообще не зависит от того, выделяет человек пот или нет, мокрая у него кожа или нет.

Широкое распространение сухих саун привело к разработке многочисленных «научных» методик парения, в том числе и чисто ритуальных, а также догматических. Так, значение времени переносимости 35 минут из рисунка 66 внесено без каких-либо обоснований во множество методик как максимально разрешённое время нахождения в саунах (и даже в банях) вне зависимости от их конструкций и метеопараметров. В действительности же, в некоторых сухих саунах можно с комфортом просидеть и 2 часа, а в иных – всего 5–10 минут. Во многих методиках запрещено входить в сухую высокотемпературную сауну без головного убора (шерстяной шапочки, фетровой шляпы, чалмы из полотенца и т. п.) или мокрыми волосами во избежание теплового удара. В действительности же эти рекомендации должны относиться к паровым низкотемпературным саунам, а в сухих саунах мокрое тело и мокрые волосы приводят лишь к охлаждению тела. Поэтому, конструируя сауну, очень важно понимать механизм и особенности перехода саун из сухого во влажный, а потом и в паровой режим.

## 8.2. Низкоциркуляционные сауны

Сверхсухие сауны с высокой кратностью циркуляции (вентиляции) воздуха можно создавать лишь на основе мощных металлических печей, доступных в быту в основном на твёрдом топливе. Такие печи в обиходе не очень удобны по многим причинам, особенно во встроенном варианте в квартирах и коттеджах, требуют согласования в противопожарном отношении и получения разрешения на выбросы в атмосферу городов и населённых пунктов. Значительно более перспективны электрические печи, но они имеют меньшие возможности по установочной мощности. В этих условиях в Финляндии нашли распространение менее энергоёмкие бытовые электрообогреваемые сауны, в которых предусмотрена возможность циркуляции (вентиляции) воздуха до 10 раз в час (чаще всего номинально 6 раз в час), что соответствует нормам гигиенической вентиляции жилых и бытовых помещений постоянного пребывания. За счёт пониженной скорости вентиляции высокие температуры в сауне (до 140°C) могут быть получены при умеренных мощностях электропечей до 10 кВт. Такие сауны могут стать влажными (с абсолютной влажностью воздуха 0,037–0,05 кг/м<sup>3</sup>) и даже паровыми. А это значит, что сауны с менее мощной печью способны обеспечить большую тепловую нагрузку на

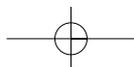
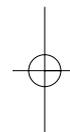


тело (до 1,0–1,5 кВт с учётом лучистого нагрева), чем сухие сауны с более мощной печью (рис. 65).

Оценить абсолютную влажность воздуха в сауне можно исходя из скорости выделения паров воды в воздух сауны. Человек при дыхании выделяет 0,5 м<sup>3</sup>, то есть 0,025 кг водяных паров в час. В процессе же потоотделения в сауне человек выделяет до 2 кг пота в час, и весь этот пот может испариться с кожи и увлажнить воздух бани. Таким образом, если человек входит в сауну сухим, то в первые, скажем, 5–20 минут (пока не начнётся потение) человек выделит не более 0,01 кг водяных паров. При объёме сауны 10 м<sup>3</sup> и исходной абсолютной влажности воздуха 0,010 кг/м<sup>3</sup> (соответствующей 60%-ной относительной влажности внешнего воздуха при температуре 20°С, то есть нормальной для жилых помещений) это соответствует увлажнению воздуха всего лишь до 0,011 кг/м<sup>3</sup> даже при полном отсутствии циркуляции (вентиляции) воздуха в сауне. Кстати говоря, имеются методики парения в саунах, использующие как раз этот сухой непродолжительный режим для лечения лёгочных и кожных заболеваний. Человек заходит (обязательно с сухой кожей) в хорошо протопленную и проветренную сауну (даже не имеющую вентиляции) и находится там до появления первых признаков потоотделения, после чего покидает сауну и проветривает её. Охладив кожу, человек снова заходит в сауну и вновь прогревается пока не начнётся потоотделение. И так несколько раз. Этим достигается прогрев кожи без прогрева внутренних органов, без воздействия на сердечно-сосудистую систему (см. рис. 66).

Но большинство оздоровительных методик предусматривает как раз тренировку сердца и потовых желёз с существенным воздействием на состав крови. Поэтому начало потоотделения чаще считают началом банной процедуры, нежели её концом. Предполагая, что потоотделение сразу же начинает поставлять в воздух 1 кг водяных паров в час, нетрудно посчитать, что при нахождении в неветилируемой сауне объёмом 10 м<sup>3</sup> одного человека абсолютная влажность воздуха повысится с 0,010 кг/м<sup>3</sup> до 0,037 кг/м<sup>3</sup> (влажный режим) за 15 минут, а до 0,050 кг/м<sup>3</sup> (хомотермальный режим) за 23 минуты. Таким образом, в достаточно просторной сауне сухой режим парения сохраняется весьма долго даже без вентиляции.

