

и, наоборот, неказистые стены «потеряются» на фоне эффектной крыши. Поэтому, если вы хотите придать своей скромной бане представительский облик, но у вас нет достаточных материальных средств, то вам в первую очередь следует обратить внимание на крышу или, по крайней мере, на достойный декоративный вид кровли. Возможностей сейчас в плане кровельных материалов много, но необходима еще и особенная тщательность отделки карнизов, обшивки свесов, наличников, коньков и других элементов крыши. Даже незначительные элементы (например, вынос стропил или оригинальность дымовой трубы) способны в корне изменить визуальное восприятие всей постройки в целом (см. рис. 9).

Достоинно выглядят на любительских и представительских банях травяные (зеленые, дерновые) крыши. Они придают и деревянным, и каменным баням не только облик под старину, но и особенную домовитость и уют (или, как иной раз говорят, особую «энергетику»). Прототипом травяных крыш являются земляные крыши бань-землянок древних германских и славянских племён. Особенности травяных крыш являются:

- относительно высокая масса травяного газона порядка  $250 \text{ кг/м}^2$ , что требует усиленной стропильной конструкции и сплошной обрешетки,

- наличие сдвигающей нагрузки и возможность сползания травяного газона, что требует использования малых наклонов скатов крыши  $18\text{--}27^\circ$ , а также наличие опасности возгорания сухой травы,

- наличие в травяном дерне (почвосмеси) гуминовых кислот, разрушающих органические материалы (в том числе древесину), что требует надежной защитной изоляции дощатой обрешетки.

Традиционный деревенский способ изготовления земляных крыш использовался в качестве защитной изоляции березовую кору (рис. 10). Полосы березовой коры 7 укладывали на дощатую обрешетку (бревенчатый накат) 4 снизу вверх с напуском друг на друга в несколько слоев, причем в нижней зоне вблизи свеса число слоев достигало 5–10. Нижние слои коры клали наружной (белой) поверхностью вверх для гидроизоляции обрешетки, а потом верхние слои коры укладывали наружной поверхностью вниз, поскольку внутренняя сторона коры более устойчива к гуминовым кислотам. Для предотвращения сползания дерна у свеса закрепляли с помощью крюка 5 ограждающую доску 6 (а иногда и дополнительное бревно 8), выполняющую роль дернодержателя. Для более надежного удержания дерна иногда применяли кобылку 3, прибиваемую к стропилам и уменьшающую наклон крыши в районе свеса. Ограждающие бревно 8 и доску 6 прикрывали сверху березовой корой наружной стороной вверх для защиты от дождя и для украшения свеса. Слои коры около бревна придавливали слоем гравия 9, выполняющего одновременно роль дренажа воды, просачивающейся через дерн и удаляемой через

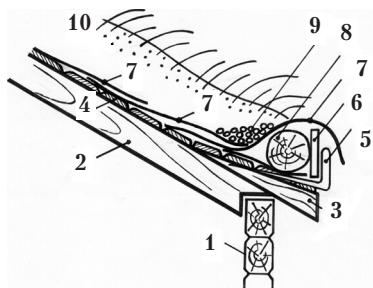


Рис. 10. Традиционное устройство травяной крыши. 1 – стена, 2 – стропило, 3 – кобылка, 4 – обрешетка, 5 – крюк (забивной, прибивной), гвоздь, нагель, 6 – доска – дернодержатель, 7 – берёзовая кора, 8 – ограждающее бревно (брус) сменное, 9 – гравий, 10 – дерн (травяной газон).

щели (или специально выполненные отверстия) между доской 6 и прикрытой корой обрешеткой 4. Затем всю поверхность крыши устлали кусками, а лучше полосами (рулонами) дерна в два слоя. Чтобы дерн не вымывался дождем и не сносился ветром, вдоль остальных краев крыши по фронтому также прибивали дерноудерживающие доски (бревна, брусья), прикрытые корой, или укладывались в ряд плашмя камни (валуны).

В ряде стран Западной Европы (Германии, Швеции, Норвегии и др.) технология травяных крыш в рамках экологических программ нашла промышленное развитие и применяется даже при постройке современных жилых домов. Этому немало способствовало распространение кровель, утепленных экструдированным

пенополистиролом, не пропускающим влагу. В настоящее время разработан целый ряд систем травяного покрытия, позволяющий озеленять крыши самой различной формы с применением специализированных изолирующих стройматериалов и особых видов травянистых растений (и почвосмесей), устойчивых и к засухе, и к ветру, и к морозам, и к переувлажнениям. Устройство одной из современных немецких систем травяной экокровли приведено на рисунке 11. На обрешетку 3, огражденную дерноудерживающим брусом 4, настилается защитный холст 7 из полиэфирного волокна (например, лавсана), предназначенный для предохранения корнезащитной оболочки 9 от механических повреждений. Затем укладывается корнезащитная оболочка 9 из корнестойкой (устойчивой к гуминовым кислотам) ПВХ пленки, после чего настилаются листы экструдированного пенополистирола 10. В нижней части обрешетки монтируется горизонтальная водопроницаемая (перфорированная) дренажная труба, отводящая воду вдоль свеса крыши за ее пределы у фронтонов, предотвращающая перелив просачивающихся вод через брус 4 и заменяющая водосточные желоба. Дренажная труба обсыпается гравием, после чего вся крыша застилается защитной фильтрующей тканью (полотном, холстом для вывода излишней воды из дерна) с наваренным когтистым слоем для удержания дерна от сползания. Наконец, отсыпается тонкий слой специальной почвосмеси и укладывается готовый рулонный дерн, производство которого наладили многие немецкие фирмы ( «Дом»,

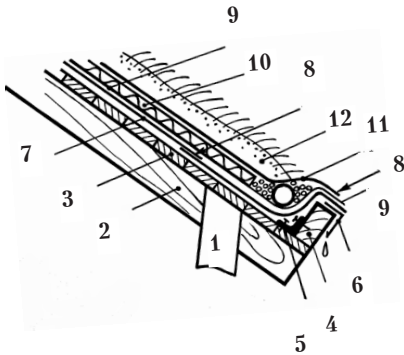


Рис. 11. Современное устройство травяной крыши. 1 – контуры стены, 2 – стропило, 3 – обрешетка, 4 – ограждающий брус, 5 – стальной уголок для крепления винтами ограждающего бруса, 6 – пластиковый ПВХ профиль по краю крыши со слезником, 7 – защитный холст, 8 – сварные или склеенные швы, 9 – коррозийная оболочка из ПВХ пленки, 10 – экструдированный пенополистирол (утеплитель), 11 – фильтрующая защитная ткань с когитым слоем для удержания дерна на наклонной плоскости, 12 – дерн (травяной газон).

периодический журнал, № 12, 2003, стр. 10; № 1, 2004, стр. 15; № 6, 1004, стр. 14). В Скандинавии не используются дренажные трубы, а применяется система водосточных желобов. В Норвегии листовой утеплитель (пенополистирол) укладывается снизу между стропилами. Так и дачник, сообразуясь со своими материальными возможностями, с успехом может обойтись вполне доступными и работоспособными битумными рулонными материалами (рубероидом, гидростеклоизолом), гумированными холстами, полиэтиленовой и ПВХ пленкой и т. д. В качестве травяного покрытия лучше использовать дерн с близлежащих газонов, приспособленных к местным климатическим условиям. Травяное покрытие крыши обычно не скашивают и специально не удобряют. Однако, при наличии дымовых труб необходимо поддерживать травяное покрытие в пожаробезопасном состоянии, а трубы оснащать сетчатыми искрогасителями.

Стропильная конструкция травяных крыш должна быть очень надежной, так как к весу дерна  $250 \text{ кг/м}^2$  зимой добавляется снеговая нагрузка порядка  $300 \text{ кг/м}^2$ . Это особенно важно, когда крыша пологая. Но при пологих крышах особенно заманчиво строить банный домик в однообъемном исполнении, то есть без чердака, когда крыша домика является потолком помещения. В такой бане потолок никогда не будет казаться низким, помещение приобретает объем и простор, столь необходимый для представительских бань. Кроме того, может быть достигнута экономия пиломатериала, однако за счет большей трудоемкости, применения специальных утеплителей и более тщательной отделки несущих конструкций.

Стропила (балки крыши) подразделяются на наслонные (горизонтальные или наклонные, опирающиеся обоими концами на

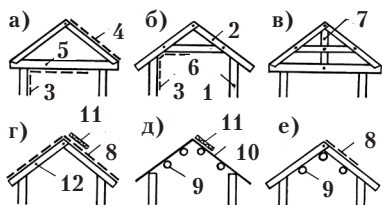


Рис. 12. Типы стропил: а – висячие стропила с затяжкой, б – висячие стропила с ригелем, в – стропильная ферма, г – простые висячие стропила, д – наслонные стропила, е – комбинированные наслонно-висячие стропила. 1 – стены, 2 – висячие стропила, 3 – обшивка вагонкой, 4 – горизонтальная обрешетка, 5 – затяжка (балка перекрытия), 6 – ригель (перекладина), 7 – бабка, 8 – обрешетка из вагонки, набитая строганой

стороной вниз, 9 – наслонные стропила (горизонтальные балки с опорой на фронтоны), 10 – вертикальная обрешетка досками, направленными от конька к свесу, 11 – листовой утеплитель, 12 – строганные висячие стропила.

стены) и на висячие (только наклонные, опирающиеся одним концом друг на друга). На рисунках 12 а и 12 б показаны наиболее распространенные в современном дачном строительстве схемы простых висячих стропил с затяжкой и с ригелем. В этих схемах затяжки 5 и ригели 6 выполняют роль балок перекрытия и обиваются вагонкой 3 снизу, а обрешетка 4 прибивается на стропила сверху. Эти схемы преобразуются в крупных домах в различные стропильные фермы, в том числе и с бабкой 7 (рис. 12 в). Если исключить затяжку и ригель, то открывается возможность по-новому декоративно оформить потолок: висячие стропила 12 выстругать, а вагонку набить на стропила сверху (вместо обрешетки) строганой стороной вниз (рис. 12 г). Утепление крыши производится при этом листовыми утеплителями 11 (и плитами), укладываемыми на обрешетку под кровельный материал. Наслонные же стропила 9 представляют собой горизонтальные балки, параллельные коньку крыши и опирающиеся на фронтоны (рис. 12 д), должны иметь достаточную несущую способность. Если наслонные стропила выстругать, а обрешетку выполнить из вагонки, то потолок помещения приобретает достойный для представительских бань вид. Если наслонные стропила выпустить далеко за фронтоны, то их можно использовать для декоративного оформления крыльца (террасы) или вальмовой крыши. Наслонные и комбинированные наслонно-висячие стропила особенно эффективны для крыш с малым уклоном. Еще большие возможности дают выпускаемые стропила в вальмовых (четырёхскатных) и мансардных крышах, в том числе многоуровневых. В отношении крыш и куполов в России имеются богатые древние традиции, редко используемые ныне даже в дачном строительстве.

## 2.5. Окна и двери

С банными окнами и дверями также связаны некоторые устойчивые стереотипы и предубеждения. Так, считается, что «настоящие» банные

двери должны быть непременно сплошь деревянными, массивными, но маленькими по размеру (с высокими порогами и низкими проемами), открывающимися наружу, плотно прилегающими к коробке с войлочными утеплителями, с деревянными ручками и т. д. Окна тоже должны быть маленькими (слепыми) и располагаться только в моечных отделениях, предбанниках и раздевалках, а в парилках окна недопустимы. Считается, что это древние «проверенные веками» банные решения. Тем не менее, если вы присмотритесь к рисункам и картинам двухсот-трёхсотлетней давности, то увидите, что маленькие окна и двери были характерными для всех жилых домов, не только деревянных, но и каменных. Это было обусловлено неумением делать тёплые большие окна и двери. Важно было учитывать и разбухание дверей от пара.

Сейчас, когда финны решились изготавливать сплошь застекленные сауны со стеклянными дверями, общественное мнение к банным окнам и дверям стало меняться. Конечно же, в помещениях с маломощными источниками тепла (например, в любительских белых русских банях с кирпичной закрытой каменкой, особенно в парилках) окна и двери действительно должны быть максимально утеплены для снижения теплопотерь. В представительских же банях окна и двери прежде всего должны иметь достойный внешний вид. Если издали домик представительской бани воспринимается прежде всего крышей и крыльцом, то уже поднявшись на крыльцо, вы остаетесь один на один с дверью бани, которая со всей определенностью должна давать понять, что вступаете в совсем иной мир – страну жара и пара. Поэтому на входные двери бани и двери парилки в представительских банях должно обращать особое внимание: желательно, чтобы они были массивные, создающие впечатление безумной утеплённости и надёжности, а также сказочности. При этом в современных любительских и представительских банях вовсе нет необходимости делать высокие пороги и низкие узкие двери: вряд ли уважаемому гостю доставит какое-либо удовольствие нечаянно спотыкаться или стукаться лбом, особенно после застолья. А вот в декоративных банях музейного типа высокие пороги и низкие проёмы дверей более чем уместны своей средневековой экстравагантностью. Примерно такими простейшими соображениями следует руководствоваться при выборе дверей бани. Технология же изготовления дверей для бань (дощатых с раскосами или шпонками, филенчатых, рамных с обивкой листовым материалом и других) ничем особенным не отличается, кроме применения термостойких и влагостойких материалов (в том числе клеевых). При покупке готовых дверей следует руководствоваться данными по замеру показателей по ГОСТ 28786-90 «Двери деревянные. Метод определения сопротивления воздействию климатических факторов».

Однозначных общемировых договорённостей о направлении открывания дверей не существует. Архитекторы считают, что двери должны открываться в сторону более просторных помещений, технологи и электрики – в сторону более безопасных помещений, пожарники – в сторону эвакуационного выхода из здания, газовщики – в сторону помещений, не содержащих газ. Во всяком случае из тесных парилок (как помещений с повышенной опасностью) двери должны распахиваться наружу. Остальные двери дачник устанавливает по своему разумению, но если объект будет согласовываться с органами пожарного надзора, то на всякий случай обязательно с распахиванием наружу. Вместе с тем, если входная дверь не имеет крыльца (а то и козырька), то она должна открываться внутрь во избежание намоканий. Если вы пользуетесь баней зимой в сильно заснеженных районах, то тоже – внутрь. Если баня мытная и требует частого вноса дров и вёдер с водой, то тоже внутрь. Во всех случаях двери с частым проходом людей должны быть достаточно широкими и высокими, и их месторасположение не загромождаться мебелью (скамьями, вешалками) и согласовываться с направлением раскрытия других дверей, особенно в тесных помещениях, например, тамбурах.

Как показывает опыт, утепленные двери и тамбуры особенно важны лишь на период протопки бани. Во время мытья (и тем более парения) роль утепления дверей снижается, даже зимой их часто приоткрывают для снижения влажности и температуры (проветривания) помещений. Поэтому одну из дверей мытного отделения желательно делать с щелями 1–3 см у пола и у верха коробки для вентиляции. Именно эту дверь оставляют во время мытья закрытой, а остальные открывают. В небольших мытных дачных банях с металлической печью щели под и над дверью очень распространены, так как они намного удобней для вентилирования, чем распахивание окна и форточки (а отдушины, столь простые в изготовлении в срубах, в современных банях даже парового типа уже практически никем не применяются). В случае необходимости зимой нижние щели прикрывают набивными на дверь полосами линолеума, войлока, ткани, фанеры и т. п. В представительских банях уместны вентиляционные окошки внизу и наверху дверей.

Окна в бытовых (мытных, любительских) банях должны обеспечивать необходимую для мытья освещенность всех помещений в дневное время, чтобы не пользоваться электричеством, свечами и керосиновыми лампами. Вместе с тем ясно, что использование в банях разного рода занавесок и жалюзи затруднительно. Поэтому наличие слишком больших площадей застекления (более 1 м<sup>2</sup> окон на 10 м<sup>2</sup> площади помещения) в тёмное время суток не желательно. На этот случай удобно предусмотреть распашные или навесные наружные ставни на окнах, направленных

в нежелательные направления. Окна должны иметь одно-двух камерный стеклопакет (2–3 стекла) с обязательным паронепроницаемым уплотнением внутреннего стекла (на силиконовом герметике) для предотвращения запотевания окна. В последнее время стали часто использовать современные промышленные алюминиевые и деревянные окна (порой и пластиковые со стальным профилем) городского типа с герметичным уплотнением. В этом случае надо помнить, что основной проблемой может стать большая разница коэффициентов термического расширения стали  $1,2 \cdot 10^{-5}$  град<sup>-1</sup>, алюминия  $2,6 \cdot 10^{-5}$  град<sup>-1</sup>, стекла  $0,85 \cdot 10^{-5}$  град<sup>-1</sup> и пластмасс  $10 \cdot 10^{-5}$  град<sup>-1</sup>, учитываемая промышленным изготовителем, но только для наружной стороны окна. Крайне желательно окна в бытовых банях устанавливать на такой высоте, чтобы человек в бане мог видеть окружающую обстановку вокруг бани и сидя, и стоя. В парилках окна, как правило, не устанавливаются, хотя в загородных саунах и в сухих парилках окна уже перестали быть редкостью. Нет запрета на установку утеплённых окон и в парилках парового типа при их расположении вдали от каменок.

В общем-то городской житель уже давно привык к тесным ванным комнатам, лишённым окон. Но в последнее время в новых городских квартирах (и особенно в коттеджах) стали появляться окна в ваннных и даже туалетных комнатах. Всё это будет отражаться и на банях за городом. Такая связь уже прослеживается в практике современных сухих саун. Будучи придатком душей и бассейнов, такие сауны вынуждены следовать правилам современного оформления спортивно-оздоровительных зон, широко использующим большие площади застекления окон и даже потолков. Конечно ясно, что при суперсовременном бассейне с качественными керамическими полами, стенами и потолками из светопрозрачного сотового поликарбоната баня не может иметь морально устаревший облик. И хотя финские сауны такого спортивно-оздоровительного (физиотерапевтического) назначения всё ещё упорно цепляются за древесину (пусть элитно выделанную), но уже обязательно имеют застеклённые (и даже полностью стеклянные) стены и двери. Совершенно ясно, что на этом пути придатка душей у современных саун рано или поздно не останется ничего банного (кроме нагревателя), и превратятся они просто в термокамеры из современных отделочных материалов. Это уже наблюдается в целом ряде немецких проектов. Что касается бань мытных и досуговых, то они, в силу более выраженной интимности, идут совсем по другому пути, где окна и двери продолжают свою прямую функцию – не открывать всё наружу, а наоборот, прикрывать (и не только в отношении тепла и холода, но и в отношении доступности взгляду).

## 2.6. Антисептирование

Что бы там ни говорили об экологичности деревянных бань, они не могут эксплуатироваться продолжительное время без должной антисептической обработки элементов, подвергающихся (даже эпизодически) увлажнению осадками, паром или водой, которой моются. А поскольку антисептическая обработка осуществляется химическими веществами порой далеко не безвредными для здоровья людей, то понятие экологичности для современной древесины имеет весьма условный характер. Даже в «сверх-экологических» финских саунах промышленного производства в обязательном порядке осуществляется водоотталкивающая обработка полок и напольных решеток.

Антисептики (от греч. *anti* – против и *septikos* – вызывающий гниение) для защиты древесины от биоорганического разрушения подразделяются на группы по действующим компонентам, на типы по растворяющим агентам и на виды по принципу действия. Действующие компоненты являются токсичными (по отношению к биоразрушителям) составляющими рецептур и подразделяются на группы: на быстродействующие хлорвыделяющие вещества (гипохлориты, хлорфенолы, хлорамины и др.), консервирующие катионоактивные галоидные вещества (фториды, хлориды, сульфаты (купоросы), бромиды), анионноактивные соединения металлов (меди, цинка, свинца, олова, ртути и др.), соли хромовой (бихромовой), марганцевой и борной кислот, органические и элементоорганические вещества, в том числе масла. Антисептические вещества по типу растворителя подразделяются на водорастворимые, растворимые в органических веществах (уайт-спирите, ацетоне, спиртах, керосине, ксилоле, толуоле и др.), и не содержащие растворителей (в частности масла). По принципу действия выделяют водоотталкивающие пропитки (лаковые, масляные), консерванты, фунгициды (железный и медный купоросы, бордосская жидкость, цинеб, нитрафен, карбоксин и др.), фумиганты и др. Антисептические препараты разрабатываются для живой древесины, для свежесрубленной, для лежалой, для складской, для сухой и т. д. Имеются препараты для узкого специального назначения и универсальные для всех видов биоразрушений и к тому же обеспечивающие противопожарную защиту древесины и придающие ей привлекательный внешний вид (тонирование). Бывают препараты для нанесения кистью или для пульверизаторов, а бывают для автоклавной высокотемпературной пропитки под высоким давлением (например, креозот, каменноугольные и сланцевые масла для обработки железнодорожных шпал, судовых мачт и т. п.). Наиболее массовые и дешевые антисептические препараты представляют собой смесь отходов химических



производств других продуктов и имеют очень большой разброс содержания компонентов, например, препарат ХМББ содержит 8–25% бихроматов натрия и калия, 8–25% сульфата меди, 17–18% буры, 33–66% борной кислоты. Разбираться во всем этом сложно, тем более, что химсостав пропиток производителями обычно не раскрывается. В лучшем случае на упаковке можно найти указание на соответствие ГОСТ 30495-97 «Средства защиты для древесины. Технические условия». Поэтому рядовому дачнику приходится руководствоваться рекомендациями производителей, которые тоже зачастую оказываются крайне неконкретными.