Если же сауна имеет небольшие размеры и в ней находятся несколько человек, то влажный режим достигается значительно быстрее. В этих условиях, а тем более при постоянной работе сауны на вход и выход людей, например, в аквапарке, сауна должна иметь постоянно действующую приточно-вытяжную вентиляцию. Оценим расчётным путём абсолютную влажность воздуха в сауне объёмом 10 м<sup>3</sup> при постоянном нахожде-



нии в ней 3 человек, каждый из которых непрерывно выделяет по 2 кг водяных паров в 1 час:

Кратность обмена воздуха, час <sup>-1</sup>	120	60	30	10	6
Абсолютная влажность воздуха, кг/м <sup>3</sup>	0,012	0,015	0,020	0,040	(0,060)
Относительная влажность воздуха (при температуре 100°С), %	2,0	2,6	3,5	6,9	(10,3)

Сразу оговоримся, что абсолютная влажность воздуха свыше 0,05 кг/м<sup>3</sup> (хомотермальный уровень) при потоотделении достигнута быть не может (пот просто перестанет испаряться). С учётом этой оговорки при кратности обмена свыше 12 раз в час реализуется режим сухой сауны, при 8–12 раз в час – режим влажной сауны, а при кратности обмена менее 8 раз в час имеем духоту – хомотермальный режим чистого потения. Таким образом, номинальная (принятая финнами) кратность воздухообмена в саунах 6 раз в час может оказаться достаточной для обеспечения влажного режима сауны даже за счёт потоотделения людей.

На практике же воздух в личных низкоциркуляционных саунах зачастую увлажняют с помощью каменки или парогенератора (кипятильника). При этом могут быть получены и кратковременные паровые режимы. Полы во влажной сауне лучше поддерживать тёплыми или недоступными для циркуляционного воздушного потока. Так, если в сухой сауне полки и деревянные решётки на полах должны иметь достаточно широкие щели, то во влажной сауне, наоборот, щели нежелательны. Вместе с тем, всем режимам низкоциркуляционной сауны (сухому, влажному и даже паровому при сильных поддачах) соответствует сухой воздух (с относительной влажностью менее 40–50%). Напомним, что суховоздушная баня гарантирует сухость стен и полок, но не может гарантировать (в отличие от сухой бани) сухость кожи (см. рис. 32 и 33).

Приведём для сведения ряд ориентировочных численных данных для бани (сауны) принятого размера (см. раздел 4.5). Во-первых, в установившемся режиме протопленной встроенной в жилое помещение сауны с кратностью вентиляции 6 раз в час теплопотери через стены из вагонки толщиной 10 мм по слою утеплителя толщиной 5 см составляют 2,0 кВт, на вентиляцию 1 кВт, на нагрев тела человека 0,5 кВт, через стеклянные двери и окна (при наличии) – до 10 кВт. Так что, при кратности вентиляции 6 раз в час потери тепла на прогрев приточного воздуха уже не являются определяющими. Во-вторых, при первичной протопке сауны необходимо затратить 2 кВт час энергии для прогрева стен, 4 кВт час для прогрева каменки в 50 кг до 400°С и 0,5 кВт час для нагрева 10 литров воды до 40°С. Анализ приведённых данных показывает, что для эксплуатации сауны во влажном режиме необходима электропечь мощностью не



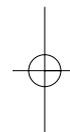
менее 4 кВт. Использовать стеклянную дверь во влажном режиме, а тем более в паровом режиме крайне нежелательно.

### 8.3. Бесциркуляционные сауны

Бесциркуляционные сауны характерны тем, что в неподвижном воздухе могут одновременно существовать разные застойные зоны с разными абсолютными влажностями воздуха (как и в белой паровой бане).

Бесциркуляционные сауны сначала практически никогда не имели каменок (по крайней мере, предназначенных для полива). При этом бесциркуляционный режим возникал тотчас после погасания дров в печи или после выключения электропитания. Появление каменок в финских электропечах было воспринято сначала скорее как декоративное украшение стальных банных печей. Тем не менее наличие таких каменок дало возможность не только увлажнять воздух для увеличения тепловой нагрузки, но и получить в сауне самый настоящий паровой режим с пощипываниями и покалываниями кожи, причём в режиме циркуляции воздуха кратковременно, а в неподвижном воздухе длительно.