Вместе с тем, определенная осмысленность процессов антисептирования дачнику безусловно необходима. Ясно, например, что водорастворимые составы могут вымываться из полов и должны применяться поэтому в сочетании с последующей обработкой лаковыми и масляными композициями, не допускающими проникновение воды вглубь древесины. Также ясно, что обработка маслами (в том числе и «отработкой» – выработавшим свой ресурс автомобильным маслом) допустима только для тщательно высушенной древесины, поскольку в противном случае сырая древесина не будет сохнуть под слоем масла и может сгнить очень быстро.

Принцип действия антисептических составов близок к принципу действия консервирующих добавок в технологиях продуктов питания. Если поваренная соль, сахар или, к примеру, уксусная кислота предотвращают закисание, брожение или загнивание пищевых продуктов, то они (также, как и любые другие соли и кислоты), угнетая деятельность микроорганизмов в древесине, будут предотвращать ее от гниения. Причем задача предохранения древесины от гниения облегчается тем, что состав антисептиков может быть намного более широким, а массовое содержание антисептика в древесине может быть много большим, чем консервантов в продуктах питания. При этом сушка древесины также, как, например, сушка грибов или зерна, приводит к обеспечению сохранности материала. Обработка древесины дымом также, как и копчение мясных и рыбных продуктов, предотвращает биоразрушения. При этом действующими веществами, обладающими токсическим действием, являются газообразные продукты деструкции древесины типа формальдегида, фенола и т. п. Поэтому при обжиге деревянных столбов перед закапыванием в землю надо добиться пропитки древесины дымом, а не просто образования обугленного слоя.

Влажная древесина подвержена всем видам биологического разрушения – за счет насекомых, червей, бактерий и грибов, а сухая древесина – только за счет насекомых. В условиях России насекомые не столь уж страшны для бань (хотя в южных странах термиты – бич номер один). Наиболее распространенные в наших краях разрушители древесины – черные жуки усачи (дровосеки). Они заносятся в бани вместе с неошку-

ренной древесины. Личинки жуков (гусеницы безногие белого цвета длиной 1–5 см) уходят под кору, а потом и в древесину на глубину до 50 см и там живут в «колыбельке», окукливаются, но постоянно возвращаются под кору для питания лубом. При питании издается характерный скрип, который хорошо слышен ночью и по которому можно определить наличие личинок. Зимой личинка окукливается, весной из куколки образуется молодой жук, который прогрызает отверстие наружу и уходит «в лет» на все лето (массово в июне–июле). В конце лета самки жуков откладывают яйца в узкие щели, выгрызаемые в коре деревьев. Из яиц вновь образуется личинка, углубляющаяся под кору. Таким образом, основной урон наносит личинка, а жук улетает из бани и может уже не вернуться, если в бане нет достаточно большого количества доступной ему коры. Ясно, что основной механизм борьбы – применение инсектицидов (от лат. *insectum* – насекомое и *caedo* – убиваю), препаратов для борьбы с насекомыми, в основном органических соединений фосфора, хлора и производных карбаминовой кислоты (гексахлорциклогексан, карбофос, метатион, хлорофос, фозалон, антио, базудин, севин и др.).

Разрушение древесины в бане за счет бактерий и микрогрибков (микромитетов) также происходит весьма медленно (в течение многих лет и даже десятков лет). Это разрушение подавляется сравнительно легко очень многими (в том числе очень дешевыми) препаратами (хроматами, купоросами, фторидами). Значительно более сложной является задача защиты древесины от крупных грибов (макромитетов). Именно крупные грибы, такие же, в общем, что растут в лесу, – это главный банный бич. Они разрушают древесину очень быстро, а грибница настолько велика, что обычными средствами необходимо обрабатывать большую часть дома (нижнюю) одновременно для поражения всей грибницы в целом. Препаратов же, которые уничтожали бы грибницу путем химического воздействия на плодовые части гриба, в продаже сейчас найти не удастся.

Очень многие дачники (да и некоторые производители химпрепаратов тоже) даже не знают, что это такое грибы в бане. Если гниль древесины мокрая, мягкая, слизистая, с неприятным запахом – это скорее всего бактериальная гниль. Если гниль сухая, растрескавшаяся или ватная, сухо протыкающаяся гвоздем – это наверняка гниль от грибов. Грибы – это общее название группы растительных организмов, лишенных хлорофилла (то есть не требующих солнечного света) и питающихся готовыми органическими веществами корней и растительных остатков (паразиты и сапрофиты). Термин «грибы» употребляется в биологии. В медицине крупные грибы не изучаются, а мелкие грибы, вызывающие те или иные заболевания, принято называть грибами (микрогрибками,

микроскопическими грибами). Понятие «грибы» (грибки) объединяет свыше ста тысяч различных видов: от невидимых простым глазом до крупных в размере в несколько десятков сантиметров. В микробиологии выделяют три больших группы микроскопических грибов (относящихся к микроорганизмам-микробам): плесневые, дрожжевые (например, известные в кулинарии) и дерматофиты (например, вызывающие грибковые заболевания кожи человека). Для древесины характерны плесневые микрогрибки, пушисто-бархатистые налеты плесени разных цветов (белые, черные, серые, красные, зеленые и др.): все они имеют своеобразный земляной запах. Даже профессионалы часто называют плесневые микрогрибки гнилью. Но настоящая гниль древесины не от плесневых микрогрибов (которые могут жить в бане десятилетиями), а от от крупных дереворазрушающих грибов, которые могут уничтожить баню за один год (Лесная энциклопедия. М.: Советская энциклопедия, 1986).

Дереворазрушающие грибы – это обширная группа крупных грибов, развивающихся на древесине и участвующих в ее разложении (гниении). По характеристикам гниения дереворазрушающие грибы разделяются на целлюлозоразрушающие (то есть разрушающие скелет древесины) и лигнинразрушающие (то есть разрушающие межскелетную субстанцию). Наиболее опасными являются целлюлозоразрушающие грибы, подразделяющиеся на складские грибы (разрушающие пиломатериалы, шпалы, телеграфные и электрические столбы, ограды и т. п.), домовые грибы, деревоокрашивающие грибы (медленно разрушающие свежесрубленную древесину), грибы, разрушающие растущие деревья (опята, сосновая губка, ложный трутовик и др.), грибы, разрушающие древесину отмерших деревьев (трутовые).

Для бань особую опасность представляют домовые грибы, особенно сильно разрушающие деревянные части в зданиях с постоянным температурным режимом. Споры домовых грибов легко распространяются по воздуху, с помощью животных и человека, остаются жизнеспособными даже в неблагоприятных условиях в течение нескольких лет. Домовые грибы могут быть занесены в постройку с дровами, со строительным материалом, предметами домашнего обихода и т. д. Внутри зданий домовые грибы быстро распространяются с помощью тонких нитей грибницы (мицелия, мицелиальных шнуров), которые могут проходить через междуэтажные перекрытия и перегородки, разрастаться на поверхности стен, в том числе и каменных, под полами, под штукатуркой и плитусами. Длины мицелиальных шнуров могут достигать нескольких метров, так что, уничтожая гриб в одном каком-нибудь помещении, вы можете даже совсем не затронуть жизненно важные структуры гриба, расположенные в другом помещении.

Известно около 70 видов домашних грибов. Все они в благоприятных условиях могут полностью разрушить деревянное здание за один–два года с образованием бурой трещиноватой гнили, легко растирающейся в порошок. Некоторые домашние грибы (например, белые) поражают только древесину хвойных пород, другие – также и древесину лиственных, но процесс гниения лиственных во всех отношениях идет более медленно. Отметим, что древесина дуба к домашним грибам относительно устойчива.

Многие дачники очень часто даже и не подозревают о возможном существовании домашних грибов в своей бане. Даже однажды летом с удивлением заметив распростертые или торчащие из пола веерообразные шляпки грибов (самые настоящие крупные грибы размером до нескольких сантиметров), дачник возможно лишь на всякий случай соскоблит их, в лучшем случае помажет пол, например, медным купоросом, даже не зная, что шляпки грибов – это лишь плодовые тела, на короткое время возникающие органы размножения, а основная часть гриба скрыта в многометровой деревянной (и не только деревянной) зоне в виде системы ветвящихся нитей, так называемых гиф, в совокупности образующих грибницу. Отдельные нити (гифы), идущие параллельно друг другу, сливаясь, образуют толстые и плотные тяжи (шнуры, пленки) диаметром порой до сантиметра. Конечно, плодовое тело опасно и требует тщательной антисептики, поскольку за сутки выделяет несколько миллионов спор, которые в виде тонкого порошка оседают внутри зараженного помещения и могут разноситься потом куда угодно, даже в почву и из нее дальше. Но остановить развитие гриба можно антисептированием только больших площадей, занимаемых грибницей.

Наиболее опасны четыре домашних гриба: настоящий, белый, пленчатый и пластинчатый (шахтный). Свойства этих грибов приведены в таблице 1. Какой из этих грибов может завестись в вашей бане и в вашем доме, заранее сказать невозможно: какой занесете, тот и будет. Наиболее вредоносным считается настоящий домашний гриб, который прекрасно развивается даже при малых влажностях древесины (вплоть до 19%), причем обладает свойствами выделять воду в локальных местах из плодовых тел и мицелия и тем самым сам себе может создавать оптимальные условия для питания древесиной. В банях наиболее часто встречаются пластинчатые (шахтные) грибы: в середине лета на полах вырастают плодовые тела, похожие на грибы – трутовики (губки).

На основе вышеизложенного становится ясным, что антисептирование древесины является обязательным мероприятием, но отнюдь не единственно необходимым методом защиты бани от гниения. Желателен целый комплекс предохранительных мер: предварительная и периодическая дезинфекция (обеззараживание окружающего пространства) фун-

даментных и кирпичных кладок, тщательное высушивание и асептирование (консервационная обработка незараженных материалов) новой древесины, антисептирование (обработка зараженных материалов) строительных конструкций с удалением и сжиганием всех зараженных частей с захватом не менее 50–70 см прилегающей здоровой на вид древесины, не говоря уже о грибных образованиях (плодовых тел, шнуров, пленок мицелия) и древесного мусора и т. д. Но главной задачей является обеспечение низкой влажности древесины. Как следует из сводки свойств домовых грибов, для предотвращения гниения необходимо поддерживать влажность древесины не более 19%. Это достигается гидроизоляцией деревянных частей, хорошей вентиляцией, просушиванием временно намокаемых деталей, то есть правильными проектными и конструкторскими решениями. Кроме того, необходима тщательная водоотталкивающая обработка всей древесины для бани и особенно для моечного узла (для каркаса поддона, решетки, мебели).

Таблица 1

### Свойства домовых грибов

Свойства	Виды грибов			
	Настоящий	Белый	Пленчатый	Пластинчатый (шахтный)
Температура, необходимая для развития грибов, °С:				
– нормальная	8–27	5–37	8–37	9–35
– оптимальная	20–22	20–25	25	23
Относительная влажность древесины, оптимальная для развития грибов, %	25–35	50–60	40–50	50–70
Вид плодового тела	Распростёртые, мясисто-губчатые, толщиной 1–4 см, желтовато-белые	Распростёртые, небольшие, округлые с белыми трубочками	Распростёртые, в виде плотных беловатых пленок	Шляпки желтовато-коричневые диаметром 2–6 см, без ножек
Вид мицелия	Пышные ва-тообразные белые налеты	Пышные ва-тообразные белые	Нежно-паути-нистые налёты	Скудный желтоватый

Вид шнуров	Белые длиной до нескольких метров, толщиной до 8 мм, разветвлённые	Белые пушистые толстые до 4–6 мм, слабоветвящиеся	Нитевидные бурые, ветвящиеся	Тонкие зеленовато-желтые, волосовидные
Характер разрушения	Глубокие трещины, распад на крупные призматические куски	Глубокие трещины, распад на крупные призматические куски	Мелкие трещины, распад на мелкие призматические куски	Трещиноватая структура, цвет древесины становится зеленоватым, потом красноватым
Преимущество распространение	Подполья, нижние венцы и лаги, перекрытия нижних этажей	Перекрытия и другие замкнутые конструкции зданий	Любые конструкции зданий, столбы, шпалы, склады лесоматериалов	Погребы, подполья, колодцы, столбы, сваи, шахты

Лучше всего указанную водоотталкивающую обработку проводить следующим образом. Подготавливается полный комплект готовых и подогнанных деревянных деталей для сборки моечного узла (нарезанных, обструганных, скругленных, шлифованных и расверленных в местах крепления гвоздями). Комплект деревянных деталей полностью пропитывается кистью бесцветным антисептическим соевым раствором на водяной основе (фторид натрия, бура и т. п.) и тщательно высушивается. Затем нижние торцы стоек мебели и детали напольных решеток вторично пропитывают (теперь уже замачиванием) в соевом растворе (можно окрашивающем, например, на основе хрома, купороса и др.) и вновь тщательно все высушивают желательнее при температуре не ниже 60°C (в бане) в течение 2–3 дней до влажности древесины не выше 10%. После этого весь комплект деталей обильно покрывают кистью пропитывающим водоотталкивающим составом, представляющим собой сильно разбавленный пленкообразующий лак любой природы (например, пентафталевый ПФ), который должен глубоко проникнуть в поры древесины так, чтобы компактная (жидкая) вода впоследствии не могла проникнуть в несмачивающиеся поры (каналы) древесины, но пары воды могли беспрепятственно выходить из древесины. После этого для дополнительной водоотталкивающей обработки нижние торцы мебели и неосприкасающиеся с телом человека поверхности покрыв-

вают непахучими неполимеризующимися маслами (вазелиновым, каменноугольным, сланцевым, минеральным – «отработкой» и др.). Обработка соприкасающихся с телом человека деревянных деталей маслами допустима тоже, но не желательна ввиду скользкости. Финские специалисты используют для водоотталкивающей пропитки расплавленный парафин. Напомним, что масляные пропитки ложатся на лаковые, а лаковые пропитки естественно не лягут на масляные ввиду низкой адгезии. При сборке моечного узла соприкасающиеся поверхности деталей можно еще раз дополнительно пропитать маслом, а элементы, имеющие контакт с телом человека, обязательно и тщательно пропитывают водоотталкивающими составами гигиенической квалификации.

Для полноты картины упомянем еще один важный класс дереворазрушающих грибов – микроскопических деревоокрашивающих грибов. Эти грибки, насчитывающие сотни видов, важны тем, что они первыми (одновременно с плесневыми грибами) заселяют свежесрубленную древесину. Многие, покупая летом свежий пиломатериал, не раз замечали, наверно, на досках разнообразные по расположению рисунку, цвету и интенсивности патологические окраски древесины: полосы и пятна синего, зеленого, красноватого, черного и многих других цветов. Наличие грибных окрасок – существенный порок древесины, снижающий ее ценность и сортность, так как однозначно указывает на неправильный режим хранения древесины, при котором она может быть поражена и более опасными дереворазрушающими грибами. Отдельные виды деревоокрашивающих грибков стимулируют развитие складских и домовых грибов. Наличие окрасов не допускается для экспортной древесины, для пиломатериалов, предназначенных для несущих конструкций зданий, для изготовления мебели, бочек, музыкальных инструментов, ряда сортов бумаги, картона, а также высших сортов еврагонки. Вместе с тем, деревоокрашивающие грибки слабо воздействуют на клеточную структуру древесины и, как правило, слабо влияют на физико-механические свойства древесины, за исключением редких случаев при поражении синевой и красниной. Заселение лесоматериалов деревоокрашивающими грибами может происходить лишь при температурах 5–30°С и влажности древесины 22–175%, так что древесина зимней рубки ценится выше ввиду отсутствия грибков, а также уменьшенного количества соков. Вместе с тем, и древесина зимней рубки, естественно, может быть в дальнейшем заражена деревоокрашивающими грибами при неправильном хранении во влажном состоянии. После высыхания древесины жизнедеятельность деревоокрашивающих грибков почти полностью прекращается, а при нагревании древесины до 80°С грибки погибают.

Мы говорили о возможном разрушении древесины полов в бане, находящихся в условиях высокой влажности. При этом наибольшие биоразру-

шения наблюдаются летом. Зимой же полы быстро остывают до температур ниже 5°С, при которых деятельность всех грибов, в том числе домашних, приостанавливается. Биоразрушения древесины возможны и на стенах бани, и в щелях мебели (полков, скамеек, табуреток и др.) в случаях их сильного увлажнения, в том числе и при использовании конденсационного режима паровой бани. В случае сухой финской сауны биоразрушения древесины минимальны (за исключением, естественно, деревянных влажных полов, особенно при отсутствии вентиляции). Поэтому финны предпочитают каменные полы саун, что для гигиенической бани мало приемлемо.

## 2.7. Природная стойкость древесины

Рассмотрев вопросы антисептирования древесины, легче понять суть природной стойкости древесины. Сама по себе древесина как натуральный полимер (полисахарид) вполне устойчива и не только на воздухе, но и в кислотах, щелочах (деревянные чаны и цистерны на химических заводах), воде и спиртах (бочки для засола овощей и выстаивания коньячного спирта) и даже при повышенных температурах, по крайней мере, до 150–200°С. Известны хорошо сохранившиеся постройки (в том числе и церкви) из древесины, датируемые XIV веком н. э. При раскопках древнего Новгорода (X век н. э.) обнаружены деревянные мостовые с хорошо сохранившимся ядром сосновых лаг. Найдены части греческих деревянных саркофогов IV–V веков до н. э. Очень хорошо сохраняется древесина под водой. Деревянные свайные фундаменты Венеции, Амстердама, Санкт-Петербурга благополучно стоят столетиями (особенно те, которые сделаны из лиственницы). Но стоит деревянной свае приподняться над водой и подсохнуть, тотчас она теряет свою стойкость. Так и в банях: если доски на полу впрессованы в вечно сырой глинистый грунт, то служат годами, а если приподняты над грунтом – могут сгнить за один сезон. Ясно, что это объясняется физиологическими особенностями грибов, не способных развиваться в слишком сухих или слишком влажных условиях.

Таким образом, природная стойкость древесины – это не возрастное понятие, а скорее медицинское (как у человека) в смысле устойчивости к болезням, в первую очередь, к заражению грибами. Нет грибов – древесина устойчива, появились грибы – деревянное строение начинает гнить («болеть» и разрушаться механически и химически). Покупая в магазине доски, вы не знаете, заражены они или нет. Точно так же вы не знаете, есть ли дереворазрушающие грибы на вашем участке (и какие) и могут ли они появиться (и когда). Поэтому столь разнятся порой мнения людей и даже специалистов о стойкости той или иной древесины. В одних краях древе-



сина когда-то была устойчива десятилетиями, в других – древесина той же партии может сгнить прямо на складе, поскольку всё определяется влажностью, температурой, условиями хранения и наличием тех или иных грибов. Под водой ольха в колодце стоит лет двадцать–тридцать, над водой в колодце – не более пяти лет. Дуб под водой стоит вечно, а над водой – лет двадцать–тридцать. Так что порой делают так – под водой сруб из ольхи, а над водой сруб из дуба, поскольку дуб нежелательно погружать под воду по той причине, что придаёт воде неприятный привкус. Но если грунт не песчаный, а глинистый, то можно сделать сруб из сосны, а подводную часть из берёзы, ивы, осины (тоже относящейся к ивовым породам, но придающей воде неприятный привкус), липы. Впрочем, в современных проектах древесину в колодцах уже давно не применяют, необходимую степень декоративности вполне обеспечивает и деревянная (бревенчатая) наземная часть колодца над бетонной трубой, а при необходимости и специальная (навесная сверху) сменная внутренняя декоративная бревенчатая насадка на внутренней поверхности бетонной трубы до уровня воды.

Несмотря на близость химического состава всех пород древесины, одни породы оказываются более стойкими к гниению, чем другие. Так, считается, что тропические деревья более устойчивы к гниению по условиям обитания – в тёплых влажных краях нестойкие породы давно уже вымерли. В пределах одной породы более стойкой является более плотная древесина (а, может быть, и менее паровлагопроводная). Например, за время испытаний образцов в контакте с плёнчатым домовым грибом потеря массы древесины сосны (заболони) составила 39,1%, а у спрессованных образцов той же древесины с увеличенной плотностью почти в 2 раза меньше – 10,6%. Также считается, что с увеличением возраста дерева стойкость древесины повышается. Замечено также, что ядро (приосевая часть в стволах) деревьев имеет повышенную стойкость, чем заболонь (периферийная прикорковая часть). Стойкость древесины из нижней части ствола выше, чем из верхней части и из ветвей. Ну и самое главное, конечно, наличие в древесине асептических веществ (асептик – препарат профилактический, предотвращающий биоразрушение; антисептик – препарат, приостанавливающий уже начавшееся биоразрушение). Так, стойкость древесины сосны выше, чем древесины ели или пихты, что объясняется различным содержанием смолы, а стойкость древесины дуба выше, чем ясеня, из-за большого содержания дубильных веществ. Древесина тисса («красное дерево») тяжёлая, плотная, не поддаётся гниению из-за наличия (особенно в хвое и коре) ядовитого даже для человека алкалоида таксина. Древесина эвкалипта тяжёлая, прочная, устойчивая к гниению из-за наличия известного эфирного масла, применяемого в технике, медицине и парфюмерии. Древесина тика–тектоны (ост-индуского дуба) прочная, тяжёлая, сохраняется

до 200 лет, не повреждается насекомыми и гнилью, поскольку содержит большое количество дубильных веществ, используемых для изготовления красок и в красильных производствах. В древесине тика (в отличие от дуба) не подвергаются коррозии даже железные гвозди, болты, скобы. Таким образом, и живая природа для сохранения натуральных полимеров-сахаридов использует те же методы асептирования, какие использует человек при введении бицидных добавок в искусственные «экологически неблагоприятные» полимеры, которые, тем не менее, охотно поедаются микробами и грибами.

Европейский стандарт EN350-2 классифицирует породы древесины по стойкости к гниению, к насекомым и морским древооточцам. По стойкости относительно грибов породы делятся на пять классов. К очень стойким относятся тик, эвкалипт, гринхарт и др. К стойким причисляются дуб, акация белая, тисс, каштан, махагони и др. Под малостойкими понимаются пихта, ель, сосна, вяз и др. Нестойкими считаются берёза, ольха, осина, бук и др. Эта классификация относится к ядровой (приосевой) зоне древесины, заболонь же относится к нестойкой древесине. Таким образом, рядовому дачнику доступны лишь нестойкие породы древесины, которые требуют обязательной асептической обработки условно безвредными для человека препаратами.

В соответствии с отечественными натурными (полигонными) испытаниями стойкость древесины в земле (грунте) в баллах (по отношению к заболони липы) составляет для ядра: лиственницы 9,1; дуба 5,2; ясеня 4,9; сосны 4,6; вяза 2,5; берёзы и ольхи 1,8; для заболони: ясеня 4,6; сосны 4,0; пихты, ели, бука, лиственницы 3,8; бука, граба, дуба, клёна, берёзы 2,5; ольхи, осины 1,8; липы 1,0. Таким образом наиболее удачным для рядового дачника конструктивным материалом для бань (по соотношению цена—качество) является сосна. В то же время в Сибири может быть более доступна лиственница и пихта. А вот в малолесистых местностях (Пенза, Курган и др.) помещики (а затем и советские власти) никогда не давали крестьянам для бань строевую сосну, поэтому там так и завелось, что рубленные бани должны быть непременно из осины (благо ствол у этого дерева ровный, без сучков, податлив под топором). Отметим, что народное выражение «вбить осиновый кол» вовсе не означает, что осина стойка в земле (как утверждают порой в популярной литературе). Это выражение происходит от старинного народного суеверного обычая вбивать именно осиновый кол в могилу колдуна, чтобы он не мог воскреснуть или как-то иначе вредить после своей смерти.

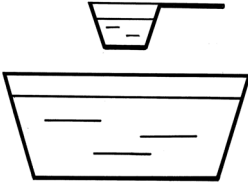
Что касается внутренней отделки, то для полков выбирают малотеплопроводные (лёгкие) породы древесины (липа, осина, ель, пихта и др.), сосна неудачна из-за большого количества скоплений смолы. Для потол-

ков и стен желательны легковпитывающие воду породы древесины. К легковпитывающим породам относятся заболонь сосны, берёзы, бука. К умеренно пропитываемым породам причисляют заболонь граба, дуба, клёна, лиственницы европейской, липы, ядро сосны, осину, кедр, ольху. Труднопропитываемыми породами считаются ель, лиственница сибирская, пихта, ядро бука, ясеня, лиственницы европейской (Б.Н. Угольников, Древесиноведение и лесное товароведение, М.: Академия, 2004 г.).

Отечественный стандарт на лесоматериалы круглые ГОСТ 9014.0-75 классифицирует породы древесины по стойкости к повреждению насекомыми ( стойкие - пихта, береза, бук, граб, клен, ольха, осина, тополь, явор; нестойкие - ель, сосна, лиственница, кедр, дуб, ильмовые, ясень), к поражению грибками ( стойкие - пихта, дуб, ильмовые, клен, явор, ясень; нестойкие - ель, сосна, лиственница, кедр, ольха, осина, тополь, береза, бук, граб, липа), к растрескиванию ( стойкие - ель, сосна, пихта, кедр, ольха, осина, липа, тополь, береза; нестойкие - лиственница, бук, граб, ильмовые, явор, клен, дуб, ясень).

Отечественный стандарт на защиту древесины ГОСТ 20022.2-80 классифицирует древесину по стойкости к гниению и пропитываемости защитными средствами. К стойким к гниению породам отнесены сосна, ясень, кедр, лиственница, дуб, ясень. К среднестойким породам причислены ель, пихта, бук; к малостойким - береза, вяз, граб; к нестойким - липа, ольха, осина. Отметим, что палубы современных прогулочных моторных яхт элитного класса изготавливаются исключительно из тика или акации.

Чем выше вы построите забор, тем лучше потом будут ваши соседи.



### 3. Изолирующий модуль

Разделение объекта на ограждающий и изолирующий модули является особенно сложным, причём как идеологически (для понимания), так и практически (для выполнения). С одной стороны, такая разбивка крайне условна и даже в чём-то надумана, особенно при постройке бани «с нуля», когда ветротеплогидропароизоляция может быть заложена внутрь стен самой ограждающей «коробки». С другой стороны, если баня устраивается в уже существующем готовом строении (особенно совершенно случайном), то сразу становится ясным, что ограждающий и изолирующий модули являются совершенно различными конструкциями.

На самом деле истина находится где-то посередине: имеются строения с совмещенным ограждающе-изолирующим модулем (например, с бревенчатыми или кирпичными стенами), а есть строения, где ограждающий и изолирующий модуль разделены (или частично совмещены, или частично разделены). Выбор той или иной технологии строительства определяется номенклатурой имеющихся строительных материалов и требуемым уровнем изоляции.

#### 3.1. Номенклатура изоляционных строительных материалов

Так или иначе, развитие индустрии специальных изоляционных (изолирующих, защитных) материалов определяет прогресс банного строительства. Уже сейчас подавляющее большинство дачных строений (и не только каркасных и щитовых, но и бревенчатых, и кирпичных) имеют многослойные стены (потолки, полы и крыши) из материалов с различной степенью пропускания тепла, влаги и воздуха.

Если разделение строений на ограждающий и изолирующий модули не является общепринятым, то соответствующее разделение стройматериала-

лов признано официальными федеральными документами по строительству. Так, сборник каталожных листов по строительным материалам СК-4.1-2003 выделяет изоляционные и кровельные материалы в отдельный класс. Строительные нормы и правила также разделены: СНиП 3.03.01-87 «Несущие и ограждающие конструкции» и СНиП 3.04.01-87 «Изоляционные и отделочные покрытия». Система показателей качества продукции (СПКП) стандартизирует номенклатуру показателей теплоизоляционных ГОСТ 4.201-79, звукоизоляционных ГОСТ 4.209-79, герметизирующих и уплотняющих ГОСТ 4.224-83, кровельных ГОСТ 4.251-79, отделочно-облицовочных ГОСТ 4.230-83 и отдельных других материалов.

Вместе с тем классификация изоляционных материалов и проектных решений в области изоляций далеко не завершена. Сложность детальной систематизации и осмысленной оптимизации заключается в том, что прогресс в этой области идёт одновременно в двух противоположных направлениях. С одной стороны чётко видна тенденция к разработке узкоспециализированных материалов, например, только для теплоизоляции или только для ветроизоляции. С другой стороны, практическое строительство требует более универсальных материалов, включающих целый комплекс слоев с различными свойствами (например, стеновых сэндвич-панелей с дождезащитой, ветрозащитой, теплоизоляцией, пароизоляцией и отделочным покрытием). Во всяком случае вопросы всевозможных изоляций находятся на самом острие современной строительной науки.

На всем этом мы останавливаемся только затем, чтобы подчеркнуть, что поиск проектных решений и выбор стройматериалов может стать весьма затруднительным даже для профессиональных специалистов и потребует определенной осмысленности. Так и дачник, решившись отказать от столь привычных стереотипных деревянных решений и перейти, скажем, к металлическим или пластиковым конструкциям бань, окажется лицом к лицу с проблемой выбора, столь мучительной, особенно в условиях кажущегося обилия предложений по одному и тому же виду изоляции. В связи с этим отметим, что изолирующие материалы в плане технологичности удобно в голове систематизировать на (см. рис. 13):

– наполнители, заполняющие свободные пустоты ограждающего модуля (засыпки стружки, песка, перлита, керамзита и др.; набивки из мха, пакли, волокон синтетических и натуральных, стеклошлаковаты в матах, шнуров, жгутов, обрезков стеклоткани, синтетических нетканых материалов и др.; герметики и наполнители швов на основе клеевых, гипсовых, глиняных, цементных, известковых и других связующих);

– слоистые, реечные, рулонные и кусковые материалы (жесткие и мягкие плиты, например, стекловолокнистые, пеностеклянные, пено-

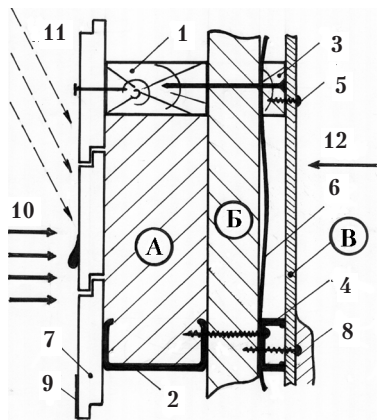


Рис. 13. Условная классификация изолирующих (ветротеплогидрозащитных) материалов по способу монтажа: А – наполнители полостей и швов (заполняющие засыпки, набивки, уплотнители, герметики и т. п.), Б – навесные слоистые материалы для скрытого монтажа, В – навесные слоистые материалы для внешнего монтажа (декоративные, облицовочные). 1 – элементы каркаса (ограждающего модуля) деревянные, 2 – элементы каркаса металлические, 3 – прижимные рейки деревянные, 4 – монтажно-прижимные планки металлические или пластиковые, 5 – крепёжные элементы (саморезы, шурупы, гвозди), 6 – плёнка пароизоляционная (пример изоляции Б), 7 – обшивка вагонкой, ветрозащита (пример изоляции В), 8 – штукатурка по сетке или дранке, обмазка, плёнка, плитка, обои (пример составной части изоляции В), 9 – лакокрасочное покрытие, пропитка (пример составной части изоляции В), 10 – ветер, 11 – дождь, 12 – пар.

ка по сетке или дранке, обмазка, плёнка, плитка, обои (пример составной части изоляции В), 9 – лакокрасочное покрытие, пропитка (пример составной части изоляции В), 10 – ветер, 11 – дождь, 12 – пар.

полимерные и др., пленки, полотна, листы, сетки, в том числе и металлические), предназначенные для первичной внутренней обшивки несущих конструкций ограждающего модуля в целях изоляции;

– листовые, рулонные и реечные материалы кровельного и декоративно-отделочного назначения, в том числе навесные многослойные панели типа «сэндвич», для внутренней и внешней облицовки стен и крыши здания.

В соответствии с указанной крайне условной классификацией при монтаже здания сначала заполняют пустоты каркаса, затем каркас обшивают, после чего облицовывают. Вполне естественно, что строители предпочли бы универсальный материал типа В, который заменил бы все иные типы изоляции. Действительно, в мировой практике заметна тенденция все большего отхода от наполнителей к более технологичным слоистым навесным материалам, укладываемым встык и не создающим «мостики холода» в местах расположения элементов несущих конструкций. Крепления материалов могут быть также самыми разнообразными (за счёт своего веса, гвоздей, клея, адгезии и т. п.).

Забегая вперед сразу отметим, что наибольшие идеологические и практические трудности при использовании многослойных стен возникают в связи с возможным накоплением в стенах влаги. Эта старая проблема увлажнения стен звучит сегодня несколько по-новому, на что и будет обращено основное внимание в этой главе.

### 3.2. Принципы встраивания

Если в одном и том же здании необходимо разместить помещения с различными климатическими параметрами, то эти помещения должны быть отделены друг от друга и от внешней среды соответствующими тепло- и влагоизолирующими слоями и по возможности снабжены отдельными вентиляциями. Этот принцип называется встраиванием одного объекта в другой.

В городской жизни уже накоплен немалый практический опыт сочетания теплых и холодных, высоковлажных и сухих зон на многочисленных примерах бытовой рефрижераторной (холодильной и морозильной) техники, кухонных плит, в том числе встроенных в кухонную мебель, квартирных ванн и душевых комнат, кондиционируемых помещений, бассейнов, встроенных сухих саун. Хотя изоляция встроенных объектов и является лишь маленьким островком в безбрежном море вопросов изоляции в строительстве, тем не менее на её примере прослеживаются все основные проблемы изоляции, причем порой наиболее наглядно. Так, находясь между внешними сторонами стен встроенной бани 2 и внутренними сторонами стен здания 1 (рис. 14), мы как бы залезаем вглубь многослойной стены отдельной бани и прослеживаем, что же реально происходит в этой многослойной стене. И если потом мы устремим промежуток  $d$  между внешней стеной бани и внутренней стеной здания к нулю, то фактически получим баню уже не встроенную, а отдельностоящую в форме отдельного специального здания с многослойными стенами. Поэтому баня отдельностоящая

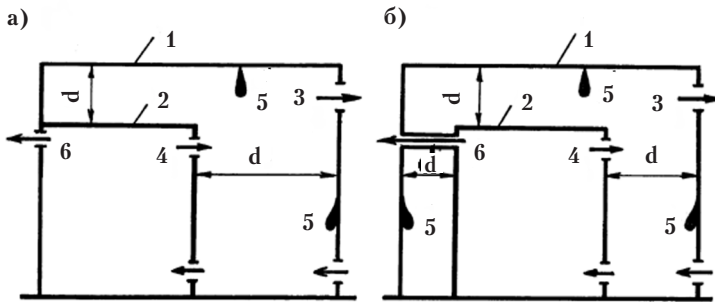


Рис. 14. Схема встраивания бань в существующие помещения: а – примыкающих к стене помещения, б – отступающих от стен помещения. 1 – изолирующий контур помещения (ванной комнаты, жилой зоны и т. п.), 2 – изолирующий контур бани, 3 – приточно-вытяжные вентиляционные отверстия помещения, 4 – воздухопроницаемые неплотности (щели) в стенах, окнах и дверях бани, а также вентиляционные отверстия, 5 – капли росы, 6 – вытяжное вентиляционное отверстие для выброса влажного воздуха за пределы помещения,  $d$  – зазор (промежуток) между стенами помещения и стенами бани.

(построенная в форме специального здания) и баня, встроенная в какое-то (может быть, совершенно случайное) здание или помещение, неминуемо будут иметь много общего (и не только методически).

Анализ эксплуатации встроенных бань (а равно ваннных и душевых комнат) позволяет наглядно разобраться также и в вопросах вентиляции многослойных стен (см. раздел 4). Так, в частности, все знают, что в помещении, где располагаются душевые кабины (даже закрытые, но не герметичные) наблюдается распространение высоковлажного воздуха из объёма душевых кабин в объём помещения. При этом холодные стены помещения неизбежно увлажняются, а водонепроницаемые стены (покрытые, например, керамической плиткой) покрываются росой, стекающей ручейками на пол. Абсолютно то же самое происходит в многослойных стенах (а также в дверях и окнах), обладающих способностью пропускать влажный воздух внутрь себя. Точно так же, как в душевых помещениях (а также в ваннных комнатах, залах с бассейнами или со встроенными банями), в паропроницаемых многослойных стенах необходимо предусмотреть устройства для предотвращения выделения (накопления) конденсата (или, в крайнем случае, обеспечения его удаления из объёма стены) путём размещения паронепроницаемых пленок (пароизоляции), каналов высушивающей приточно-вытяжной вентиляции или патронов с поглотителями влаги (абсорбентами, например, такими же, что закладываются в современные герметичные оконные стеклопакеты).

Именно в возможности (а порой и неизбежности) выделения конденсата на поверхности и внутри стен помещения кроется инженерная сложность встраивания бань, особенно паровых. Именно поэтому наиболее просто в жилые помещения встраиваются сухие высокотемпературные сауны (в виде кабин, абсолютно лишенных воды), в которых абсолютная влажность воздуха не намного больше, чем в жилых зонах (порядка  $0,01 \text{ кг/м}^3$ ). Именно поэтому (точней, только поэтому) финские коммерческие фирмы с такой цепкостью ухватились за концепцию (в общем-то несвойственную прежним финнам) сухих саун, которые можно без проблем разместить в любой квартире и в любом коттедже (а значит и обеспечить обширный рынок сбыта, несмотря на весьма ограниченные функциональные возможности таких «бань»).

### 3.3. Понятие ветрозащиты

Под ветром будем понимать любое направленное перемещение воздушных масс (конвекцию), в том числе и через ограждающие конструкции зданий.



Ветронепроницаемые (ветроизолированные, непродуваемые, ветрозащитные) стены – это самый главный элемент любой бани. Никакая теплоизоляция не сможет выполнить свою функцию, если в потолке, стенах и полах оставить сквозные щели, через которые тепло (в виде потоков теплого воздуха) может свободно уйти из бани наружу, а холод (в виде потоков холодного воздуха) войти с улицы внутрь бани. Потери тепла за счёт движения воздуха называются конвективными.

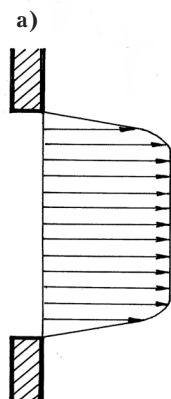
Человек с древнейших времен научился прятаться от ветра. Нора или пещера, шалаш из веток и листьев, чум из шкур, юрта из ковров и войлока, палатка из ткани, одежда или постель с одеялом спасали от холода прежде всего тем, что делали воздух вокруг человека неподвижным, а неподвижный воздух является хорошим теплоизолятором. Ну и конечно же непродуваемые конструкции удерживают внутри себя тёплый воздух.

В то же время ветрозащитные материалы, вообще говоря, вовсе не должны обладать способностью изолировать от воды, водяных паров и тепла. Более того, по принципу узкой специализации они должны изолировать исключительно только от ветра. Это является особенно важным замечанием потому, что мы говорим о ветрозащите для человека. Являясь живым существом, человек по своей природе загрязняет воздух водяными парами, углекислым газом и другими известными и неизвестными веществами. Всё это означает, что ветрозащита в виде полностью герметичной водопаровоздухонепроницаемой капсулы вовсе не является идеальным техническим решением. Герметичная капсула не может обеспечить не только комфорт, но и элементарные условия для выживания. Воздух в капсуле необходимо либо регенерировать (возвращать в прежний вид физико-химическими приёмами, принятыми, например, на подводных лодках или космических кораблях), либо очищать удалением (выведением наружу) накапливающихся примесей, либо вообще менять на свежий.

Поясним это на простейшем примере повседневной одежды. Чтобы защитить тело от сквозняков (а свитер от продувания), человек одевает ветровку (ветрозащитную верхнюю одежду). Если ветровка не только ветронепроницаема, но и паронепроницаема, то накапливающиеся под ветровкой водяные пары (от выделений и испарения пота) не могут выйти наружу, увлажняют кожу и нижнюю одежду, а также, например, свитер. Такая паронепроницаемая ветровка (например, синтетическая) «не дышит» и воспринимается человеком как «душная» (см. раздел 3.15). Чтобы избавиться от ощущения духоты, человек делает продухи в ветровке (например, у ворота, прикрываемого ветропродуваемым шарфом) или расстегивает ветровку то на одну пуговицу, то на две, а то и вообще распахивается. Такой способ удаления влаги из-под ветровки методом смены воздуха (в котором собственно и находится водяной пар)

в строительстве называется вентилированием (то есть ограниченной продуваемостью) и будет рассмотрен отдельно (см. раздел 4). Здесь укажем лишь, что вентилировать можно через одно отверстие (продох, канал, щель), а можно через большее количество мелких. Можно вентилировать принудительно (например, похлопывая, стягивая рукой или растягивая одежду), а можно проветривать за счёт естественного напора ветра. Отличительным признаком вентиляции является ее регулируемость, в то время как естественная ветропродуваемость сооружения малоконтролируема и определяется зачастую не проектом, а качеством монтажа изоляции.

Другим способом предотвращения духоты одежды является обеспечение паропроницаемости материала одежды (ветровки). Имеется в виду, что в паронепроницаемой ветровке можно изготовить большое количество очень мелких сквозных отверстий (пор). Иными словами, речь идёт, казалось бы, о том же вентиляционном принципе, но через огромное количество микроотверстий (причем, естественно, нерегулируемых). Тем не менее, физическая сущность паропроницаемости (диффузной) в корне отличается от сущности ветропродуваемости, имеющей место в случае вентиляции. Дело в том, что воздух является вязкой субстанцией, вследствие чего движется вблизи стенок каналов (у поверхности пор) очень медленно. А это значит, что скорость движения воздуха в мелких отверстиях ограничена (рис. 15). Изготавливая в паровоздухонепроницаемой ветровке вместо нескольких относительно крупных отверстий миллион не просто мелких, а очень мелких отверстий, мы создаём крайне большие газодинамические сопротивления направленным потокам масс воздуха в узких каналах. Фактически мы создаём барьер ветру, делаем воздух в отверстиях практически неподвижным. В то же время молекулы, составляющие воздух, движутся в неподвижном воздухе так же, как в подвижном



(хаотично со средними скоростями, равными скорости звука 300 м/сек), беспрепятственно проходя туда-сюда через отверстия, усредняя состав воздуха слева и справа от отверстия (рис. 16). Происходит перемешивание двух объемов воздуха (слева и справа от отверстия)

Рис. 15. Эпюры (пространственные распределения) скоростей газового (воздушного) потока в отверстиях разного размера (при одном и том же перепаде давлений на перфорированной мембране). Наличие вязкости заставляет газ течь у краёв отверстия медленно. Поэтому газ через мелкие отверстия проходит с трудом.