Наличие циркуляции воздуха означает, что в бане работает мощная экранированная печь (или работает принудительная рециркулирующая вентиляция). Если же печь выключена, то естественная циркуляция воздуха исчезает, сауна становится бесциркуляционной. В связи с этим отметим, что среди россиян очень часто встречается неожиданно категорическое мнение, что сауны – это бани, в которых нет движения воздуха. Под этим подразумевалось, что в саунах нагрев тела человека осуществляется в основном за счёт лучистого тепла с горячего потолка, и никакие веники для парения не требуются. Дело в том, что в 1960–1970 гг. в СССР появилось несметно большое количество «саун», большей частью полулегальных, построенных энтузиастами на стадионах и в цеховых бытовках (раздевалках-душевых), в которых мощная электропечь (чаще всего самодельная без каменки) нагревала парилку до 120–160°C у потолка, после чего выключалась. Получалась застойная баня, во влажном воздухе которой действительно нельзя было ни шевельнуться (сразу обжигает тело), ни глубоко вздохнуть (сразу обжигает горло). Ясно, что в таких «саунах» (которые мы называем бесциркуляционными), во-первых нет источника нагрева (поскольку печь выключена), во-вторых, потолок прогрет до высокой температуры и является мощным инфракрасным обогревателем, в-третьих, пошевелиться нельзя из-за того, что воздух горячий и влажный, поэтому ни о венике, ни о добавочном паре из каменки мысль даже не приходит.



Но при умеренных температурах потолка порядка  $100^{\circ}\text{C}$  поддать на каменку можно. Высокие температуры потолка препятствуют увлажнению древесины и не дают возможности обеспечить длительность парового режима даже в отсутствие движения воздуха. Внутренняя обшивка сауны, в том числе и на потолке, выполняется обычно из тонкой вагонки толщиной 10 мм. Так что масса потолка редко превышает 20 кг, и такой потолок имеет малую теплоёмкость и влагоёмкость. Кроме того, ввиду высокой температуры потолка и невозможности каплеобразования, потолок сауны нередко изготавливается металлическим. Поэтому для увлажнения воздуха в саунах требуются небольшие поддачи воды на каменку.

Несмотря на высокую температуру потолка и низкую его теплоёмкость, отличие паровых климатических режимов в саунах с сухим (и не только с сухим) пористым и непористым потолком может быть весьма существенным. Рассмотрим для примера случай, когда потолок массой 20 кг имеет исходную температуру  $100^{\circ}\text{C}$ , а воздух в сауне имеет исходную абсолютную влажность  $0,01 \text{ кг/м}^3$ . Предположим, что при поддаче на каменку 0,2 кг воды полученный пар достигает потолка с температурой  $160^{\circ}\text{C}$ . В таком случае около непористого потолка образуется зона высоковлажного воздуха («паровой слой») с температурой  $101^{\circ}\text{C}$  и абсолютной влажностью  $0,06 \text{ кг/м}^3$  при толщине слоя условно 1 м. Конденсат (роса) на непористый потолок выпасть не может, поскольку при  $100^{\circ}\text{C}$  он тотчас бы выкипел. Если же потолок пористый (деревянный гигроскопический), то конденсат на поверхности потолка тоже не появляется, но влага из воздуха поглощается (конденсируется) гигроскопически внутри пор (рис. 58). Вследствие выделения скрытой теплоты конденсации потолок (и воздух около него) нагревается до  $106^{\circ}\text{C}$ , «паровой слой» той же условной толщины 1 м увлажняется до  $0,035 \text{ кг/м}^3$ , а относительная влажность древесины возрастает с 1,05 до 1,5%.

После второй поддачи около непористого потолка образуется «паровой слой» с температурой  $102^{\circ}\text{C}$  и абсолютной влажностью воздуха  $0,11 \text{ кг/м}^3$ . Около пористого потолка температура «парового слоя» возрастёт до  $112^{\circ}\text{C}$  и абсолютная влажность воздуха повышется до  $0,06 \text{ кг/м}^3$ . Относительная влажность древесины потолка возрастает до 2%. Таким образом при каждой поддаче половина пара уходит в пористый потолок, тем самым нагревая его за счёт скрытой теплоты конденсации. В результате «пар» в деревянной сауне более горячий и более сухой (мягкий), чем в сауне с потолком из непористого материала (стали, пластика, стекла).

Тем не менее, паровые режимы с температурой у потолка свыше  $100^{\circ}\text{C}$ , а на уровне груди свыше  $60^{\circ}\text{C}$  не пригодны ни для длительного, ни для комфортного парения, тем более с веником и с учётом того, что сауны редко имеют высоту потолка более 2,0–2,5 метров. Поэтому в по-



следние годы наметилась отчётливая тенденция расширения коммерческих предложений в области саун, предназначенных именно для парения в паровом режиме, характерном для белых бань. Специализированные паровые сауны представляют собой брусвое строение (даже в варианте встроенной сауны) с массивным потолком и стенами толщиной от 50 мм до 150 мм. В качестве печи-парогенератора используется металлическая дровяная печь с утеплённой закрытой каменкой (например, «Saunates» или «Ферингер») или трубчатый электронагреватель, обложенный камнями и взятый в закрытый, утеплённый базальтовой ватой металлический корпус (термос) с утеплённой дверцей сверху (например, «Helo»). Фактически такие закрытые каменки отличаются тем, что тщательно теплоизолированы, не дают заметной циркуляции воздуха в сауне и тем самым имитируют каменку белой бани, а сама паровая сауна в этом случае (при достатке камней в каменке) превращается в белую баню.