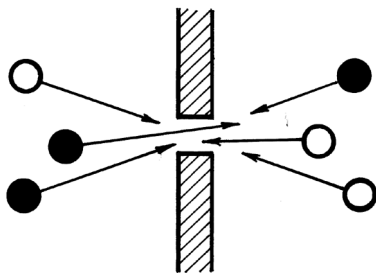


Рис. 16. Иллюстрация диффузии молекул через мелкие отверстия мембраны. При размере отверстий 0,01 мм воздух через них практически не проходит даже при сильных порывах ветра (при перепадах давления на мембране порядка 100Па = 0,001 атм). Однако молекулы воздуха (азота, кислорода) и водяных паров имеют размер порядка одной миллионной миллиметра и поэтому проходят через отверстие совсем не ощущая его размеров. В результате взаимной встречной диффузии происходит перемешивание газов справа

и слева от мембраны. В частности, если слева сначала было много молекул воды (чёрных точек), то газ слева от мембраны осушается.

при практически полном отсутствии перемещений масс воздуха. При этом молекулы воды (так же как и молекулы углекислого газа и других антропогенов) уходят из-под одежды через микроотверстия ткани ветровки «на улицу» и вместо них (чтобы сохранить равенство давлений) с «улицы» через ветровку приходят молекулы азота и кислорода.

Таким образом, ограждающие конструкции можно разделить на ветропродуваемые (ветропроницаемые) и ветронепродуваемые (ветронепроницаемые). Ветропродуваемые (ветропроницаемые) конструкции в официальных документах называются воздухопроницаемыми, что не вполне точно и создаёт множество недоразумений. Ветропродуваемые конструкции пропускают ветер (то есть массы воздуха), но многие существенно защищают от ветра, поэтому часто называются ветрозащитными. С улучшением ветрозащитных свойств изолирующего материала и с улучшением качества укладки материала (например, с уменьшением зазоров между досками или между листами картона), ветрозащитные свойства изолирующего модуля, естественно, улучшаются. Если неконтролируемое поступление воздуха через ветропродуваемые ограждающие конструкции становится настолько малым, что перестаёт влиять на тепловой баланс здания и уже не создаёт заметный воздухообмен помещения, то ограждающие конструкции называют ветронепродуваемыми (воздухонепроницаемыми, ветронепроницаемыми), хотя и пропускают молекулы воздуха.

Ветронепродуваемые ограждающие конструкции подразделяются на герметичные (не пропускающие молекул газа) и негерметичные (имеющие микроскопические сквозные отверстия и пропускающие молекулы воздуха и водяных паров). Такие негерметичные ветронепродуваемые ограждающие конструкции называются паропроницаемыми, точнее, газопроницаемыми (диффузионными мембранами). Если же паропрони-

цаемость мала (из-за малости числа отверстий или даже из-за их полного отсутствия), то ограждающие конструкции называются паронепроницаемыми (газонепроницаемыми, полными диффузными барьерами, пароветрозащитными, пароветронепроницаемыми и т. п.). Терминология в литературе встречается совершенно различная, но наиболее целесообразны узкие чёткие понятия.

В дальнейшем ветропродуваемость конструкции будем оценивать официальным параметром – воздухопроницаемостью. Воздухонепроницаемые конструкции будем оценивать паропроницаемостью. Простейшим воздухонепроницаемым, но паропроницаемым материалом является строительный картон, широко используемый в антисептированном виде в Европе и США. В нашей стране в дачном строительстве в этом качестве более распространен пергамин (строительный картон, слегка пропитанный битумом), хоть и пахучий, но более устойчивый к воздействию влаги материал. Отличить воздухонепроницаемую плёнку от пароизолирующей очень легко: достаточно смочить сильнопахнущими духами одну сторону плёнки и понюхать другую. Запах, как и пар, распространяется путём перемещения молекул через поры плёнки.

В то же время ветропарозащитные материалы до сих пор не стандартизированы (даже по показателям назначения). Поэтому границы между ветрозащитными и пароизоляционными материалами весьма условны и определяются конкретными условиями эксплуатации и даже монтажа (см. далее). Так, например, ясно, что если ветровка обеспечивает вывод влаги из одежды при обычной повседневной носке, то она, тем не менее, сможет стать слишком душной (недостаточно паропроницаемой) при выполнении человеком тяжелой физической работы.

Защита от направленных потоков масс воздуха может подразумевать защиту и от дождя, в том числе и от брызг, увлекаемых потоками воздуха. Поэтому, по крайней мере, внешний (верхний) ветрозащитный слой (в том числе и кровля) должен обеспечивать изоляцию от капельной воды. При этом ясно, что дождеветрозащитную конструкцию вовсе нельзя отождествлять с гидроизолирующей, хотя бы потому, что она может содержать сквозные щели (например, в виде нахлестов шиферных листов или черепицы), недоступные текущим сверху вниз по крыше потокам воды. Иными словами, гидрозащитные материалы имеют дело с каким-то определенным удерживаемым объемом воды (в том числе и в виде влаги в земле), а брызгодождезащитные материалы хоть и являются водонепроницаемыми, но имеют дело с текущей сверху вниз водой. Так, черепица на крыше успешно выполняет дождезащитные функции только до тех пор, пока на крыше не появятся скопления воды (лужи) у преград текущей воде.

### 3.4. Воздухопроницаемость ограждающих конструкций

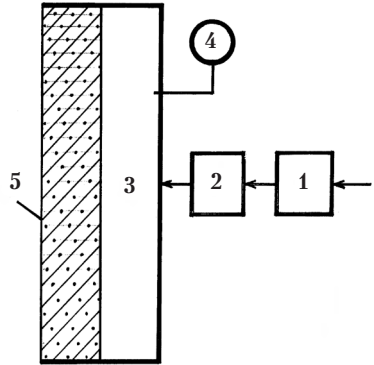
Основополагающие федеральные документы СНиП 23-02-2003 «Тепловая защита зданий» и СП 23-101-2000 «Проектирование тепловой защиты зданий» оперируют понятиями воздухопроницаемости и паропроницаемости строительных материалов и конструкций, не выделяя изолирующих элементов из состава ограждающих конструкций.

Таблица 2

#### Сопrotивление воздухопроницанию материалов и конструкций (приложение 9 СНиП II-3-79\*)

Материалы и конструкции	Толщина слоя, мм	R <sub>в</sub> , м <sup>2</sup> часПа/кг
Бетон сплошной без швов	100	19620
Газосиликат сплошной без швов	140	21
Кирпичная кладка из сплошного красного кирпича на цементно-песчаном растворе:		
– толщиной в полкирпича в пустошовку	120	2
– толщиной в полкирпича с расшивкой шва	120	22
– толщиной в кирпич в пустошовку	250	18
Штукатурка цементно-песчаная	15	373
Штукатурка известковая	15	142
Обшивка из обрезных досок, соединенных впритык или в четверть	20–25	0,1
Обшивка из обрезных досок, соединенных в шпунт	20–25	1,5
Обшивка из досок двойная с прокладкой между обшивками строительной бумаги	50	98
Картон строительный	1,3	64
Обои бумажные обычные	–	20
Листы асбоцементные с заделкой швов	6	196
Обшивка из жёстких древесно-волокнистых листов с заделкой швов	10	3,3
Обшивка из гипсовой сухой штукатурки с заделкой швов	10	20
Фанера клееная с заделкой швов	3–4	2940
Пенополистирол ПСБ	50–100	79
Пеностекло сплошное	120	воздухонепроницаемо
Рубероид	1,5	воздухонепроницаем
Толь	1,5	490
Плиты минераловатные жёсткие	50	2
Воздушные прослойки, слои сыпучих материалов (шлака, керамзита, пемзы и т. д.), слои рыхлых и волокнистых материалов (минеральной ваты, соломы, стружки)	любые толщины	0

Рис. 17. Принцип измерения воздухопроницаемости строительных конструкций (окон, дверей, стен, материалов). 1 – воздушный насос, 2 – измеритель расхода (ротаметр, диафрагма с дифференциальным манометром и т. п.), 3 – измерительная камера, 4 – измеритель избыточного давления воздуха, 5 – изучаемая конструкция, герметично пристыкованная к измерительной камере.



Воздухопроницаемость  $G_v$  (кг/м<sup>2</sup> час) по СП 23-101-2000 представляет собой массовый расход воздуха в единицу време-

мени через единицу площади поверхности ограждающей конструкции (слоя ветроизоляции) при разнице (перепаде) давлений воздуха на поверхности конструкции  $\Delta p_v$  (Па):  $G_v = (1/R_v) \Delta p_v$ , где  $R_v$  (м<sup>2</sup> час Па/кг) – сопротивление воздухопроницанию (см. таблицу 2), а обратная величина  $(1/R_v)$  (кг/м<sup>2</sup> час Па) – коэффициент воздухопроницаемости ограждающей конструкции. Воздухопроницаемость характеризует не материал, а слой материала или ограждающую конструкцию (слой изоляции) определенной толщины.

Напомним, что давление (перепад давления) 1 атм составляет 100 000 Па (0,1 МПа). Перепады давления  $\Delta p_v$  на стене бани за счёт меньшей плотности горячего воздуха в бане  $\rho_\delta$  по сравнению с плотностью внешнего холодного воздуха  $\rho_0$  равны  $H(\rho_0 - \rho_\delta)$  и в бане высотой  $H=3$  м составят до 10 Па. Перепады давления на стенах бани за счёт ветрового напора  $\rho_0 V^2$  составят 1 Па при скорости ветра  $V = 1$  м/сек (штиль) и 100 Па при скорости ветра  $V = 10$  м/сек.

Введенная таким образом воздухопроницаемость представляет собой ветропроницаемость (продуваемость), способность пропускать массы движущегося воздуха.

Как видно из таблицы 2, воздухопроницаемость очень сильно зависит от качества строительных работ: укладка кирпича с заполнением швов (расшивкой) приводит к снижению воздухопроницаемости кладки в 10 раз по сравнению со случаем укладки кирпича обычным способом – в пустошовку. Воздух при этом в основном проходит вовсе не через кирпич, а через неплотности шва (каналы, пустоты, щели, трещины).

Методы определения сопротивления воздухопроницанию по ГОСТ 25891-83, ГОСТ 31167-2003, ГОСТ 26602.2-99 предусматривают непосредственное измерение расходов воздуха через материал или конструкцию при различных перепадах давления воздуха (до 700 Па). На специальных стендах с помощью насоса-воздуходувки 1 нагнетается воздух в измерительную

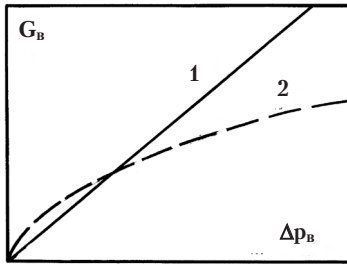


Рис. 18. Зависимость массового потока воздуха (скорости фильтрации, массового расхода) через воздухопроницаемую строительную конструкцию от перепада давления воздуха на поверхностях конструкции. 1 – прямая для ламинарных вязкостных потоков воздуха (через пористые стены без щелей), 2 – кривая для турбулентных инерционных потоков воздуха через конструкции со щелями (окна, двери) или отверстиями (продухами).

камеру 3, к которой герметично пристыковывается изучаемая конструкция 5, например, окно заводского изготовления (рис. 17). По зависимости расхода воздуха  $G_v$  по ротаметру 2 от избыточного давления в камере  $\Delta p_v$  строят кривую воздухопроницаемости конструкции (рис. 18).

В случае воздухопроницаемости стен с многочисленными мелкими каналами, щелями, порами воздух движется через стену в вязком режиме ламинарно (без турбулентностей, завихрений), вследствие чего зависимость  $G_v$  от  $\Delta p_v$  имеет линейный вид  $G_v = (1/R_v)\Delta p_v$ . При наличии крупных щелей воздух движется в инерционных режимах (турбулентных), при которых силы вязкости не существенны. Зависимость  $G_v$  от  $\Delta p_v$  в инерционных режимах имеет степенной вид  $G_v = (1/R_v)\Delta p_v^{0.5}$ . Реально же в случае окон и дверей наблюдается переходный режим  $G_v = (1/R_v)\Delta p_v^n$ , где показатель степени  $n$  в СНиП 23-02-2003 условно принят равным  $2/3$  (0,66). Иными словами, при больших напорах ветра окна начинают «запираться» (также, например, как и дымовые трубы при большой скорости истечения дымовых газов), и всё большую роль начинает играть продуваемость стен (см. рис. 18).

Изучение таблицы 2 показывает, что обычные дощатые стены (без прослоек бумаги, пергамина или фольги), засыпанные стружкой (соломой, минеральной ватой, шлаком, керамзитом) с сопротивлением воздухопроницанию на уровне  $0,1 \text{ м}^2 \text{ час Па/кг}$  и менее никак не могут защитить от ветра. Даже при штиле при скоростях набегающих воздушных потоков  $1 \text{ м/сек}$  скорость продува через такие стены хоть и снижается до  $0,1\text{--}1 \text{ см/сек}$ , но тем не менее и это создаёт кратность воздухообмена в бане свыше  $3\text{--}10$  раз в час, что при слабой печи обуславливает полное выхолаживание бани. Кирпичные кладки в пустовку, дощатые стены в шпунт, плотные минералватные плиты с сопротивлением воздухопроницанию на уровне  $2 \text{ м}^2 \text{ час Па/кг}$  способны защитить от потоков ветра  $1 \text{ м/сек}$  (в смысле предотвращения избыточной кратности воздухообмена в бане), но оказываются недостаточно герметичными для порывов ветра  $10 \text{ м/сек}$ . А вот строительные конструкции с сопротивлением воздухопроницанию  $20 \text{ м}^2 \text{ час Па/кг}$  и более

уже вполне приемлемы для бань и с точки зрения воздухообмена, и с точки зрения конвективных теплопотерь, но тем не менее не гарантируют малости конвективного переноса водяных паров и увлажнения стен.

В связи с этим возникает необходимость сочетания материалов с разной степенью воздухопроницаемости. Суммарное сопротивление воздухопроницанию многослойной конструкции подсчитывается очень легко: суммированием сопротивлений воздухопроницанию всех слоев  $R = \sum R_i$ . Действительно, если массовый поток воздуха через все слои один и тот же  $G = \Delta p_i / R_i$ , то сумма перепадов давления на каждом слое равна перепаду давления на всей многослойной конструкции в целом  $\Delta p = \sum p_i = \sum G R_i = G \sum R_i = G R$ . Именно поэтому понятие «сопротивление» очень удобно для анализа последовательных (в пространстве и во времени) явлений, не только в части воздухопроницаемости, но и теплопередачи и даже электропередачи в электрических сетях. Так, например, если легкопродуваемую прослойку стружек насыпать на строительный картон, то суммарное сопротивление воздухопроницанию такой конструкции  $64 \text{ м}^2 \text{ час Па/кг}$  будет определяться исключительно сопротивлением воздухопроницанию строительного картона.

В то же время ясно, что если картон будет иметь щели в местах нахлеста или разрывы (проткнутые отверстия), то сопротивление воздухопроницанию резко уменьшится. Этот способ монтажа соответствует иному предельному способу взаимной укладки воздухопроницаемых слоев – уже не последовательному, а параллельному (рис. 19). В этом случае более удобными для расчетов являются коэффициенты воздухопроницаемости ( $1/R_B$ ). Так, воздухопроницаемость стены будет равна  $G = S_0 G_0 + S_2 G_2 + S_{12} G_{12}$ , где  $S_i$  – относительные площади зон с разными воздухопроницаемостями, то есть  $G = \{[S_0/R_0] + [S_2/R_2] + [S_{12}/(R_1+R_2)]\} \Delta p$ . Видно, что если сопротивление воздухопроницанию  $R_0$  сквозного отверстия очень мало (близко к нулю), то суммарный поток воздуха будет очень велик даже при тщательной ветрозащите других участков, то при очень больших  $R_2$ ,  $S_2$  и  $S_{12}$ . Однако воздух в сквозном отверстии движет-

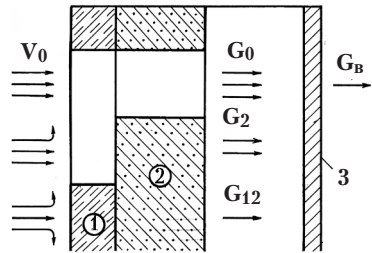


Рис. 19. Сочетание ветрозащитного и теплоизоляционного материалов со сквозными отверстиями (продухами, окнами). 1 – ветрозащитный материал, 2 – теплозащитный материал,  $V_0$  – набегающий поток воздуха, «свободно» проходящий через сквозное отверстие, но замедленно фильтрующийся через зоны, прикрытые теплозащитным материалом  $G_2$  или одновременно ветрозащитным и теплозащитным материалами  $G_{12}$ . Величина реального воздушного потока  $G_B$  определяется также воздухопроницаемостью стены 3.



ся вовсе не «свободно» (то есть не с бесконечно большой скоростью) из-за наличия гидродинамического и вязкостного сопротивлений отверстия, а также (что бывает чрезвычайно существенно) из-за конечной скорости фильтрации через противоположную стену 3. Чтобы образовать сильную струю через открытое приточное отверстие (сквозняк), необходимо сделать вытяжное отверстие и в противоположной стене.

В заключение отметим, что обычные деревянные бревенчатые стены бань, конопаченные мхом, имеют сопротивление воздухопроницанию на уровне  $(1-10) \text{ м}^2 \text{ час Па/кг}$ , причём воздух в основном просачивается через швы конопатки, а не через древесину. Воздухопроницаемость таких стен при перепаде давления  $\Delta p_{\text{в}} = 10 \text{ Па}$  составляет  $(1-10) \text{ кг/м}^2 \text{ час}$ , а при порывах ветра  $10 \text{ м/сек}$  ( $\Delta p_{\text{в}} = 100 \text{ Па}$ ) – до  $(10-100) \text{ кг/м}^2 \text{ час}$ . Это может превысить необходимый уровень вентиляции бань даже по санитарно-гигиеническим требованиям, соответствующим нахождению в бане большого количества людей. Во всяком случае такие стены имеют воздухопроницаемость, намного превышающую современный допустимый уровень по теплозащите СНиП 23-02-2003. Тщательная конопатка паклей (лучше с последующей пропиткой олифой), а также заделка швов современными эластичными силиконовыми герметиками может снизить воздухопроницаемость на порядок (в 10 раз). Значительно более эффективная ветрозащита стен может быть достигнута обивкой картоном (под вагонкой) или оштукатуриванием. Необходимый уровень воздухопроницаемости стен паровых бань в первую очередь определяется требованием осушения стен за счет консервирующей вентиляции (см. раздел 4).

Реальные окна и двери также могут внести значительный вклад в баланс воздухообмена. Ориентировочные величины воздухопроницаемости закрытых окон и дверей приведены в таблице 3.

Таблица 3

Нормируемая воздухопроницаемость ограждающих конструкций заводского изготовления по СНиП 23-02-2003

Ограждающие конструкции	Воздухопроницаемость кг/м <sup>2</sup> час, не более
Наружные стены и перекрытия в жилых, общественных, административных и бытовых помещениях	0,5
Входные двери в квартиры	1,5
Входные двери в жилые, общественные и бытовые здания	7,0
Окна и балконные двери жилых, общественных и бытовых зданий и помещений:	
– в деревянных переплетах	6,0
– в пластмассовых или алюминиевых переплетах	5,0

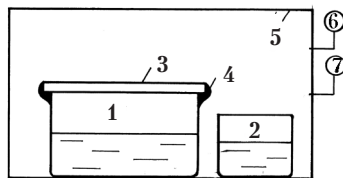
### 3.5. Паропроницаемость материалов

Паропроницаемостью по СП 23-101-2000 называется свойство материала пропускать влагу воздуха под действием перепада (разницы) парциальных давлений водяного пара в воздухе на внутренней и наружной поверхности слоя материала. Давления воздуха с обеих сторон слоя материала при этом одинаковые. Плотность стационарного потока водяного пара  $G_{\text{п}}$  (мг/м<sup>2</sup> час), проходящего в изотермических условиях через слой материала толщиной  $\delta$ (м) в направлении уменьшения абсолютной влажности воздуха равна  $G_{\text{п}} = \mu \Delta p_{\text{п}} / \delta$ , где  $\mu$  (мг/м час Па) – коэффициент паропроницаемости,  $\Delta p_{\text{п}}$  (Па) – разность парциальных давлений водяного пара в воздухе у противоположных поверхностей слоя материала. Величина, обратная  $\mu$ , называется сопротивлением паропроницанию  $R_{\text{п}} = \delta / \mu$  и относится не к материалу, а слою материала толщиной  $\delta$ . В отличие от воздухопроницаемости, термин «паропроницаемость» – это абстрактное свойство, а не конкретная величина потока водяного пара, что является терминологическим недочётом СП 23-101-2000. Правильней было бы называть паропроницаемостью величину плотности стационарного потока водяного пара  $G_{\text{п}}$  через слой материала.

Если при наличии перепадов давления воздуха пространственный перенос водяных паров осуществляется массовыми движениями всего воздуха целиком вместе с парами воды (ветром) и оценивается с помощью понятия воздухопроницания, то при отсутствии перепадов давления воздуха массовых перемещений воздуха нет, и пространственный перенос водяных паров происходит путем хаотического движения молекул воды в неподвижном воздухе в сквозных каналах в пористом материале, то есть не конвективно, а диффузионно. Воздух представляет собой смесь молекул азота, кислорода, углекислого газа, аргона, воды и других компонентов с примерно одинаковыми средними скоростями, равными скорости звука. Поэтому все молекулы воздуха диффундируют (хаотически перемещаются из одной зоны газа в другую, непрерывно соударяясь с другими молекулами) примерно с одинаковыми скоростями. Так что скорость перемещения молекул воды сопоставима со скоростью перемещения молекул и азота, и кислорода. Вследствие этого европейский стандарт EN12086 использует вместо понятия коэффициента паропроницаемости  $\mu$  более точный термин коэффициента диффузии (который численно равен  $1,39\mu$ ) или коэффициента сопротивления диффузии  $0,72/\mu$ .

Сущность понятия паропроницаемости поясняет метод определения численных значений коэффициента паропроницаемости ГОСТ 25898-83. Стеклоянную чашку с дистиллированной водой герметично накрывают испытуемым листовым материалом, взвешивают и устанавли-

Рис. 20. Принцип измерения паропроницаемости строительных материалов. 1 – стеклянная чашка с дистиллированной водой, 2 – стеклянная чашка с осушающим составом (концентрированным раствором азотнокислого магния), 3 – изучаемый материал, 4 – герметик (пластилин или смель парафина с канифолью), 5 – герметичный термостатированный шкаф, 6 – термометр, 7 – гигрометр.



вают в герметичный шкаф, расположенный в термостатированном помещении (рис. 20). В шкаф закладывают осушитель воздуха (концентрированный раствор азотнокислого магния, обеспечивающий относительную влажность воздуха 54%) и приборы для контроля температуры и относительной влажности воздуха (желательны ведущие непрерывную запись термограф и гигрограф). После недельной выдержки чашку с водой взвешивают, и по количеству испарившейся (прошедшей через испытуемый материал) воды рассчитывают коэффициент паропроницаемости. При расчетах учитывается, что паропроницаемость самого воздуха (между поверхностью воды и образцом) равна  $1 \text{ мг/м час Па}$ . Парциальные давления водяных паров принимают равными  $p_{\text{п}} = \varphi p_0$ , где  $p_0$  – давление насыщенного пара при заданной температуре,  $\varphi$  – относительная влажность воздуха, равная единице (100%) внутри чашки над водой и 0,54 (54%) в шкафу над материалом.

Данные по паропроницаемости приведены в таблицах 4 и 5. Напомним, что парциальное давление паров воды является отношением числа молекул воды в воздухе к общему числу молекул (азота, кислорода, углекислого газа, воды и т. п.) в воздухе, т. е. относительным счётным количеством молекул воды в воздухе. Приведённые значения коэффициента теплоусвоения (при периоде 24 часа) материала в конструкции вычислены по формуле  $s=0,27(\lambda\rho_0C_0)^{0,5}$ , где  $\lambda$ ,  $\rho_0$  и  $C_0$  – табличные значения коэффициента теплопроводности, плотности и удельной теплоёмкости.

Таблица 5

Сопrotивление паропроницанию листовых материалов и тонких слоев пароизоляции (приложение 11 к СНиП II-3-79\*)

Материал	Толщина слоя, мм	Сопrotивление паропроницанию, $\text{м}^2 \text{ час Па/мг}$
Картон обыкновенный	1,3	0,016
Листы асбестоцементные	6	0,3
Листы гипсовые обшивочные (сухая штукатурка)	10	0,12

Листы древесно-волоконистые жесткие	10	0,11
Листы древесно-волоконистые мягкие	12,5	0,05
Пергамин кровельный	0,4	0,33
Рубероид	1,5	1,1
Толь кровельный	1,9	0,4
Полиэтиленовая пленка	0,16	7,3
Фанера клееная трехслойная	3	0,15
Окраска горячим битумом за один раз	2	0,3
Окраска горячим битумом за два раза	4	0,48
Окраска масляная за два раза с предварительной шпатлевкой и грунтовкой	–	0,64
Окраска эмалевой краской	–	0,48
Покрытие изольной мастикой за один раз	2	0,60
Покрытие бутумно-кукерсольной мастикой за один раз	1	0,64
Покрытие бутумно-кукерсольной мастикой за два раза	2	1,1

Пересчёт давлений из атмосфер (атм) в паскали (Па) и килопаскали (1кПа = 1000 Па) ведётся с учётом соотношения 1 атм = 100 000 Па. В банной практике значительно более удобно характеризовать содержание водяного пара в воздухе понятием абсолютной влажности воздуха (равной массе влаги в 1 м<sup>3</sup> воздуха), поскольку оно наглядно показывает, сколько воды надо поддать в каменку (или испарить в парогенераторе). Абсолютная влажность воздуха равна произведению значений относительной влажности и плотности насыщенного пара:

Температура °С	0	20	30	40	50	60	70	80	90	100
Плотность насыщенного пара $\rho_0$ , кг/м <sup>3</sup>	0,005	0,017	0,03	0,05	0,08	0,13	0,20	0,29	0,41	0,58
Давление насыщенного пара $p_0$ , атм	0,006	0,023	0,042	0,073	0,12	0,20	0,31	0,47	0,69	1,00
Давление насыщенного пара $p_0$ , кПа	0,6	2,3	4,2	7,3	12	20	31	47	69	100

Поскольку характерный уровень абсолютной влажности воздуха в банях  $0,05 \text{ кг/м}^3$  соответствует парциальному давлению водяных паров  $7300 \text{ Па}$ , а характерные значения парциальных давлений водяных паров в атмосфере (на улице) составляют при 50%-ной относительной влажности воздуха  $1200 \text{ Па}$  летом ( $20^\circ\text{C}$ ) и  $130 \text{ Па}$  зимой ( $-10^\circ\text{C}$ ), то характерные перепады парциальных давлений водяных паров на стенах бань достигают значений  $6000\text{--}7000 \text{ Па}$ . Отсюда следует, что типичные уровни потоков водяных паров через брусовые стены бань толщиной  $10 \text{ см}$  составляют в условиях полного штиля ( $3\text{--}4$ )  $\text{г/м}^2\text{час}$ , а в расчёте на  $20 \text{ м}^2$  стен – ( $60\text{--}80$ )  $\text{г/час}$ . Это не столь уж и много, если учесть, что в бане объёмом  $10 \text{ м}^3$  содержится около  $500 \text{ г}$  водяных паров. Во всяком случае при воздухопроницаемости стен во время сильных ( $10 \text{ м/сек}$ ) порывов ветра ( $1\div 10$ )  $\text{кг/м}^2 \text{ час}$  перенос водяных паров ветром через брусовые стены может достигать ( $50\text{--}500$ )  $\text{г/м}^2 \text{ час}$ . Всё это означает, что паропроницаемость брусовых стен и потолков бань не снижает существенно влажность древесины, намоченной горячей росой при поддачах, так что потолок в паровой бане и в самом деле может намочать и работать как парогенератор, преимущественно увлажняющий только воздух в бане, но лишь при тщательной защите потолка от порывов ветра.

Если же баня холодная, то перепады давлений водяных паров на стенах бани не могут превышать летом  $1000 \text{ Па}$  (при 100%-ной влажности внутри стены и 60%-ной влажности воздуха на улице при  $20^\circ\text{C}$ ). Поэтому характерная скорость высушивания брусовых стен летом за счёт паропроницания находится на уровне  $0,5 \text{ г/м}^2 \text{ час}$ , а за счёт воздухопроницаемости при легком ветре  $1 \text{ м/сек}$  – ( $0,2\text{--}2$ )  $\text{г/м}^2 \text{ час}$  и при порывах ветра  $10 \text{ м/сек}$  – ( $20\text{--}200$ )  $\text{г/м}^2 \text{ час}$  (хотя внутри стен движения масс воздуха происходят со скоростями менее  $1 \text{ мм/сек}$ ). Ясно, что процессы паропроницания становятся существенными в балансе влаги лишь при хорошей ветрозащите стен здания. Таким образом, для быстрых просушиваний стен здания (например, после аварийных протечек кровли) лучше предусматривать внутри стен продухи (каналы вентилируемого фасада). Так, если в закрытой бане намочить внутреннюю поверхность брусовой стены водой в количестве  $1 \text{ кг/м}^2$ , то такая стена, пропуская через себя водяные пары наружу, просохнет на ветру за несколько суток, но если брусовая стена оштукатурена снаружи (то есть ветроизолирована), то она просохнет без протопки лишь за несколько месяцев. К счастью, древесина очень медленно пропитывается водой, поэтому капли воды на стене не успевают проникнуть глубоко в древесину, и столь долгие просушки стен не характерны. Но если венец сруба лежит в луже на цоколе или на мокрой (и даже влажной) земле неделями, то последующая просушка возможна только ветром через щели.

В быту (и даже в профессиональном строительстве) именно в области пароизоляции имеется наибольшее количество недоразумений, порой самых неожиданных. Так, например, часто считают, что горячий банный воздух якобы «сушит» холодный пол, а холодный промозглый воздух из подполья «впитывается» и якобы «увлажняет» пол, хотя все происходит как раз наоборот. Или, например, всерьёз полагают, что теплоизоляция (стекловата, керамзит и т. п.) «всасывает» влагу и тем самым «высушивает» стены, не задаваясь вопросом о дальнейшей судьбе этой якобы бесконечно «всасываемой» влаги. Подобные житейские соображения и образы опровергать в быту бесполезно, хотя бы потому, что в общенародной среде никто всерьёз (а тем более во время «банного трёпа») природой явления паропроницаемости не интересуется. Но если дачник, имея соответствующее техническое образование, на самом деле хочет разобраться, как и откуда проникают водяные пары в стены и как оттуда выходят, то ему придётся, прежде всего, оценить реальное содержание влаги в воздухе во всех зонах интереса (внутри и вне бани), причём объективно выраженное в массовых единицах или парциальном давлении, а затем, пользуясь приведёнными данными по воздухопроницаемости и паропроницаемости определить, как и куда перемещаются потоки водяного пара и могут ли они конденсироваться в тех или иных зонах с учётом реальных температур. С этими вопросами мы и будем знакомиться в следующих разделах. Подчеркнём при этом, что для ориентировочных оценок можно пользоваться следующими характерными величинами перепадов давления:

- перепады давлений воздуха (для оценки переноса паров воды вместе с массами воздуха – ветром) составляют от (1–10) Па (для одноэтажных бань или слабых ветров 1 м/сек), (10–100) Па (для многоэтажных зданий или умеренных ветров 10 м/сек), более 700 Па при ураганах;
- перепады парциальных давлений водяных паров в воздухе от 1000 Па (в жилых помещениях) до 10000 Па (в банях).

В заключение отметим, что в народе часто путают понятия гигроскопичности и паропроницаемости, хотя они имеют совершенно разный физический смысл. Гигроскопические («дышащие») стены впитывают водяные пары из воздуха, превращая пары воды в компактную воду в очень мелких капиллярах (порах), несмотря на то, что парциальное давление паров воды может быть ниже давления насыщенных паров. Паропроницаемые же стены просто пропускают через себя пары воды без конденсации, но если в какой-то части стены имеется холодная зона, в которой парциальное давление водяных паров становится выше давления насыщенных паров, то конденсация, конечно же, возможна точно также, как и на любой поверхности. При этом паропроницаемые гигро-

скопические стены увлажняются сильнее, чем паропроницаемые негигроскопические.

### 3.6. Гидроизолирующие и ветрозащитные материалы

Гидроизолирующие конструкции характерны для ванн и бассейнов, а для стен душей и бань необходимы в первую очередь дождебрызгозащитные конструкции. В то же время ясно, что дождебрызгозащитные материалы вплотную подходят к гидроизолирующим материалам и чаще всего представляют собой относительно мелкие штучные изделия из гидроизолирующих материалов для набора (монтажа) составной стены или кровли.

Как правило, под гидроизолирующими материалами понимают сплошные (монолитные, беспористые) твёрдые материалы, не имеющие внутри себя пустот, по которым компактная (жидкая) вода могла бы просачиваться насквозь. Такие сплошные материалы (металлические, каменные, стеклянные, битумные, пластмассовые) не пропускают через себя ни воду, ни пары воды, ни воздух. Поскольку по основному показателю назначения (по газопарогидропроницаемости, равной нулю) они абсолютно одинаковы, то их выбор может вестись лишь по вторичным показателям: эстетическим характеристикам, температурам эксплуатации, коэффициентам линейного расширения, механической прочности, долговечности, устойчивости к биоразрушениям, типоразмерам, стоимости и т. п. Именно это определяет необыкновенную широту многотысячной номенклатуры гидроизоляционных материалов и технологий.

Наибольший промышленный интерес в мире представляют методы эффективной влагозащиты подземных сооружений – фундаментов, трубопроводов и т. п. Поэтому подавляющее большинство гидроизолирующих материалов относится к области защиты конструкций от воздействия воды в грунтах (подземных вод). В банях же наибольший интерес вызывают водонепроницаемые материалы декоративной высокогигиенической квалификации для изготовления пола (поддона) и облицовки стен. При этом (так же, как и в случае современных душей и ванных комнат) наибольшей перспективностью обладают бесшовные полимерные материалы (в частности, акрилаты и поликарбонаты), а также фарфор и стекло (пеностекло). Широко распространенные шовные материалы (керамическая, фарфоровая, стеклянная глазурованные плитки и мозаика) очень долговечны и удобны в монтаже «по месту», но не соответствуют перспективным требованиям по гигиеничности. Действительно, ввиду загрязняемости швов давно уже не изготавливают из плитки квартирные унитазы, ванны и умывальники, и даже в душах предпочитают бесшовные

поддоны из эмалированного металла или пластика. Плитка преимущественно применяется только для стен, да и то находящихся вне контакта с водой, особенно загрязнённой. Для мытных помещений дачных бань большой интерес представляют рулонные (свариваемые или склеиваемые) толстопленочные материалы, например, поливинилхлоридные (типа линолеума), успешно использующиеся для декоративной гидроизоляции частных бассейнов (в том числе упрочненные полиэфирной тканью или противоскользкие). Могут оказаться полезными специальные стеклоэмалевые и лаковые покрытия (эпоксидные, полиуретановые, нейлоновые, полиэфирные и др.), легко наносимые в дачных условиях на сталь, алюминий, бетон. Напомним, однако, что пластмассы обладают очень высоким коэффициентом линейного термического расширения и зачастую недостаточной морозостойкостью (хрупкостью при низких температурах) и термостойкостью (см. табл. 6). Дачникам хорошо известно провисание полиэтиленовой плёнки на жаре (на солнце) и натягивание на морозе, что совместно с появлением свойств хрупкости ведёт к разрывам на ветру уже при минус 10°C. Полиэтиленовый поддон (или лист) при нагреве на 50°C может увеличиться в размерах на 8 см (!) на 1 метр длины и при жёсткой фиксации краёв неминуемо покоробится. Полипропиленовые и полиэтиленовые трубы и листы при сильном морозе при механической нагрузке трескаются как стекло.

В таблице 6 приведены ориентировочные температуры начала возможной необратимой деформации образцов полимеров (по Мартенсу), сильно зависящие от технологии производства пластмассы и условий эксплуатации. Так, листовой жёсткий поливинилхлорид начинает размягчаться (гнуться под нагрузкой) при 60°C, но тем не менее образец материала способен сохранить свою форму даже в кипящей воде при условии отсутствия заметных механических нагрузок. Полиэтилентерефталат (по-английски PET), из которого выдуваются пластиковые бутылки для воды и напитков, начинает размягчаться при 135°C, а плавиться при 250°C, но тем не менее пластиковая бутылка (тянутый PET) начинает «усаживаться» уже при температурах кипятка даже в отсутствии механических нагрузок. Подобное свойство называется «запоминанием формы». Если размягченный полимер растянуть и зафиксировать полученную форму охлаждением, то при последующих нагревах полимер стремится сжаться до прежнего размера. Поэтому лавсановая магнитофонная лента или лавсановая текстильная нить, растянутая при изготовлении (ориентированная), садится при нагреве. Точно также полиэтиленовая плёнка, растянутая в чуть размягченном состоянии, садится при последующем вторичном нагреве, называется термоусадочной и используется для плотной упаковки товаров.



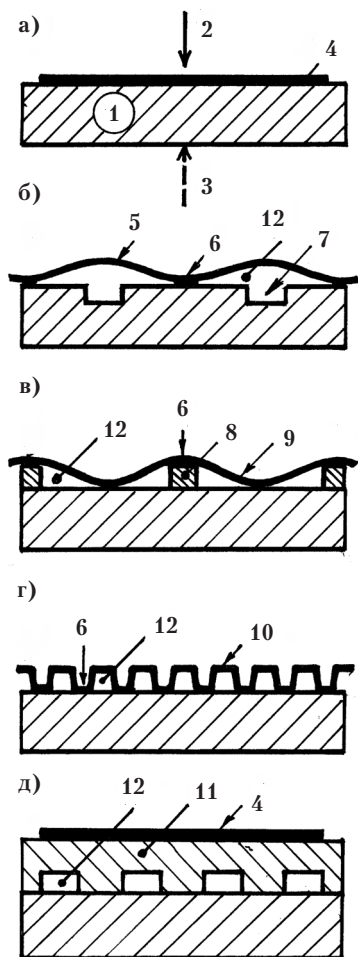


Рис. 21. Иллюстрация принципа вентилируемой гидроизоляции: а – невентилируемая конструкция, б– д – примеры вентилируемых конструкций. 1 – водопроницаемая конструкция, защищаемая от увлажнения (бетонный фундамент, деревянная обрешётка крыши, деревянный каркас бассейна или банного сливного поддона и т. п.), 2 – направление действия воды (столба компактной воды, плёночных потоков воды, дождя и брызг, грунтовых вод, влаги в намокаемых пористых каменных материалах и т. п.), 3 – направление распространения водяных паров (из подполья, подвала, из жилого помещения и т. п.), 4 – плотно прилегающий или сплошь приклеиваемый к защищаемой конструкции листовой (рулонный) гидроизоляционный материал (битумная мастика, рубероид, гидро-стеклоизол, полиэтиленовая и поливинилхлоридная плёнка и т. п.), 5 – гидроизоляционный материал перфорированный (для защиты от брызг) или обычный неперфорированный (для защиты от воды), 6 – места перфорации, заполняемые мастикой при укладке второго слоя изоляции, или места точечной приклейки обычного материала методом предварительного точечного нанесения мастики на защищаемую поверхность, 7 – пропилены, выемки, канавки на поверхности защищаемого материала (для гарантированного образования продухов 12), 8 – сетка, рейки, планки (рёбра жёсткости для образования каналов-продухов 12), 9 – усиленный рулонный гидроизоляционный материал, 10 – тисненый гидроизоляционный материал, сам образующий продухи (например, фундалин – жёсткий чёрный полиэтилен низкого давления толщиной 0,6 мм с высотой выпуклостей 0,8 мм), 11 – утеплитель (например, листовой с выемками 12), 12 – каналы-продухи для вентилирования (высушивания) защищаемого материала внешним атмосферным воздухом.

а) б) в) г)

В ряде областей сплошные (монолитные) гидроизоляционные материалы уже не могут в полной мере обеспечить некоторые специфические эксплуатационные требования. Так, например, использующиеся в фундаментостроении сплошные гидроизоляционные материалы (рубероид на битумной мастике, гидроизолы битумно-каучуковые, пластиковые плёнки, герметизирующие грунт составы), защищают от грунтовой воды (влаги) внешние стены фундамента. Однако при этом они создают гид-

робарьер для влаги и паров воды, распространяющихся из подполья наружу. В результате материал фундамента всё равно увлажняется, био-разрушается, а зимой растрескивается (крошится) под действием расширяющегося льда. Поэтому тыльную (примыкающую к фундаменту или к любому другому защищаемому элементу конструкции, например, к деревянной обрешётке крыши) сторону гидроматериала необходимо изготавливать в вентилируемом (продуваемом) исполнении (рис. 21). В частности, укладывая на верхнюю поверхность цоколя слой рубероида для предотвращения увлажнения нижнего венца деревянной бани, необходимо предусмотреть продухи между рубероидом и нижним венцом, чтобы увлажняемые (может быть и случайно) нижние венцы могли быстро просушиться и не загнивали бы. Этого можно добиться многими способами, в том числе доступными дачнику. Опытные плотники подкладывают на рубероид под нижние венцы бани (особенно с протекающими полами) обрезки полдвоймовых досок, а щели под венцом при необходимости заполняют воздухопроницаемой паклей. Продухи (например, в виде канавок-прорезей) желательно делать между протекающим дощатым полом и рубероидом на половых лагах (балках). Иными словами, речь идёт о комбинации гидроизолирующего материала с воздухопроницаемым, а также с теплоизолирующим для предотвращения замерзания влаги в защищаемой конструкции (Справочник «Теплый дом». М.: Стройинформ, 2000; Справочник «Бани, сауны, бассейны». М.: Стройинформ, 2001).