В некоторых конструкциях отечественных банных печей с открытой каменкой (например, «Вулкан») устанавливается специальная заслонка, открывающая доступ воздуха в каменку. Считается, что без доступа воздуха в каменку реализуется режим паровой бани, а с доступом воздуха – сухой сауны. К сожалению, это красивое по задумке решение (близкое к идее «лёгкого пара») на практике может оказать влияние на климатологию бани лишь при расходах воздуха через каменку более 1 м<sup>3</sup>/сек, а не 0,05 м<sup>3</sup>/сек, как есть в действительности.

#### 8.4. Мытные сауны

Благодаря усилиям рекламы и физиотерапевтов, понятие «сауна» в умах миллионов людей накрепко связалось с лечебным потением перед душем. Но с инженерной точки зрения сауна (в российском понимании этого слова) как малотеплоёмкое утеплённое строение с малотеплоёмкой мощной печью есть лишь средство для нагрева тела, а дальнейшая процедура может быть абсолютно произвольной. Во всяком случае российские дачники уже десятилетиями используют каркасные утеплённые строения с металлической печью в качестве бань для мытья, и наиболее «грамотные» называют эти бани «саунами», чтобы отличить их от традиционных бревенчатых бань с кирпичными печами (пусть даже имеющих варочную плиту и металлический дымоход).

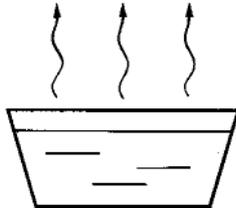
Действительно, ничто не препятствует использованию саун как бань для мытья. Надо только сделать сток для воды и поудобней мебель. Достоинства же мытных саун налицо: протапливаются быстро и экономно, воздух в них посуше и погорячей, строятся и ремонтируются быстрее



и дешевле. Каких-либо концептуальных договорных «правил» постройки мытных саун среди дачников нет: дачная банная сфера лишена заорганизованности и догматизма, присущих современной финской сауне фабричного производства. Встречаются на дачах и рубленые (брусовые) бани с металлической печью, нередки и варианты каркасных бань с кирпичной печью. Каждый строит из того, что ему доступно, и так, как ему удобней. Это создаёт ощущение безликости современной русской дачной бани. Но суть у неё безусловно есть – в подавляющем большинстве случаев дачная баня является всё же мытной в отличие от финских воззрений.

В популярной литературе преобладает мнение, что высокотемпературные сауны совершенно не годятся для мытья, гигиенические процедуры мыслятся исключительно в отдалённо располагаемой душевой кабине. Действительно, если речь идёт об общественной сауне с постоянным потоком людей или об индивидуальной квартирной сауне с элитной суперотделкой, то вода в сауне крайне нежелательна. Но если говорят, что в сухой сауне мыться нельзя из-за того, что тотчас у человека случится тепловой удар, то это заблуждение. Как раз мыться лучше всего при высокой температуре потолка порядка  $100^{\circ}\text{C}$ , но при очень низкой абсолютной влажности воздуха порядка  $0,02 \text{ кг/м}^3$  (и соответственно при очень низкой относительной влажности ниже 4%). В этих условиях очень легко дышится, но вся беда в том, что удержать при мытье столь низкую влажность воздуха очень трудно. Вместе с тем, ничего не стоит снизить температуру сауны до приемлемого уровня при повышении влажности воздуха так, чтобы сохранялась тепловая комфортность мытья.

Самой обычной баней у дачников и садоводов сейчас становится каркасно-утеплённое строение с металлической печью-каменкой, имеющей и бак для нагрева воды. Такая баня прогревается в течение часа даже зимой. В половине случаев обустраивают отдельную парилку, в другой половине случаев – где парятся, там и моются. Сначала используют сухой высокотемпературный или паровой режим для прогрева тела, затем температуру снижают и во влажном режиме моются в тазу. Причём часто вообще не используют поддачу на каменку, а в банях только для мытья каменку даже и не предусматривают за ненадобностью. Такая конструкция хоть и не содержит душа, но тоже может называться сауной (хотя официально называется баней в «режиме сауны»). Идея такого «режима сауны» очень далека от идеи официальной коммерческой финской сауны.