В связи с этим отметим, что гидроизолирующими материалами могут быть не только сплошные (монолитные) материалы, но и пустотосодержащие (рис. 22). Если пустоты внутри материала не соединяются друг с другом, то и весь материал в целом не может пропускать через себя ни воду, ни воздух, ни пары воды, не может впитывать и накапливать внутри себя воду. Если же пустоты соединяются друг с другом, то материал приобретает свойства газопарогидропроницаемости по сквозным каналам. Но если поверхность каналов не смачивается водой, а сами каналы узкие (имеют малые поперечные сечения), то компактная вода может войти в эти каналы только под действием очень высоких давлений. Такой несмачиваемый пористый материал, являющийся гидроизолирующим, но паропроницаемым, называется ветробрызгозащитным (ветродождезащитным). Плёнки такого материала обычно называемые за рубежом гидроизоляционными диффузионными мембранами (Ютафол, Свитапфол, Тайвек, Изоспан и др.), используются в качестве подкровельного материала для защиты теплоизоляции (крыш, стен, перекрытий чердака и верхнего этажа) от продува и увлажнений как за счёт протечек и задува брызг, так и от паров воды, проникающих изнутри помещения. Например, дач-

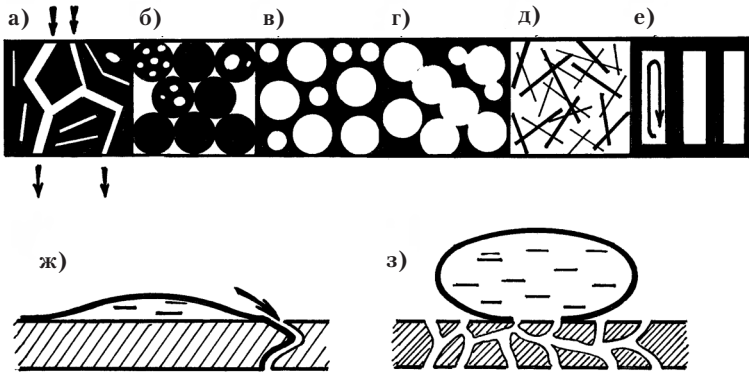


Рис. 22. Пустотосодержащие материалы: а – трещиноватые (горные породы, кирпич обожжённый и т. п.), показан ход движения воздуха и диффузии водяного пара по трещинам (капиллярам, порам, каналам и т. п.); б – гранулированные, состоящие из частиц (в том числе пористых), в виде свободных засыпок, трамбованных (штампованных, прессованных), склеенных, спечённых изделий, в том числе и с деформацией формы частиц (древесно-стружечные материалы, перлитобетон, пенополистирол ПСБ из гранул и т. п.); в – пены с закрытыми (с несообщающимися, разделёнными) пузырьками-порами (пеностекло, экструзионный пенополистирол и т. п.); г – пены с открытыми (соединёнными между собой, сообщающимися) пузырьками-порами (губки типа поролона и т. п.); д – волокнистые – древесина, древесно-волокнистые плиты, бумага, вата хлопчатобумажная, ваты минеральные (стекловата, шлаковата, базальтовая вата), мох, пакля, мех, шерсть и т. п.); е – пустотелые блоки (стеклоблоки, оконные стеклопакеты, кирпич многощелевой и т. п.); ж – смачиваемые материалы, на поверхности которых вода растекается и стремится проникнуть в поры («залезает в любую щель»); з – несмачиваемые материалы, на поверхности которых вода собирается в капли («отталкиваясь» от поверхности) и не может проникнуть в поры (кроме как под своим весом или внешним давлением).

ник, застелив дощатый потолок бани алюминиевой фольгой и насыпав сверху по фольге слой стружки (с глиной или без глины), хотел бы предохранить слой стружки от возможных случайных (аварийных) протечек кровли. Поэтому дачник накрывает слой стружки рубероидом или полиэтиленовой плёнкой. Но дело в том, что рубероид и полиэтиленовая плёнка могут местами порваться и пропустить вниз воду (в том числе через нахлёсты), а алюминиевая фольга при разрывах может пропустить в стружки пар. При этом аварийно увлажнившаяся стружка под рубероидом или полиэтиленовой плёнкой не высохнет практически никогда. Дачник будет вынужден регулярно контролировать сухость стружки, а скорее всего он проявит традиционную халатность и останется в неведении. Это приведёт к гниванию стружки и потере теплозащитных

свойств. А вот если бы дачник накрыл стружку паропроницаемой плёнкой, то стружка после аварийного увлажнения рано или поздно высохла бы сама собой. Такая трёхслойная система, состоящая из утеплителя с пароизоляцией с одной стороны (внутренней) и с паропроницаемой ветроодеждаизоляцией с другой (внешней) называется «Сэндвичем» и широко используется в современном строительстве (см. раздел 3.12).

Простейшим и наиболее распространённым ветроодеждазащитным, (но немного паропроницаемым) материалом до сих пор остаётся пергамин – строительный картон, слегка пропитанный раствором битума так, чтобы сплошной слой битума на поверхности картона не создавался, и в картоне сохранились бы сквозные паропроницаемые каналы (точно такие, как в промасленной бумаге). Метод водоотталкивающей пропитки паропроницаемых материалов в настоящее время применяется очень широко, в том числе и с применением лакокрасочных материалов.

### 3.7. Лакокрасочные покрытия и пропитки

Всевозможные пропитки и окраски каменных и деревянных изделий являются, как правило, многофункциональными. Так, пропитки шпал каменноугольными и сланцевыми маслами, фенольными продуктами сухой перегонки древесины (креозотом) обеспечивают и антисептирование, и водонепроницаемость. Обработка древесины многими солями-кристаллогидратами обеспечивает антисептирование, огнезащиту, а порой и декоративную отделку (морение). Ну и во всяком случае любой дачник предполагает, что окраска древесины лакокрасочным составом должна придать изделиям водопарозащитные свойства и красивый внешний вид одновременно.

Между тем, уже десятки лет широко известно мнение специалистов о том, что защитные свойства краски любого типа (масляной, алкидной, меламиновой, нитроцеллюлозной и др.) невелики, а основную роль в предотвращении ржавления стали и гниения древесины играют препараты для подготовки поверхности под окраску (грунтовки, праймеры, пропитки). Однако при этом никто не сомневается в том, что слой краски все же является гидропарогазобарьером. Речь идёт о том, что этот гидропарогазобарьер является недостаточным для подавления коррозии и гниения, но, конечно же, вполне достаточен для предотвращения чрезмерного увлажнения деревянных изделий.

Так, например, скорость диффузии воды через плёнку толщиной 0,1 мм, изготовленную из глифталевого (алкидного) лака, составляет 0,828 г/см<sup>2</sup> год, из фенолформальдегидного лака – 0,718 г/см<sup>2</sup> год, из масляной краски на натуральной льняной олифе – 1,125 г/см<sup>2</sup> год.

Скорость же связывания воды при коррозии (ржавлении) неокрашенной стали при температурах (10–20)°С равна 0,008–0,023 г/см<sup>2</sup> год, а бактериальное гниение древесины требует кислорода 0,01 г/см<sup>2</sup> год.

В банях наибольший интерес представляет водозащита лицевых поверхностей древесины на полах и стенах мытного отделения. Само собой разумеется, защита от увлажнения защищает древесину в первую очередь от гниения даже в том случае, если пропитывающий состав вовсе не содержит антисептических добавок.

### *3.7.1. Принцип защитной пропитки*

Если поверхность древесины покрыть сплошной толстой полимерной лакокрасочной плёнкой, то любой дефект плёнки (трещина, каверна, непрокрас и др.) даст возможность влаге проникнуть вглубь древесины. Но выйти из древесины эта влага сможет только в виде паров лишь через тыльные неокрашенные поверхности древесины, а через лицевую сторону выйти в виде паров она сможет лишь с большим трудом, ввиду малых размеров дефектов в паронепроницаемой лакокрасочной плёнке. Поэтому более удачным вариантом было бы создать вместо гидропарогазонепроницаемой плёнки на поверхности материала водоотталкивающую плёнку на поверхности устьев пор древесины так, чтобы компактная вода не могла бы войти в несмачиваемые поры, но водяные пары могли бы беспрепятственно покидать материал. Ещё лучше было бы провести водоотталкивающую обработку всех пор без исключения (даже самых мелких) насквозь на всю глубину древесины так, чтобы древесина потеряла бы не только способность впитывать воду, но и способность гигроскопически впитывать пары воды из воздуха. Иными словами, лакокрасочный состав должен обладать высокой проникающей способностью.

Такое техническое требование характерно для пропитывающих составов, но не для лакокрасочных материалов. Действительно, чрезмерное впитывание краски и олифы всегда считалось отрицательным фактором, поскольку повышало расход лакокрасочного материала и стоимость окраски. Лет пятьдесят-сто назад в индивидуальном строительстве мастера учили прогрунтовывать древесину и штукатурку олифой (причём желательно с небольшим количеством пигмента) «по чуть-чуть», лишь бы «приклеить» всю пыль на поверхности и «забить» устья пор материала, чтобы потом краска не впитывалась вглубь «попусту». Это было не удивительно ввиду дефицитности масляных красок и даже олифы. Потом мастера стали предпочитать грунтовку горячей олифой, обладающей пониженной вязкостью и способной глубже проникнуть внутрь пористо-

го материала (хотя бы на десятую долю миллиметра). Сейчас же мастер, грунтуя «для себя», поуже разбавит олифу уайтспиритом (или керосином, в том числе авиационным керосином – реактивным топливом, соляровым маслом-дизельным топливом или другими летучими растворителями), «как следует» в несколько заходов обработает этим раствором предварительно просушенную камерным способом древесину и даст ей пропитаться, на сутки укрыв древесину полиэтиленовой плёнкой. Целью такой пропитывающей обработки является растекание раствора олифы тонким слоем по стенкам пор для придания им свойств гидрофобности после испарения растворителя.

Ясно, что подобная «пропитка» не имеет ничего общего с истинной пропиткой (намачиванием) древесины с заполнением всех пор жидкостью, как это имеет место, например, при автоклавной пропитке шпал креозотом под давлением. Действительно, если заполнить все каналы раствором олифы в уайтспирите, то при последующей сушке уайтспирит будет испаряться лишь на внешних поверхностях материала. Это приведёт к появлению потока раствора олифы по каналам изнутри наружу (как это имеет место при транспирации воды растениями или при «высаливании» мокрой кирпичной кладки). При этом олифа, выходя наружу, будет накапливаться на поверхности материала, окисляться («сохнуть», то есть полимеризоваться), давая на поверхности сплошной внешний слой, непроницаемый для уайтспирита и его паров. Это неминуемо приведёт к тому, что образовавшийся на поверхности материала лаковый слой будет отторгаться (трескаться) под действием оставшегося внутри материала уайтспирита, а полимеризация олифы в глубине пор будет затруднена отсутствием кислорода, который может войти в поры материала лишь по трещинам внешнего лакового слоя.

Если же нанести раствор олифы в уайтспирите в ограниченном количестве только на поверхность материала, то раствор, постепенно проникая внутрь, будет растекаться по стенкам пор тонким слоем. Сами поры останутся открытыми, по ним беспрепятственно могут диффузионно входить молекулы кислорода и выходить пары уайтспирита. Просочившаяся внутрь пор совместно с уайтспиритом олифа выйти на поверхность материала не сможет. В результате олифа будет нанесена тонким слоем по внутренним поверхностям и впоследствии окислится с образованием гидрофобной плёнки на стенках каналов. Такие растекающиеся по стенкам каналов составы не очень технологичны, поскольку требуют увеличенного времени сушки и большого количества растворителя (раздел 3.7.2). Поэтому более перспективными для этих целей представляются составы на основе хорошо растекающихся и малотоксичных водных эмульсий полимеров, в первую очередь акрилатных (3.7.3).

### 3.7.2. Лаковые пропитывающие составы

Характерной чертой современного индивидуального строительства деревянных и каменных домов является всё более широкое вытеснение обычных лакокрасочных материалов лаковыми водоотталкивающими пропитывающими составами вышеописанного типа. Под лаками будем расширенно понимать растворы смол (а также битумов и олиф) в летучем растворителе, причём эти лаки базируются на тех же химкомпонентах, что и обычные лакокрасочные материалы. Тем не менее, такие пропитывающие лаковые составы не могут испытываться существующими стандартными методами лакокрасочной промышленности хотя бы потому, что при пропитке самого лакокрасочного слоя (плёнки, покрытия) на поверхности защищаемого изделия просто не образуется. Вместо относительного толстого 0,1–1 мм высохшего лакокрасочного слоя на поверхности изделия (который собственно и испытывается методами существующих ГОСТов на прочность, изгиб, стойкость, долговечность и т. п.) при пропитке образуется недоступный испытаниям тонкий лаковый слой на поверхности пор внутри материала. Поэтому лаковые пропитывающие составы пока тестируются по ГОСТ 30495-97 «Средства защитные для древесины. Технические условия» точно так же, например, как пропитка раствором купороса, при этом обязательная сертификация не предусмотрена. Нет и общепринятого названия пропиток: разные производители именуют их как защитно-декоративные составы, покрытия с высокой проникающей способностью, лаковые, латексные и акриловые пропитки, антисептики на синтетических смолах, тонирующие препараты, деревозащитные текстурные средства и т. п. Все фирмы гарантируют абсолютную непроницаемость обработанной древесины для воды, но заявляют и регулируемость влажности древесины внутри в соответствии с кривой гигроскопичности, то есть гарантируют паропроницаемость пропитки. Все эти средства часто содержат так называемые биоцидные («убивающие живое») или фунгицидные («убивающие грибы») или антисептические («противогнилостные») добавки (что по сути дела одно и то же), состав которых, как правило к сожалению не приводится. Именно из-за наличия антисептиков дачник должен быть очень осторожен при использовании покупных пропитывающих защитно-декоративных составов внутри бань. По европейским стандартам на продуктах, содержащих антисептики, обязательно должна присутствовать надпись «Для наружных работ». Так, общеизвестный финский «Пинотекс», появившийся в СССР в 80-е годы в розничной продаже как пропитка древесины в банях (!), у себя на родине запрещен для применения в жилых помещениях, несмотря на то, что в производстве «Пинотекса» были исключены ароматиче-

ские растворители, обуславливающие пахучесть рецептур и их вредность для органов дыхания в момент окраски и сушки. Напомним в связи с этим, что так называемый уайтспирит (именуемый по официальной классификации нефтяным растворителем для лакокрасочной промышленности Нефрас С4-155/200 или бензин-растворителем по ГОСТ 3134-78) содержит 16% ароматических углеводородов. Вместо уайтспирита за рубежом всё шире используется так называемый слабопахнущий «уайтспирит», содержащий всего 0,5% ароматических углеводородов, хотя уайтспирит как раз и был разработан как керосин с высоким содержанием ароматики (недопустимой в рецептурах осветительного керосина, реактивных и дизельных топлив по причине замерзания ароматических веществ в составе керосинов уже при температурах минус 10°C). Ароматика (бензол, толуол, ксилол и т. п.) очень хорошо растворяет многие смолы.

В России же антисептики и уайтспирит пока ещё разрешены в средствах для внутренней отделки (Акватекс, Сотекс, Поли-р-текс, Пигментекс, Биотомекс и др.). Поэтому если вы вынуждены применить покупные антисептические лаковые пропитки в банях (например, при наличии протекающих полов), то желательно поверх пропитки нанести обычное лаковое или лакокрасочное сплошное покрытие, защищающее человека от контакта с антисептиком.

Конечно же, гидроизоляционные (в смысле защиты от дождя и брызг), то есть брызгозащитные лакокрасочные покрытия (обычные поверхностные или внутриворончатые) вовсе не обязаны содержать антисептических добавок. Антисептическая обработка может быть проведена (при необходимости) индивидуально до водоотталкивающей лакокрасочной обработки. Такая методика защиты называется системной (когда сначала наносится антисептический и, может быть, огнезащитный составы, и только потом наносится влагозащитный состав), в отличие от комплексной методики (когда антисептическая, огнезащитная, влагозащитная и декоративная обработка ведётся одним смесевым составом).

В дачных условиях при постройке любительских бань антисептическая обработка должна вестись только системным методом с применением не очень опасных для здоровья человека растворов солей металлов. Бицидные же органические и элементоорганические (на основе меди, олова, ртути, фосфора, мышьяка) соединения, столь широко присутствующие в покупных антисептических пропитывающих препаратах для наружных работ, в банях должны быть исключены.

Влагозащитная пропитка ведётся составами, дающими не просто водонепроницаемые покрытия, а именно водоотталкивающие поверхности, несмачиваемые водой. Влагозащитные составы подразделяются на два



класса: лаковые на основе связующего органических растворителей и на водоэмульсионные (см. следующий раздел). Лаковые пропитки представляют собой истинные растворы олифы или синтетических смол.

Если связующее смешать с мелкодисперсными порошками (наполнителями – мелом, тальком и др.; пигментами, придающими цвет), получаем краску. Конечно же, в состав краски (так же как и в другие составы) входят многие добавки (для лучшего смачивания, растекаемости и т. п.), но они имеют второстепенное значение. Масляные краски используют в качестве связующего олифу. Масляные краски маркируются индексом МА с цифрами: первая указывает условия эксплуатации (1 – для наружных работ, 2 – для внутренних работ), вторая цифра указывает на тип олифы (например, 1 – натуральная, 5 – комбинированная). Так, краска МА-15 является масляной краской на комбинированной олифе для наружных работ. Если в краску ввести небольшое количество мелкого песка (чтобы снизить истираемость покрытия), то получаем краску для полов. Если в краске снизить количество наполнителя и пигмента, причём наполнитель и пигмент взять в очень мелком состоянии, то такую краску называю эмалью, поскольку она обладает повышенным блеском. Часто в эмали добавляют компоненты для твёрдости покрытия (канифоль, глифталевые и пентафталевые смолы). Если в олифу порошки не вводить, а добавить раствор канифоли в уайтспирите (бензине, керосине), то получим масляный лак, дающий прозрачное покрытие (канифоль вводится для твёрдости покрытия, поскольку слой высохшей олифы очень мягкий и не выдерживает абразивный износ). Если же олифу сделать легковпитывающейся (в древесину, штукатурку, кирпич и т. п.), то она становится пропитывающим составом. Этого можно добиться снижением вязкости (растворяя, например, в уайтспирите или нагревая), повышением смачиваемости (добавляя многочисленные поверхностно-активные растекатели – модификаторы типа лецитина, оксифоса, полиорганоксисиланов, маслорастворимых спиртов и т. п.) или снижением скорости высыхания. Так что если у дачника залежалась банка масляной краски с безнадежно осевшим на дно пигментом, то её можно с успехом использовать для изготовления пропитывающего состава. Для этого надо жидкую составляющую краски слить в другую посуду и разбавить уайтспиритом или иным подходящим растворителем.

Из многочисленных синтетических смол наибольший интерес представляют глифталевые и пентафталевые смолы. Они хорошо растворимы в уайтспирите и дают из растворов очень твёрдые, но крайне хрупкие покрытия (эмали). Поэтому в растворы этих смол добавляют высыхающие масла (олифы) и другие смолы для повышения эластичности и износостойкости покрытий. Полученные растворы называются алкидными

лаками. Так, алкидный лак ГФ95 по ГОСТ 8018-70 представляет собой алкидный раствор в органических растворителях глифталевой смолы, модифицированной высыхающим или смесью высыхающего с полувсыхающим растительным маслом, и канифолью с добавкой меламино-формальдегидной смолы. Напомним, что меламиновые смолы являются основой известной советской автомобильной «синтетики», пришедшей на замену в 70-х годах нитроэмалевым автокраскам. За рубежом уже давно перешли от меламиновых автокрасок к более совершенным акриловым покрытиям. В современных алкидных лаках для особо ответственных работ начинают широко использоваться добавки акриловых (для блеска и адгезии), уретановых (для устойчивости к износу), стироловых (для твёрдости) смол. Если в алкидный лак ввести пигменты и наполнители, то получают алкидные краски пентафталевые ПФ и глифталевые ГФ. Если же алкидный лак ещё сильнее разбавить уайт-спиритом и добавить растекающие и антисептические присадки, то получают алкидные защитно-декоративные пропитки (Пинотекс, Бетек, Вудтекс, Сотекс, Кофадекс и др.).

### *3.7.3. Водоэмульсионные пропитывающие составы*

Для бань наиболее перспективны водоэмульсионные водоотталкивающие пропитки, поскольку изготавливаются из водных эмульсий полимеров, вследствие чего экологичны и пожаробезопасны. При испарении воды частички полимера соприкасаются между собой, сливаются и при укрупнении размеров дают сплошную полимерную плёнку. Паропроницаемость покрытий из полимеров достигается лишь на пористых материалах при проникновении сильно разбавленных эмульсий внутрь каналов и растекании по стенкам каналов. Практический интерес представляют прежде всего эмульсии поливинилацетата (ПВА), бутадиенстирольного каучука и полиакриловой смолы, разбавляя которые водой (с добавкой стабилизирующих веществ) и вводя смачивающие и антисептические присадки, получают поливинилацетатные, латексные и акрилатные пропитывающие составы соответственно. Поэтому, закупив в химической фирме мелким оптом (от 30 кг) по весьма умеренной цене любую из указанных эмульсий (в виде полуфабриката), дачник может использовать её непосредственно для пропитки или доработать её, вводя дополнительно воду и, например, добавки спирта или любого водорастворимого поверхностно-активного вещества (ПАВ): шампуня, геля для душа или мытья посуды и т. п.

В иностранной рекламе все эмульсии полимеров часто называют латексами. В официальной химии латексами когда-то были названы и про-

должают называться лишь эмульсии натурального каучука. В России же латексами в строительной промышленности называют эмульсии бутадиен – стирольного каучука. Считается, что латексные (бутадиен-стирольные) рецептуры выше по качеству, чем рецептуры на основе ПВА, а акриловые рецептуры («фасадные») качественней латексных рецептур. Это касается не только пропитывающих составов, но и красок, шпатлёвок, герметиков, эмульсионных клеев. Однако бывает так, что высококачественная эмульсия лишь заявляется в рекламе на тот или иной состав, а реально из-за дороговизны вводится в столь незначительном количестве в эмульсию дешёвого полимера, что едва сказывается на качестве рецептуры. Кроме того, не следует забывать, что бутадиен-стирольные каучуки намного мягче акриловых смол (хотя имеют меньшую адгезию к глянцевым поверхностям), так что ни один специалист не сможет оценить качество рецептуры лишь по сведениям на её упаковке. Что касается пропиток для бань, то их следует выбирать только из акриловых предложений.