*Ни один любитель бань не любит признаваться, что он не прав, но ещё больше он не любит, когда правы другие.*

## 9. Внеклиматические бани

Человек в бане находится на воздухе, а потому может нагреваться не только теплом горячего воздуха и пара и не только лучистым теплом, но и за счёт тепла от прикосновения к различного рода тёплым жидким и твёрдым предметам. Предметы, обменивающиеся теплом с человеком, будем называть теплоносителями. Простейшим теплоносителем является сам воздух. Однако, ввиду низкой теплопроводности газов, эффективность передачи тепла от сухого неподвижного воздуха к телу человека (и обратно) очень мала. Так что тело человека и все предметы в воздухе можно считать в какой-то степени теплоизолированными, в том числе, и друг от друга.

Наличие дополнительных потоков тепла в местах соприкосновения приводит к тому, что человеку становится теплее, а это значит, что метеорологические параметры могут быть приняты более мягкими. Это отражает тот очевидный факт, что климат не всегда является единственным фактором, определяющим тепловой комфорт человека. Действительно, вопреки суровому климату, человек способен благополучно проживать в очень холодных регионах благодаря тёплым жилищам и одежде.

Как мы определились в разделе 3, банными условиями являются режимы жизнедеятельности, при которых человеку не холодно на воздухе с мокрой кожей. Если в ваннах и душах тепловой комфорт создаётся лишь одним фактором – температурой воды, то в банях таких факторов может быть множество, в том числе вовсе не климатических.

### 9.1. Водяные бани (термы)

Важнейшим и наиболее естественным теплоносителем является вода. Если в бане холодно, человек обливается горячей водой или, например, опускает ноги в тазик с горячей водой. И даже если не холодно, то человек всё равно, моясь, обливается горячей водой и опускает ноги в тазик





с водой. Всё это может серьёзно запутать читателя, пытающегося чётко разграничить водные и воздушные процедуры. Но баня – это не чисто водная процедура (как ванна) и не чисто воздушная (как сухая сауна – термокамера). Баня является одновременно и непременно и водной, и воздушной процедурой. Поэтому она должна где-то граничить (с плавным переходом) и с чисто водными, и с чисто воздушными процедурами.

Подобные качественные переходы с изменением принципиальных свойств существуют везде. Так паровое состояние веществ отделяется от конденсированного жидкого состояния веществ кривой зависимости равновесного давления (насыщенного) пара от температуры (или, что одно и то же, кривой зависимости температуры кипения от давления). На этой кривой (то есть при кипении) вещество одновременно является и жидкостью, и паром. Над поверхностью кипения вещество (в том числе и вода) является газом (паром), а ниже – жидкостью (компактной водой). При температурах и давлениях выше критических понятия газа и жидкости вообще исчезают, газ и жидкость представляют собой одно и то же. У всех веществ есть и тройная точка, объединяющая все три возможные состояния – твёрдое (лёд), жидкое и газообразное (пар). Так для воды в тройной точке невозможно сказать, что это: то ли лёд, то ли жидкая вода, то ли водяной пар, поскольку в тройной точке все эти фазы представляют собой одно и то же.

Где-то так примерно обстоит дело и в банях, являющихся переходным случаем от воздушных процедур к водным. Поэтому в быту бывает так много путаницы относительно бань. Баня – это как бы тройная точка, в которой смыкаются (и разграничиваются) вода (в любых фазовых состояниях), воздух (как газ) и тепло, причём именно вся эта совокупность должна создавать тепловой комфорт человека непременно с мокрой кожей (то есть с водой). Если у человека сухая кожа, то это совсем иной случай комфортного сочетания только воздуха и тепла (сухая сауна). Если человек вообще весь погружён в воду, то это случай комфортного сочетания воды и тепла.

Наименьший расход воды в банях можно достичь при высокой температуре воздуха, а именно при той, при которой не холодно с мокрой кожей. В этом случае можно с комфортом мыться, просто протираясь мокрой тряпкой (мочалкой), простирываемой в мыльной пене. Если же воздух недостаточно прогрет, то льют на себя воду не только для мытья, но и для согрева. Поэтому очень важно сделать так, чтобы вода не стекала на пол (или ванну) горячей, а успевала бы отдать своё тепло телу человека. Этого можно достичь «загущением» воды, повышением её вязкости путём перевода её в пасты, грязи, в гели и т. п., что в общем-то допустимо при мойке тела. Но удобней и проще задерживать воду на теле банной одеждой (простынями, полотенцами, увлажняемыми горячей



водой), мочалками, листьями веника и т. п. Вода как теплоноситель улучшает свои нагревательные свойства, если будет плохоиспаряющейся, то есть покрытой поверхностным слоем плохоиспаряющегося вещества, в том числе и мыла.