Напомним, что эмульсии полимеров используются и при производстве водоэмульсионных (вододисперсионных) красок, маркируемых индексом ВД. Самые первые водоразбавляемые (клеевые) краски изготавливались из казеина, а затем из карбоксиметилцеллюлозы КМЦ, хорошо известной в быту как основа обойного клея. Как и обойный клей, такие краски смывались водой. При постепенном добавлении в такие краски эмульсии поливинилацетата получаются сначала влагоустойчивые, а затем и водостойкие краски. Наиболее качественные краски получаются при введении пигментов и наполнителей непосредственно в эмульсию ПВА. Однако такие краски дороги и используются лишь в ответственных работах. Поэтому в целях экономии эмульсии ПВА сильно разбавляют, а для того, чтобы состав оставался густым (седиментационноустойчивым) и «держал» пигмент (не давая ему осесть на дно), в него вводят КМЦ или более современную высокомолекулярную водоразбужаемую метилцеллюлозу, которая является основой современных обойных клеев, например, марки «Келид» (Франция). Аналогично изготавливается клей ПВА из эмульсии ПВА с добавлением КМЦ или метилцеллюлозы (для удешевления), так что клей ПВА у ряда производителей содержит водостойчивый ПВА лишь в весьма ограниченных количествах. Для наружных работ вместо ПВА используют акриловую эмульсию.

При нанесении краски на пористые материалы, вода с частицами эмульсии устремляется в поры, а на поверхности остаются лишь пигменты и целлюлоза. Это приводит к низкой механической прочности красочного слоя. Поэтому перед покраской водоэмульсионными красками рекомендуется предварительно пропитывать пористую поверхность водоотталкивающими

составами (например, теми же эмульсиями полимеров) для того, чтобы «приклеить» пыль к поверхности и чтобы при последующей окраске эмульсия из краски не уходила вглубь пор и прочно скрепляла пигмент с окрашиваемой поверхностью. В связи с этим защитные водоотталкивающие составы называются иногда грунтовками.

В заключение отметим, что оценить качество краски или пропитывающего состава очень легко. Достаточно нанести состав тонким слоем (0,1–5 мм) на полиэтиленовую плёнку, после сушки отделить образовавшееся полимерное плёночное покрытие и оценить пальцами его механические свойства (прочность и гибкость). Затем нанести пропитывающий состав на дощечку, на кирпич или на плотную кипу газетной бумаги (например, на толщину журнала рекламы строительной продукции, предварительно вырвав мелованные страницы и обложки) и после впитывания оценить глубину проникновения состава вглубь материала и сопоставить её с результатами испытаний других препаратов, в том числе разбавленных маловязким растворителем.

### 3.8. Теплоизолирующие материалы

Ветроизоляция бани, не выпуская наружу горячий воздух, тем не менее не может предотвратить охлаждения помещения, поскольку стены обладают способностью отводить тепло за счёт так называемого кондуктивного теплопереноса. В отличие от конвективного теплопереноса, обусловленного переносом масс теплого воздуха, кондуктивный теплоперенос осуществляется за счёт встречных перемещений электронов (в металлах), атомов и молекул (в диэлектриках) в среде неподвижного материала (камня, древесины, пластмассы и т. п.). При этом в теплых зонах неподвижного материала молекулы более энергичны (имеют более высокие скорости перемещений или колебаний) и передают в процессах соударений свою повышенную энергию менее энергичным молекулам холодных зон.

Способность к кондуктивному теплопереносу называется теплопроводностью. Плотность теплового потока  $Q$  ( $\text{Вт}/\text{м}^2$ ), проходящего через слой материала толщиной  $\delta$  (м) при разности температур на его поверхностях  $\Delta T$  (град), равна  $Q = \lambda \Delta T / \delta$ , где  $\lambda$  ( $\text{Вт}/\text{м град}$ ) – коэффициент теплопроводности материала (см. табл. 4). Величина  $\delta / \lambda$ , обратная коэффициенту теплопроводности, называется приведённым сопротивлением теплопередаче ограждающей конструкции (термическим сопротивлением) и относится не к материалу, а слою материала толщиной  $\delta$ .

В последние годы отечественные требования к теплоизоляции зданий существенно ужесточились и приблизились к европейскому уровню. Так, в соответствии со СНиП 23-02-2003 «Тепловая защита зданий»

нормируемые значения сопротивления теплопередаче стен жилых зданий составляют  $2,1 \text{ м}^2 \text{ град/Вт}$  для южных районов страны (2 000 градусосуток отопительного сезона) и  $5,6 \text{ м}^2 \text{ град/Вт}$  для северных районов (12 000 градусосуток отопительного сезона). Это означает, что современные кирпичные здания на юге страны должны иметь толщину стен 1,5 м, а деревянные – 0,3 м. На севере страны кирпичные стены должны иметь толщину 3,9 м, а деревянные – 0,8 м. Это очень высокие цифры, они никогда не достигались в нашей стране, поскольку при использовании традиционных строительных материалов они не могли быть обеспечены, по крайней мере в массовом строительстве.

Современное жилищное строительство базируется на использовании специальных строительных материалов, обладающих низким коэффициентом теплопроводности (менее  $0,1 \text{ Вт/м град}$ ) и называемых эффективными утеплителями. Принцип утепления основан на том факте, что наименьшим коэффициентом теплопроводности  $0,024 \text{ Вт/м град}$  обладает неподвижный воздух, поскольку в нём содержится намного меньше молекул, чем в тяжелых твердых строительных материалах. Так, прослойка неподвижного воздуха толщиной 10 см эквивалентна слою монолитного мрамора толщиной 12 м (или кирпичной кладке толщиной 2,9 м, или древесине толщиной 0,6 м). Поэтому если в стене сделать слой неподвижного воздуха, то проблема теплоизоляции здания была бы решена.

Создание пустот в стенах и оконных блоках (щелевой кирпич, стеклопакеты и т. п.) издавна широко использовались в строительстве (рис. 22 е). Однако, если пустоты имеют большой размер, то вязкостные силы в них малы, и воздух в них конвективно движется практически без сопротивления, быстро передавая тепло от теплых стенок к холодным. Если же пустоты мелкие, то воздух в них практически неподвижен (см. рис. 15). Этот факт и используется в утеплителях-строительных материалах, состоящих внутри сплошь из мелких пор, разграниченных между собой очень тонкими стенками. Утеплители содержат множество узких каналов или пустот (открытых или закрытых, замкнутых), образованных волокнами (ворсинками), мелкими частицами, пластинками, пузырьками, которые благодаря высокому газодинамическому сопротивлению препятствуют перемещениям воздуха. Так, современные виды минеральной ваты (из стекла, шлака или легкоплавкого каменного минерала базальта), полученные методом выдавливания расплава через фильеры, имеют коэффициенты теплопроводности на уровне  $(0,45-0,60) \text{ Вт/м град}$ , а полученные методом раздува струи расплава –  $(0,30-0,45) \text{ Вт/м град}$ . Чем тоньше волокна, тем больше их число (поштучное) содержит утеплитель (при одной и той же плотности утеплителя), тем меньше движение воздуха в утеплителе. Однако снизить теплопроводность минеральной ваты до уровня теплопроводности

гипотетически неподвижного воздуха 0,024 Вт/м град невозможно, поскольку волокна из стекла или камня, имеющие высокую теплопроводность (0,8–2,2) Вт/м град, неминуемо играют роль «мостиков» передачи тепла. Аналогичная картина имеет место и в случае древесины, пенобетона, керамзита и других «теплых» пористых строительных материалов, которые тем «теплее», чем легче (чем больше имеют мелких пустот). Так, например, древесинное вещество (материал клеточных стенок) имеет плотность 1530 кг/м<sup>3</sup> (вне зависимости от породы дерева) и теплопроводность на уровне 3 Вт/м град. Однако ввиду пористости древесины теплопроводность поперёк волокон для сосны составляет 0,15 Вт/м град при плотности 400 кг/м<sup>3</sup>, а бальсы (самого лёгкого дерева) – 0,07 Вт/м град при плотности 150 кг/м<sup>3</sup>.

Неподвижные слои воздуха создаются также и мехом млекопитающих, оперением птиц, одеждой людей, которые также являются теплоизолирующими материалами. Теплоизолирующих материалов выпускается сейчас очень много, причём как из натуральных, так и синтетических веществ, из высококачественных продуктов и из отходов производства. Их анализ в этой книге невозможен (см. Справочник «Теплый дом», М.: Стройинформ, 2001, с. 330–391). Для удобства проектировщиков классификация теплоизолирующих материалов стандартизирована по ГОСТ 16381-77 «Материалы и изделия строительные теплоизолирующие. Классификация и общие технические требования»:

- |                              |   |
|------------------------------|---|
| I. По форме и внешнему виду  | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Штучные (плиты, блоки)</li> <li>2. Рулонные и шнуровые (маты, шнуры, жгуты)</li> <li>3. Рыхлые и сыпучие (вата, перлит, песок и др.)</li> </ol>   |
| II. По структуре             | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Волокнистые (вата)</li> <li>2. Зернистые (засыпка скрепленная)</li> <li>3. Ячеистые (пена)</li> </ol>   |
| III. По виду исходного сырья | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Неорганические</li> <li>2. Органические</li> </ol>  |
| IV. По средней плотности     | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Особо низкой плотности (ОНП) марки 15,25, 35, 50, 75 (г/м<sup>3</sup>)</li> <li>2. Низкой плотности (НП) марки 100, 125, 150, 175</li> <li>3. Средней плотности (СП) марки 200, 225, 250, 300, 350</li> <li>4. Плотные (ПЛ) марки 400, 450, 500, 600</li> </ol> |
| V. По жёсткости              | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Мягкие (М) – сжимаемость не менее 30% при удельной нагрузке 0,002 МПа</li> <li>2. Подужёсткие (П) – сжимаемость (6–30)% при удельной нагрузке 0,002 МПа</li> </ol>  |

3. Жёсткие (Ж) – сжимаемость до 6% при удельной нагрузке 0,002 МПа
  4. Повышенной жёсткости (ПЖ) – сжимаемость до 10% при удельной нагрузке 0,04 МПа
  5. Твёрдые (Т) – сжимаемость до 10% при удельной нагрузке 0,1 МПа
- VI. По теплопроводности
1. Класс А – низкая теплопроводность менее 0,06 Вт/м град
  2. Класс Б – средняя теплопроводность (0,06–0,115) Вт/м град
  3. Класс В – повышенная теплопроводность (0,115–0,175) Вт/м град
- VII. По возгоранию
1. Несгораемые
  2. Трудногораемые
  3. Сгораемые
  4. Трудновоспламеняющиеся (материалы из пластмасс)

Для дачников же зачастую оказываются более важными стоимостные параметры, возможность приобретения материала на месте (из-за сложности транспортировки утеплителей собственным транспортом) и, кроме того, термоустойчивость утеплителя и удобство его монтажа. Поэтому во многих случаях дачники изготавливают утеплитель на месте своими силами путем использования имеющегося гранулированного материала (макулатуры, торфа, щепы, стружки, опилок, керамзита, перлита, пенополистирола и др.) со стяжкой или со связующим (глиной, песчано-цементными смесями, гипсом, клеями и др.). Так, например, арболит (дробленая древесина на цементном связующем) весьма лёгок 800 кг/м<sup>3</sup>, низкотеплопроводен 0,17–0,20 Вт/м град и достаточно прочен, чтобы из него изготавливать даже плиты и блоки. При этом зачастую удобнее бывает изготавливать материал с не очень высокими теплоизоляционными свойствами, но зато прочный, влагоустойчивый, способный закладываться в любые пустоты (например, литъём) и плотно без щелей прилегать к элементам утепляемой конструкции.

### 3.9. Эффективные утеплители

Из современных теплоизоляционных материалов промышленного производства наибольший интерес для дачного банного строительства представляют лишь три группы эффективных утеплителей (с коэффициентом теплопроводности в сухом состоянии менее 0,1 Вт/м град и плотностью ниже 100 кг/м<sup>3</sup>):

- плиты и маты из минеральной ваты,
- плиты из вспененных полимеров (пенопластов), в первую очередь, из пенополистирола,
- толстые плёнки из вспененного полиэтилена.

### *3.9.1. Минеральные ваты*

Минеральные ваты (неорганические) подразделяются на стекловаты, шлаковаты и базальтовые (каменные) ваты. Все указанные ваты производятся методом расплавления исходного сырья (печью в горячем тигле или индукционными токами в холодном тигле) с последующим получением волокон пропусканием расплава либо через тонкие фильеры (толстые волокна), либо через вращающуюся или центробежную фильеру (волокна средней толщины), либо через «дутьё» – струю сжатого воздуха (тонкие волокна 10–20 мкм). Наиболее современным способом считается раздув струи расплава из центробежной фильеры (комбинированный метод ЦФД), дающий супертонкие волокна (1–10) мкм базальта и стекла соответственно. Полученные волокна покрываются смолой (при необходимости) и режутся на короткие кусочки – штапель (тоже при необходимости). Затем волокна укладываются слоем, снова смачиваются связующим веществом, например, в виде аэрозоля (при необходимости), подпрессовываются (например, между движущимися конвейерными лентами), термообработываются (что придаёт, в частности, стекловолокну приятный тёплый желтый цвет за счёт полимеризации связующего вещества), нарезаются на маты (длинные полотнища длиной до 18 м, шириной обычно 0,9–1,2 м) или плиты разного размера и отгружаются заказчику в рулонах, пачках или кипах на поддонах, зачастую в сжатом виде. Изготовленные таким образом маты и плиты имеют незначительную механическую прочность, очень мягкие, гибкие, не обладают упругостью, вследствие чего предназначены для набивки внутренних пустот и выстилания горизонтальных плоских поверхностей, но при больших толщинах (более 100 мм) могут быть закреплены на стенах (на кронштейнах – консольных стержнях или прижимах). Поэтому для придания матам и плитам свойств упругости разработаны многочисленные специальные технологии особой укладки волокон минваты, наклейки или пришивки на поверхность бумаги (картона), в том числе алюминизированной, холстов, сеток. Наиболее упругие и прочные на сжатие маты и плиты (так называемые жёсткие или прошивные) изготавливаются с применением армирующей стальной сетки (чёрной, нержавеющей, оцинкованной, кислотоустойчивой и любой иной по заказу) на одной поверхности и специального покрытия (алюминиевого,



сеточного, холстяного) на другой поверхности с поперечной прошивкой (стяжкой сетки с покрытием) стальной проволокой через всю толщину мата или плиты.

Подавляющее большинство дачников знакомо с двумя наиболее дешевыми типами минваты: с мягкими матами из стекловаты в рулонах (URSA, ISOVER) и с отечественными плитами из шлаковаты старого типа (в частности, из штапельного волокна по ГОСТ 10499-95) толщиной 5 см и размером 1,0 × 0,5 м в пачках. «Жёлтая» стекловата URSA в виде мягких матов марок М-11, М-15 и М-17 со средней плотностью 11–15 и 17 кг/м<sup>3</sup> соответственно (а также полужёстких плит П15 и П17) используется лишь в местах, где не подвергается нагрузке, например, для набивки полостей-пустот в стенах или расстилая на потолке или чёрном полу. Стекловолокно покрыто специальной эластичной синтетической лаковой плёнкой, препятствующей обламыванию волокон и их пылению. Низкая температура плавления стекла и низкая термостойкость синтетической лаковой плёнки приводит к тому, что рабочая температура стекловат не превышает 150–200°С. И хотя эти стекловаты широко используются для утепления вытяжных (дымоходных) труб бытовых газовых котлов (но не печей), следует учитывать возможность сильной тепловой усадки стекловаты и даже её расплавления.

Отечественные шлаковаты серого цвета более термоустойчивы, поскольку изготавливаются из шлакового щебня, подкисляемого базальтовыми породами. Однако отечественные шлаковаты не защищены противопыляющим покрытием и из-за сильного пыления стеклянной пылью не рекомендуются в банях, особенно на потолках. Некоторая жёсткость плит отечественной шлаковаты обусловлена введением органических связующих (клеев), скрепляющих между собой волокна, а так как в качестве связующего ещё порой используется даже крахмал, то о высокой водоустойчивости и термостойкости шлаковаты говорить не приходится.

В настоящее время отечественная промышленность ускоренно переориентируется на производство базальтовых волокон, изготавливаемых из легкоплавкого вулканического камня базальта, в расплав которого для технологичности добавляют легкоплавкие плавни, в том числе и шлаки. Так уже стали привычными небольшие плиты из базальтовой ваты Rockwool отечественного производства с удобным размером 1,0 × 0,6 м и толщинами 25, 30, 50, 75 и 100 мм. При этом в процессе производства важно получить не просто базальтовое волокно, а волокно непременно супертонкое, поскольку только супертонкое (диаметром менее 10 мкм, в 10 раз тоньше человеческого волоса) способно легко гнуться, не ломается (а, значит, и не пылит) и, кроме того, может скрепляться без связующего с другими волокнами за счёт сил естественного сцепления (адге-

зии). Поэтому супертонкие минеральные ваты, лишенные органических покрытий и связующих, обладают повышенной термостойкостью: стекловаты до 400 °С, а базальтовые ваты – до (700–900)°С. Такие термостойкие минеральные ваты могут использоваться для утепления металлических дымоходов печей. Так, широкоизвестная базальтовая вата Ragoc (в плитах и матах) имеет рабочие температуры (700–900) °С при температуре спекания волокон более 1000 °С. В то же время, если эти базальтовые маты армируются стекловолноконистой сеткой, то максимальная рабочая температура снижается до температуры плавления стекла 250 °С, а если сетка крепится к мату легкоплавким полиэтиленом, то даже до температуры 80 °С. Например, минеральная вата Rockwool изготовлена из базальта и имеет температуру плавления волокон более 1000°С. Однако, рабочие температуры плит из этой минваты составляют не более 250 °С только из-за того, что волокна ваты склеены в изделия нетермостойким полимерным связующим составом. Зато Rockwool обладает за счёт связующего водоотталкивающими свойствами, позволяющими эксплуатировать материал на открытом воздухе в условиях возможных сильных воздействий дождя, например, при теплозащите тепло-трасс на эстакадах.

В настоящее время выпускаются и особо термостойкие ваты - каолиновая с рабочей температурой 1100°С, муллитовая 1250°С. Эти ваты используются для защитной волокнистой футеровки топок печей в промышленности, в том числе и в виде термостойкого картона.

Общим недостатком минеральных ват является их продуваемость, вследствие чего их в обязательном порядке следует оснащать ветрозащитой, например, кашированием картонами, фольгой или бумагой, желательно накрепко закреплённой на одной из сторон плиты заводским способом. Поскольку теплопроводность воздуха растет с температурой, то и теплопроводность минеральных ват тоже растёт с температурой:

Температура, °С	10	100	200	300	400
Коэффициент теплопроводности плит Ragoc, Вт/м град	0,033	0,045	0,063	0,087	0,117

### 3.9.2. Пенопласты

Утеплители из вспененных полимеров (поливинилхлорида, полистирола, пенополиуретана, полифенолформальдегида) выпускаются в виде плит, которые имеют более высокую жёсткость и более низкую воздухопроницаемость (продуваемость ветром), нежели маты и плиты из минеральной ваты. Поэтому, несмотря на низкую термоустойчивость, пено-

пласты нашли широкое применение в строительстве, тем более, что стоимость многих пенопластов весьма низкая, и транспортируются они легче, чем плиты минваты. Если самые жёсткие плиты из минваты (без армирования) выдерживают нагрузку не более  $0,5 \text{ кг/см}^2$  (что лишь условно допускает передвижение по нему персонала при горизонтальном монтаже и инспекционном контроле), то экструдированный пенополистирол имеет прочность на сжатие до  $5 \text{ кг/см}^2$  (что допускает даже монтаж на него некоторых видов оборудования).

В дачном строительстве наиболее распространён пенополистирол марки ПСБ по ГОСТ 15588-86 в виде плит обычно размером  $1 \times 1 \text{ м}$  или  $1 \times 2 \text{ м}$  (но встречаются совсем разные размеры в зависимости от производителя) толщиной 20–200 мм. Технология производства предусматривает изготовление вспененных газом-пентаном гранул пенополистирола с последующим беспрессовым горячим формованием плит в среде перегретого водяного пара. При этом вспененные гранулы в местах контактов деформируются и спекаются. Между гранулами остается сеть открытых пустот, в связи с чем в отгружаемых с завода плитах допускаются остаточные количества воды до 12%. После просушки сеть открытых пустот становится доступной для прохождения воздуха. Возможно и вторичное увлажнение высушенных плит при контакте с водой, но не до 12%, а до 2%, поскольку полистирол плохо смачивается водой. Прочность на сжатие составляет  $1,5 \text{ кг/см}^2$  (при этом достигается 10% линейная деформация). Считается, что пенополистирол ПСБ абсолютно не токсичен и используется для утепления холодильников и даже для изготовления пищевых лотков для хранения, реализации и размораживания продуктов. В литературе отмечается, что случаев отравления выделениями из пенополистирола в нормальных условиях эксплуатации ни разу не наблюдалось за всю полувековую историю применения пенополистирола в быту и промышленности. В то же время при пиролизе и при горении выделяется ароматический мономер (стирол) с приятным сладковатым цветочным запахом. Предельно допустимая концентрация (ПДК) паров стирола (жидкости с температурой кипения  $145^\circ \text{C}$ ) в воздухе рабочей зоны составляет  $5 \text{ мг/м}^3$ , что значительно больше, чем ПДК выделений из других пластмасс и древесины (например, ПДК фенола  $0,3 \text{ мг/м}^3$ , формальдегида  $0,5 \text{ мг/м}^3$ ). Так что токсичность пенополистирола и при высоких температурах не может быть очень высокой, тем более, что стирол чрезвычайно легко полимеризуется даже в газовой фазе. При температурах порядка  $100^\circ \text{C}$  и выше пенополистирол начинает деформироваться под собственным весом («усаживаться»), как правило без запаха, затем при  $160\text{--}175^\circ \text{C}$  плавится, стекая каплями. Пиролиз (термическая деструкция) начинается при  $260^\circ \text{C}$ , на воздухе – при  $200^\circ \text{C}$  (с окислением и воз-

возможным воспламенением). Температура самовоспламенения составляет 444 °С. Таким образом, пенополистирол в условиях бани менее пожароопасен, чем, например, бумага, хлопчатобумажная вата или сухие опилки. Плиты пенополистирола ПСБ-С (в частности, производства ОАО СП «Тиги-Кнауф») содержат, кроме того, антипирены-добавки, обеспечивающие самозатухание загораний пенополистирола (группа горючести ГЗ по ГОСТ 30224-94). Плиты легко режутся ножом, прибиваются гвоздями к стенам (через прижимные пластинки из жести, оргалита или древесины). При покупке следует обязательно проверить ровность сторон плит, выбирая при этом строго одинаковые по размеру, изготовленные на одних и тех же заводских формах, чтобы можно было бы потом вести монтаж с полной стыковкой без щелей (желательно в два слоя с перехлёстом стыков для предотвращения продуваемости). Кроме того, следует иметь в виду, что плиты пенополистирола ПСБ выпускаются нескольких марок с разной плотностью, а значит и с разной прочностью и жёсткостью, вплоть до весьма устойчивых к нагрузкам. Например, из пенополистирола ПСБ изготавливают заливочные формы (опалубки) для заливки бетона при изготовлении бетонных утеплённых стен (заливочные формы не удаляются, а остаются в стене), а также жёсткие вкладыши для упаковки электронной аппаратуры в коробки).