Под крайне условным названием «водяная баня» будем понимать такую баню, где ощущение тепла тела создаётся и за счёт кратковременного смачивания (обливания) кожи горячей водой. При этом разницу между ванной, баней и водяной баней можно ощутить следующим образом. Представьте себе обычную городскую ванну с горячей водой, в которую можно погрузиться всем телом. На эту ванну можно положить деревянную решётку и лечь на неё всем телом, а сверху укрыться одеялом, свешивающимся за края ванны. Это будет уже не ванна, а баня, причём паровая баня, в которой нагрев тела осуществляется за счёт конденсации водяных паров на теле человека. Но если пара не хватает, и вам холодно, то можно плеснуть на себя рукой воду из ванны, и станет теплее. Это и есть водяная баня.

К классу водяных бань можно отнести римские термы, в которых обливались горячей водой из кальдария. В современных условиях водяная баня используется как вспомогательный приём разогрева тела в случае плохо протопленных бань, не имеющих самостоятельного значения. Вместе с тем, тёплые (закрытые сбоку и сверху) душевые кабины, в которых воздух может прогреваться за счёт горячих капель воды душевой струи, позволяют надолго выключать тёплый душ при мытье без потери человеком теплового комфорта, а поэтому могут также называться условно «водяной баней». Все виды водных и воздушных процедур плавно переходят друг в друга, и на смычках могут категорироваться по-разному без утери основной технической сути.

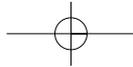
## 9.2. Каменные платформы (хаммамы)

В бане надо нагревать тело человека комфортно, не обжигая его, то есть нагревать медленно в пределах переносимости, а в ряде случаев, и в пределах привыкания. Так, сидя на мраморной поверхности тёплой платформы хаммама, человек не должен подвергаться тепловым потокам от камня более  $0,2 \text{ кВт/м}^2$ .

Мягкий комфортный нагрев может быть достигнут лишь при теплопроводности теплоносителя, более низкой, чем теплопроводность тканей организма. Поэтому наиболее мягкое и глубокое тепло дают в бане горячие воздух, древесина, пластмассы, пористые камни (известняки-ракушечники), различные масла, парафин и озокерит (горный воск, разновид-



Страница отдельным файлом (таблица).



ность твёрдого природного битума), вода (см. таблицу 1). Разновидностью нагрева тёплой водой является и прикосновения тёплых рук, применяемые в мануальной терапии и знахарстве (народном целительстве) взамен обычной резиновой водяной грелки.

Камень потельных платформ в хаммамах (чаще всего мрамор) имеет чрезмерную теплопроводность, но ввиду высокой гигиеничности и хороших декоративных свойств традиционно применяется для прогрева тела (в том числе и в методах наложения округлых камней на тело – стоунотерапии), чаще всего вместе с расстеленной простыней, снижающей тепловой поток с камня. Металлические же поверхности вообще не применимы как теплоносители в банях любого типа. Ввиду чрезвычайно высокой теплопроводности, холодные металлические поверхности при контакте с кожей сильно «холодят», а нагретые – «обжигают». Каждый может с лёгкостью убедиться, что куски металла, камня и древесины, нагретые на полке бани до одной и той же температуры, горячи по-разному. Во всяком случае, станет ясно, что ручки и поручки, за которые приходится браться в бане, лучше делать неметаллическими. Точно также, горячая деревянная ложка воспринимается ротовой полостью и губами более холодной, чем горячий чай, суп или каша, во всяком случае значительно холодней, чем горячая ложка металлическая. Всё это в полной мере относится к металлическим предметам на теле: кольцам на пальцах, кулонам и цепочкам на шее, очкам, часам и т. п., которые в банях с температурой выше 60°C обжигают тело. Причём наиболее болезненны прикосновения, когда предмет имеет большую площадь контакта с горячим воздухом, нежели с относительно холодной кожей, и способен нагреваться до высоких температур.

При длительном контакте тела человека с нагревающим теплоносителем (чаще всего непрерывно подогреваемым для поддержания заданного уровня температуры) тепловой поток на тело при фиксированной температуре теплоносителя определяется теплопроводностью теплоносителя. Но при мгновенных прикосновениях ощущения ожога создаются не просто высокой теплопроводностью, но и высокой теплоёмкостью теплоносителя, поскольку при низкой теплоёмкости теплоноситель тотчас охлаждается в месте контакта. Ощущения ожога определяются произведением плотности, теплоёмкости и теплопроводности теплоносителя  $\rho C_p \lambda$ . В таблице приведены численные значения величины коэффициента теплоусвоения  $s$ , определяющиеся по СП23-101-2000 (при периоде 24 часа) по формуле  $s=0,27\sqrt{\rho C_p \lambda}$ , где  $\rho$  в кг/м<sup>3</sup>,  $C_p$  в кДж/(кг град) и  $\lambda$  в Вт/(м град). В частности, из таблицы следует, что несмотря на близость коэффициентов теплопроводности, известняк (ракушечник) меньше обжигает кожу в момент прикосновения, чем вода, поскольку известняк имеет более низкий (в два раза) коэффициент теплоусвоения, чем вода.



Что касается скорости изменений температуры предметов в бане (в частности тела человека) при контакте с тёплым или холодным теплоносителем, то она определяется экспоненциальной формулой  $T=T_0\exp(-at/R^2)$ , где  $a=\lambda/\rho C_p$  – коэффициент температуропроводности (см. таблицу),  $R$  – характерный размер предмета в метрах,  $t$  – время в секундах. Из формулы следует, что мелкие предметы нагреваются или охлаждаются быстрее, что вполне естественно. Величина, обратная коэффициенту температуропроводности, является характерным временем нагрева или охлаждения предмета (тела). Так, известняк остывает или охлаждается быстрее, чем вода, имеющая ту же теплопроводность.

### 9.3. Душная одежда

Лёжа на каменной платформе, человек в хаммаме, разогреваясь, стремится «распластаться» так, чтобы площадь контакта тела с камнем была максимальной. Проводя довольно условную аналогию, можно считать что камень является тёплой одеждой раздетого человека в бане, что даёт возможность (при необходимости) снизить температуру или влажность воздуха с сохранением тепловой комфортности процедуры. Необходимо отметить, что материал платформы (теплоноситель) с понижением теплопроводности, хоть и обеспечивает глубокий прогрев тканей, но всё же меньше греет человека своим теплом. С другой стороны, низкотеплопроводный материал даже при низкой температуре не выпускает тепло из тела. Поэтому, если платформу выполнить из экструдированного пенополистирола с чрезвычайно низкой теплопроводностью, то такая платформа не будет ни греть, ни выпускать тепло из тела человека. При этом температура кожи в местах контакта будет выравниваться с температурой внутренних органов, то есть будет греться, что воспринимается теплом как тепло (нагрев). Так что здесь будет проходить смычка двух, вообще говоря, принципиально разных процедур: согревания кожи внешним теплом (тепляк) и согревание кожи телом человека (одежда). Используя тёплую одежду, человек может полностью теплоизолировать себя от бани, создавая вокруг себя собственную «баню» (под одеждой) исключительно за счёт собственных тепловых ресурсов. Не углубляясь в теорию согревающей одежды, отметим, что комфортной в быту считается такая одежда, которая хорошо пропускает через себя пары воды (но может не пропускать компактную воду). Такая одежда называемая «дышащей», хороша тем, что если человеку становится жарко, то он имеет возможность испарять пот с кожи и тем самым охлаждать себя. Но если материал одежды не пропускает через себя пары воды, то под одеждой воздух



насыщается парами воды до 100%-ной относительной влажности и теряет способность испарять пот с тела человека. При этом человек, во-первых, перегревается, а во-вторых, увлажняется собственным потом. Под одеждой образуется самая настоящая баня с текущим по коже потом. Внутренние органы (тело) человека нагреваются и перегреваются, человек в попытках охладить себя отдаёт всё больше пота, но это не приносит облегчения, поскольку пот не испаряется, и тело не охлаждается. Но банный эффект достигнут, кожа увлажнена и может быть очищена ногтями, скребками, мочалками, полотенцами. Это самая простая «баня» для туристов, геологов, охотников при отсутствии огня и воды («баня бомжей»). Фактически такая же картина наблюдается и в современных инфракрасных кабинках (саунах), выступающих в роли тёплой одежды.

#### 9.4. Масляные бани (древнегреческие)

В Древней Греции посетитель бань обмазывал себя сначала оливковым маслом (самым дешёвым из всех масел в Древнем Средиземноморье), что служило ему «паронепроницаемой одеждой», не позволяющей испаряться капелькам пота на коже. Затем посетитель бань занимался физическими упражнениями на специальной площадке (палестре), разогревался и потел, после чего очищался скребком. Такова была самая обычная древнегреческая баня, и только потом, сначала только в Спарте, начали строить специальные помещения, где можно было дополнительно прогреться у огня (лаконикумы), и эти помещения уже можно было причислить к климатическим баням. Использовались они преимущественно пожилыми людьми и больными вместо упражнений.

Такой же способ мытья был сохранён и в термах Древнего Рима, только если в Древней Греции бани были при гимназиях (спортивных объектах), то в Древнем Риме спортивные объекты были при банях, что указывает на то, что процессы внутреннего разогрева тела уступили процессам внешнего нагрева. Раздевшись в аподитерии, посетители проходили в унктуарий (помещение для хранения масел), где умащали своё тело простым дешёвым маслом, прежде чем приступить к упражнениям. В унктуарии хранились и лучшие душистые мази, которые употреблялись после выхода из бани. Будучи умащёнными, римляне переходили в сферистерий – очень светлое и обширное помещение, предназначенное для всевозможного рода упражнений. Самыми любимыми из них были упражнения с мячом, так что сферистерий занимал обычно большую площадь (до трети всех бань). Когда расположение позволяло, сферистерий бывал обращён на послеполуденную солнечную сторону, в против-



ном случае он обогревался печью. И Плиний, и Лукиан говорят об этой части бань, как о помещении, особенно тёплом после полудня. Прделав упражнения и разогревшись, римляне тотчас же переходили в смежную горячую баню – помещение кальдария, где садились и скреблись инструментом, называвшимся «стригил» (скребница). Сейчас много таких скребниц можно увидеть в музеях. Иногда скребницы делались из железа. «Кривым скребись ты железом: реже тогда отдавать в стирку ты будешь бельё» (Марциал Марк Валерий, XIV, 51). Но считалось в народе, что скребницы удаляют не только грязь, но и «вредные соки вместе с испариной». Иногда даже пытались «выпарить» серьёзные болезни. После соскребания римляне обмывались водой из кальдария или залезали в тёплую индивидуальную ванну (если термы имели таковые). Из кальдария римляне выходили в помещение тепидария и либо медленно проходили его, либо оставались в нём некоторое время, чтобы не подвергать своё тело слишком быстрому переходу к низкой температуре фригидария. Таким образом, помещения тепидария и фригидария были нужны не столько из-за воды, которая там имелаась, сколько ради той пользы, какую они приносили благодаря поддержанию различных температур воздуха, что позволяло избегать вредных последствий внезапных крайностей – либо жары, либо холода, причём в основном на этапах охлаждения. Именно с такой точки зрения рассматривались эти помещения самими древними римлянами, и именно такой порядок мытья был самым обычным и у греков, и у римлян (Чарлз Камерон, Термы римлян, 1939 г.).

Конечно же, в течение нескольких веков своего существования термы строились по-разному: и в наиболее законченных формах для массового посещения в крупных городах, и в наиболее изящных формах в частных домах для знати, и в упрощённых вариантах в рядовых случаях. Но во всех термах в обычной практике (во всяком случае в холодный период времени) соблюдался единый порядок постепенного охлаждения в трёх помещениях: кальдарии, тепидарии, а под конец в фригидарии. Разница допускалась лишь в способе использования воды (нагрев рядом с ванной, плескание или обливание из ванны, погружение в ванну и т. п.). Приведём к примеру наставление врача страдающим от головной боли: «Когда человек приходит в баню, он должен сначала одетый слегка пропотеть в тепидарии, там же натереться маслом, затем перейти в кальдарий и там пропотеть; погружаться в ванну не следует, а с головы до ног обливать себя сначала большим количеством тёплой воды, потом тепловатой, наконец, холодной, и потом некоторое время протирать голову, досуха её вытереть и умастить» (Цельс Авл Корнелий, кн. I, гл. 4). Постепенность охлаждения очень существенна именно в случае внеклиматических перегревов за счёт внутренних выделений тепла в теле. Так, раздевшемся



и потному человеку после бега нельзя сразу окунаться в холодную воду, так как прикожный слой у него холодный за счёт испарения пота, и это может привести к опасному переохлаждению кожи, а затем и внутренних органов, особенно лёгких. А вот раздевшемуся и потному человеку после паровой парилки можно кратковременно окунуться в холодную воду, поскольку прикожный слой у него горячий (перегрет за счёт поступления тепла извне). Видимо, в Древней Греции и Древнем Риме люди были не столь уж закалёнными (особенно больные и пожилые), а бани были не столь уж жаркими (по современным понятиям), во всяком случае при применении предварительных физических упражнений (нагрузок). Поэтому постепенность охлаждения вошла в полезную римскую традицию (догму), жизненно необходимую в условиях практически полного отсутствия лекарств современного уровня. Во всяком случае никаких пощипываний и покалываний кожи, столь приятных русскому человеку в жарких парных банях (особенно при первом входе или тотчас после поддачи), ни греки, ни римляне никогда не упоминали (в связи со своими банями), хотя и знали о них на примере паровых процедур в чумах диких народов (в частности, из описаний Геродота (484–425 гг. до н. э.) о древней Скифии).

Конечно же, современному любителю русских бань очень непривычны и удивительны эти древние и устаревшие способы прогрева и методы мытья при помощи масел. В те годы мыло ещё не применялось, по крайней мере, как массовый продукт, хотя подробные описания методов изготовления и применения мыла относятся ещё к эпохе Месопотамии и датируются 2200 г. до н. э. Но и сейчас банные методы древности могут быть полезны современному любителю бань методически.