Повышенной жёсткостью обладает экструдированный (экструзионный) пенополистирол ЭППС, выпускаемый многими зарубежными фирмами (Styrodur, Stygfoam и др.) и уже несколькими отечественными (Экспол, Пеноплэкс и др.). В отличие от ПСБ, экструдированный пенополистирол изготавливают не из предварительно приготовленных вспененных гранул, а выдавливанием вспенивающегося полистирола сразу в виде готовой единой бесконечно длинной плиты, которая затем режется на куски длиной до 2–3 м, шириной 0,3–0,6 м. Иными словами, экструдированный пенополистирол представляет собой единую крупную гранулу пенополистирола. Вследствие этого, экструдированный пенополистирол, имеющий структуру пены с замкнутыми микрочаеками, обладает нулевой капиллярностью, не впитывает воду и не пропускает воздух и пары воды. Экструдированный пенополистирол широко и успешно используется для утепления фундаментов автомобильных дорог и железнодорожного полотна, утепления стен и крыш зданий. Причём уникальные свойства экструдированного пенополистирола позволяют создать так называемую «инверсионную» изоляцию, когда именно утеплитель защищает от механических повреждений гидроизолирующий слой, а не наоборот (как это имеет место в старых традиционных решениях). Так, например, подземная стеновая часть фундамента сначала гидроизолируется (битумными мастиками и гидроизолами), а затем на гидроизолирующий слой

накладывается (или приклеивается) теплоизоляция из плит ЭППС, после чего фундамент закапывается грунтом. Так же и на крышах сначала укладывается гидроизоляция (например, многослойная рубероидная), а затем укладываются плиты ЭППС, защищающие гидроизоляцию от перепадов температуры и механических воздействий. Для сопоставления приведём физико-механические свойства плит из экструдированного пенополистирола ЭППС по ТУ 2244-001-17953000-97 марок М-50, М-60 и М-70 и обычных (беспрессовых) пенополистирольных плит ПСБ-С фирмы Тиги-Кнауф марок М-35 и М-50:

Наименование марка	ЭППС			ПСБ-С	
	М-50	М-60	М-70	М-35	М-50
Плотность, кг/м <sup>3</sup>	30–50	50–60	60–70	25–35	35–50
Прочность на сжатие при 10%-ной деформации, кг/см <sup>2</sup>	2,5	3,0	4,0	1,4	1,6
Предел прочности при изгибе, кг/см <sup>2</sup>	3,5	5,0	10,0	2,0	3,0
Теплопроводность в сухом состоянии, Вт/м град	0,032	0,032	0,034	0,038	0,041
Влажность плит, отгружаемых потребителю, %	0	0	0	12	12
Водопоглощение за 24 часа, %	0,35	0,30	0,30	2,0	2,0
Максимальная рабочая температура, °С	80	80	80	70	70

В отличие от белого ПСБ, плиты ЭППС слегка окрашиваются в розовый, зелёный, жёлтый и другие цвета.

К сожалению, из-за дороговизны плиты экструдированного пенополистирола используются пока в дачном строительстве крайне ограниченно. А вот в городских ваннах комнатах и турецких банях плиты ЭППС стали обязательным явлением. Плитами ЭППС пользуются так же, как влагостойкими листами сухой гипсокартонной штукатурки: ими обивают стены, по деревянному или металлическому каркасу (профилю) выполняются фигурные элементы (в том числе приступки, лежанки и т. п.), после чего на плиты укладывается клеевым составом керамическая плитка или мозаика. Отметим, что некоторые органические вещества (ацетон, этилацетат, толуол, уайт-спирит) растворяют полистирол, вызывают его размягчение и сжатие (усадку).

Листы пенопластов на основе полиэтилена, а также и каучуков и полиуретана (поролон типа «губки»), обладают упругостью и низкой жёсткостью, поэтому используются как толстые гибкие плёнки (обычно от 2 до 10 мм толщиной) для теплоизоляции в условиях высокой влажности, то есть одновременно и для пароизоляции и дожделагоизоляции. Несмотря на очевидные достоинства (по сравнению с обычными поли-

этиленовыми плёнками и пергамином), пенополиэтилен имеет ограниченное распространение у дачников ввиду относительно высокой стоимости. В отличие от полистирола, полиэтилен значительно более устойчив в растворителях. Плотность пенополиэтилена (36–47) кг/м<sup>3</sup>, удельная теплоёмкость 1,95 кДж/кг град, коэффициент теплопроводности (0,03–0,04) Вт/м град, коэффициент теплоусвоения при периоде 24 часа (0,45–0,56) Вт/м<sup>2</sup> град, водопаропроницаемость нулевая. Рабочие температуры листов пенополиэтилена РЕ достигают (80–100) °С (при более высоких температурах пенополиэтилен начинает усаживаться), а поперечносшитого полиэтилена РЕХ до 110 °С при температуре плавления кристаллов полиэтилена 120–130 °С. Производство пенополиэтилена (в виде рулонного материала шириной обычно примерно 1 м) освоено отечественными предприятиями (Теплон, Изолон марок ППЭ и ППЭ-Л, Унифол, Пенолекс, Пенофол и др.). Для специальных назначений, в частности, для отражающей изоляции (см. раздел 3.14), пенополиэтилен армируют фольгой или алюминизированной синтетической тканью.

В промышленности всё шире используются теплоизоляционные изделия из пенополиуретана (ППУ), в том числе с защитными покрытиями из фольгоизола или рубероида, для теплоизоляции трубопроводов различного назначения. Применение пенополиуретана ограничивается его относительно дороговизной, горючестью, нестойкостью к некоторым растворителям, к действию прямого солнечного света, а также низкой теплостойкостью 130 °С. В то же время пенополиуретан технологически бывает очень удобен при монтаже теплоизоляции фигурных поверхностей и скрытых полостей, поскольку может приготавливаться на месте методом впрыскивания вспененных жидких компонентов в зазоры с последующей полимеризацией (конденсацией) с участием водяных паров. Наибольшее распространение в дачном быту приобрела полиуретановая «монтажная пена» в сифонных баллонах, дающая весьма жёсткий и малопругий пеноуретан для герметизации полостей, стыков и швов.

Изделия из вспененных синтетических каучуков с преимущественно закрытыми порами, например, K-FLEX, используются в основном для утепления систем холодного водоснабжения. Однако имеются теплоизолирующие скорлупы с рабочей температурой до 150 °С, и, что особенно важно, появились термостойкие листовые вспененные резины (например, чёрный Armacell с закрытыми порами).

К эффективным утеплителям (к сожалению, очень дорогостоящим) относятся также чрезвычайно перспективные материалы на основе пеностекла («Foamglas» с рабочей температурой до 485 °С и теплопроводностью (0,037–0,044) Вт/м град), гелей кремниевой кислоты («Силаст» на

основе жидкого стекла с огнестойкостью 800 °С и теплопроводностью (0,054–0,062) Вт/м град), натуральной пробки (Isocog с теплопроводностью (0,030–0,035) Вт/м град) и др.

### 3.10. Увлажнение однослойных паропроницаемых стен

Теплоизоляционные материалы в соответствии со своей функцией обеспечивают значительные температурные перепады и в то же время неизбежно содержат пустоты, зачастую воздухопроницаемые (открытые). При этом любые распространения влажного воздуха (или диффузия водяного пара) через теплоизолирующие стены могут сопровождаться процессами конденсации паров воды и последующим увлажнением теплоизоляционного материала. Сама же первопричина увлажнения стен обусловлена процессами жизнедеятельности человека (создающего в обитаемых помещениях повышенную температуру и повышенную абсолютную влажность воздуха) или наличием в помещении иных источников водяных паров (поверхностей нагретой воды).

Простейший анализ процесса увлажнения однослойных (то есть однородных) теплоизоляционных стен может быть выполнен даже без знания конкретных свойств теплоизоляционного материала: коэффициентов теплопроводности и паропроницаемости и даже толщины стен. Задав температуры внешней (наружной) и внутренней поверхностей стены, строим линейную зависимость температур внутри стены (прямая  $T$  на рис. 23) и соответствующую ей кривую  $p_{\text{равн}}$  давлений (равновесных) насыщенного водяного пара (см. данные для  $p_0$  в разделе 3.5). Затем задаём конкретные значения парциальных давлений паров воды в воздухе на внутренней и внешней (наружной) поверхностях стены и соединяем их прямыми линиями  $p_{\text{диф}}$ , отвечающими распределениям парциальных давлений паров воды в пористой стене, сформированным за счёт диффузии пара через стену. Наклон прямой  $T$  характеризует величину потока тепла (справа налево), а наклон прямых  $p_{\text{диф}}$  – величину диффузионных потоков водяных паров (тоже справа налево). Поэтому более пологая прямая  $p_{\text{диф}2}$  (соответствующая более влажному воздуху вне помещения) отвечает меньшему потоку водяных паров, чем более крутая прямая  $p_{\text{диф}1}$  (соответствующая более сухому воздуху вне помещения). Если прямая  $p_{\text{диф}2}$  оказывается выше прямой  $p_{\text{равн}}$ , то значит в этой зоне неизбежна конденсация водяных паров. В результате конденсации реальное стационарное распределение давлений водяных паров приобретает вид нижерасположенной кривой  $p^*_{\text{диф}2}$ , являющейся касательной к кривой  $p_{\text{равн}}$ . Точка пересечения прямой  $p_{\text{диф}2}$  с кривой  $p_{\text{равн}}$  отвечает точке росы (плоскости внутри стены, где начинается кон-

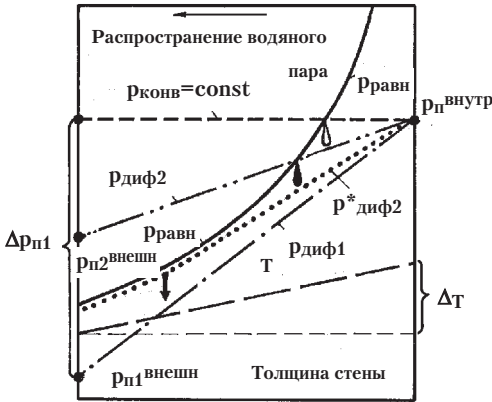


Рис. 23. Качественный анализ причины конденсации паров воды в паропроницаемой теплоизоляционной стене.  $T$  – модельное (то есть условно принятое) распределение температуры внутри стены;  $R_{равн}$  – соответствующее расчётное распределение давлений насыщенных водяных паров;  $\Delta T$  и  $\Delta p$  – перепады температуры и парциальных давлений водяных паров на стене;  $p_{п1}^{внутр}$  и  $p_{п1}^{внешн}$  – модельные парциальные давления водяных паров на внутренней и внешней поверхностях стены;  $R_{диф1}$  – распределение давлений диффундирующих водяных паров,

при котором конденсация отсутствует ( $R_{диф1} < R_{равн}$ );  $R_{диф2}$  – распределение давлений диффундирующих водяных паров, при котором возможна конденсация водяных паров (в зоне  $R_{диф2} > R_{равн}$ );  $R_{диф2}^*$  – распределение давлений диффундирующих водяных паров, сконденсировавшихся в зоне  $R_{диф2} > R_{равн}$ ;  $R_{конв}$  – распределение давлений водяных паров, конвективно перемещающихся вместе с воздухом через стену; чёрная и белая капли – места (плоскости) начала возможной конденсации (точки росы) паров воды, диффундирующих или перемещающихся вместе с воздухом соответственно; стрелка – точка (плоскость) накопления конденсата после формирования распределения  $d_{диф2}^*$ .

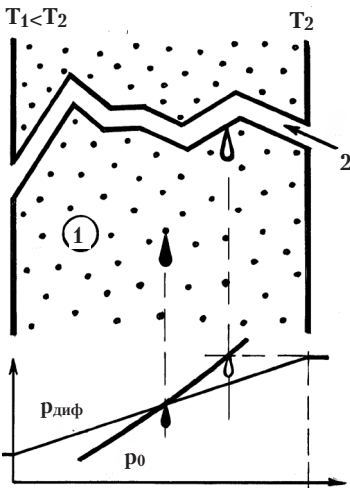


Рис. 24. Наглядное представление воздухопроницаемого материала как совокупности паропроницаемых зон (1) и воздухопроницаемых сквозных каналов (2). Обозначения те же, что и на рис. 23.

денсация) и отмечена черной каплей. После формирования нового (уже стационарного) распределения  $p_{диф2}^*$ , выделение конденсата начинается в точке касания, обозначенной толстой стрелкой, и продолжается влево от стрелки до конца искривления кривой  $p_{диф2}^*$ . Любые искривления кривой  $p_{диф2}^*$  указывают на наличие процесса конденсации, поскольку в местах искривления поток водяных паров справа от любой точки оказывается больше потока водяных паров слева от точки. Таким образом, конденсация внутри теплоизоляционной

паров справа от любой точки оказывается больше потока водяных паров слева от точки. Таким образом, конденсация внутри теплоизоляционной



стены имеет место лишь при достаточно высоких парциальных давлениях водяного пара в воздухе на обеих сторонах.

Но теплоизоляционная стена пропускает водяной пар не только диффузионным образом (за счёт свойства паропроницаемости при абсолютно неподвижном воздухе внутри стены), но и за счёт возможного конвективного перемещения через стену масс увлажненного воздуха (то есть за счёт воздухопроницаемости, а точнее, ветропродуваемости). Если ветер (даже очень слабый) несёт влажный воздух через поры стены (справа налево), то давление водяных паров в воздухе пор увеличивается и становится одним и тем же во всех точках стены (прямая  $r_{\text{конв}}$ ). Конденсация паров воды начинается в точке росы (то есть в месте пересечения прямой  $r_{\text{конв}}$  и кривой  $r_{\text{равн}}$ ), отмеченной белой каплей. Поскольку паропроницаемые стены всегда в какой-то степени являются воздухопроницаемыми, то реальная точка росы находится где-то посередине между черной и белой каплями, а последующее стабильное выделение конденсата – между толстой чёрной стрелкой и белой каплей (рис. 23).

Факт возможности переноса водяного пара одновременно за счёт диффузии и за счёт конвекции (движения самого воздуха, в котором собственно и располагается водяной пар) иной раз понимается плохо. Поэтому в целях упрощения анализа полезно условно разделить эти процессы, и представить теплоизоляционный материал наглядно в форме паропроницаемого, но ветронепроницаемого материала 1, в котором имеются отдельные извилистые сквозные каналы 2, по которым может течь воздух (рис. 24). При этом роса на стенках каналов появится ближе к внутренней поверхности стены, чем в паропроницаемых зонах. Поэтому ветропродуваемость теплоизоляционных материалов является крупным недостатком не только из-за того, что ухудшаются теплоизоляционные характеристики при порывах ветра, но и из-за повышенной увлажненности теплоизоляционного материала. Ясно, что снизить ветропродуваемость можно уменьшением проходного сечения сквозных каналов, то есть, например, за счёт использования минеральных ват с более тонкими, но зато более часто расположенными волокнами. Ну и конечно же, ветропродуваемые материалы следует комбинировать с ветрозащитными материалами, располагаемыми в любом сечении стены.

Факт доминирования того или иного механизма переноса водяных паров (диффузионного или конвективного) легко оценить по численным справочным данным, приведённым в разделах 3.4 и 3.5. При этом ясно, что в случае сильных ветровых напоров конвективная составляющая всегда будет преобладающей. Также ясно, что в случае ветронезащищённой минеральной ваты конвективная составляющая тоже будет основной. А вот пенополистирол марки ПСБ уже является тем матери-

алом, в котором преобладающей может стать диффузионная составляющая. Так, в условиях бани с хомотермальным влажным режимом, «построенной» из пенополистирола ПСБ толщиной 100 мм, величина диффузионного потока пара через стены составляет 4 г/м<sup>2</sup> час. Конвективный же поток пара будет равен 0,6 Δр<sub>в</sub> г/м<sup>2</sup> час, где Δр<sub>в</sub> – перепад давлений воздуха на стенах бани в Па. В условиях полного штиля перепад давлений Δр<sub>в</sub> является гравитационным (см. раздел 4), определяется высокой температурой воздуха в бане и составляет (3–10) Па, что соответствует величинам конвективных потоков пара через стены (2–6) г/м<sup>2</sup> час, что примерно равно вышеустановленной величине диффузионного потока пара. В случае же сильного ветра Δр<sub>в</sub> = 100 Па, и конвективная составляющая станет преобладающей.

Увлажнение теплоизоляционных конструкций является вредным фактором прежде всего ввиду ухудшения теплоизолирующих характеристик конструкции, хотя имеется множество иных негативных последствий (загнивание, механическая просадка, морозное пучение и разрушение и т. п.). Из вышеприведенной оценки следует, что скорость увлажнения стены из пенополистирола ПСБ составляет обычно до 5–50 г/м<sup>2</sup> час. То есть плита полистирола толщиной 100 мм, площадью 1 м<sup>2</sup> и с массой (4–10) кг способна набирать до (0,1–1) кг влаги в сутки. Ясно, что увлажнение стен особенно актуально для постоянно эксплуатируемых помещений (продолжительно обитаемых). Приведём для сведения официальные данные по снижению теплоизолирующих свойств строительных материалов по СП 23-101-2000 ( $\lambda$  – коэффициент теплопроводности в Вт/м град при относительной влажности материала w %).

Материал	$\lambda/w$ %		
Экструдированный			
пенополистирол «Пеноплэкс»	0,028/0	0,029/2	0,030/3
Полистирол ПСБ	0,041/0	0,041/2	0,052/10
Плиты минераловатные	0,048/0	0,052/2	0,060/5
Плиты древесно-волоконистые			
и древесно-стружечные	0,06/0	0,07/10	0,08/12
Сухая штукатурка			
(листы гипсокартона)	0,15/0	0,19/4	0,21/6
Сосна и ель поперек волокон	0,09/0	0,14/15	0,18/20
Сосна и ель вдоль волокон	0,18/0	0,29/15	0,35/20
Кладка кирпича:			
– обыкновенного глиняного	0,56/0	0,70/1	0,81/2
– керамического пустотного	0,47/0	0,58/1	0,64/2
– силикатного	0,70/0	0,76/2	0,87/4

Таким образом, наибольшее влияние естественное увлажнение оказывает на свойства древесины. Отметим, что приведённые данные соответствуют условно материалам, увлажненным сорбционным образом (гигроскопически) при относительных влажностях воздуха 80% (второй столбец) и 97% (третий столбец). При конденсации же пара внутри стены создаётся 100%-ная влажность, и увлажнение может оказаться существенно более высоким (не говоря уже об аварийных намоканиях всей стены при протечках кровли и разрывах водопровода). В капитальном строительстве паропроницаемость стен нормируют (ограничивают) таким образом, чтобы в стенах за зимний период величина относительной влажности материала не повышалась более, чем до предельного допустимого значения  $\Delta w_{\text{доп}}\%$  (СНиП 23-02-2003):

Материал ограждающей конструкции	$\Delta w_{\text{доп}}\%$
Кладка из глиняного кирпича и керамических блоков	1,5
Кладка из силикатного кирпича	2,0
Лёгкие бетоны на керамзите	5,0
Ячеистые бетоны (газобетон, пенобетон, газосиликат и др.)	6,0
Минераловатные плиты и маты	3
Пенополистирол и пенополиуретан	25
Тяжёлый бетон, цементно-песчаный раствор	2,0
Древесина	Не нормируется

В городских банях влажность кирпичных стен достигает 36% в парилках, 29% в мыльных (Э.М.Ариевич, В.В.Горбачев, Проектирование и эксплуатация бань, М. Стройиздат, 1965г.).

В капитальном строительстве домов из кирпича и бетона диффузионная составляющая паропереноса всегда является основной. Вследствие этого, в СНиП 23-02-2003 понятие конвективного увлажнения стен вообще не вводится. Вместе с тем ясно, что сквозные каналы на рисунке 24 фактически являются аналогами вентиляционных каналов (отверстий), всегда присутствующих в том или ином виде во всех зданиях. И в этих вентканалах вполне возможна конденсация влаги из вытяжного воздуха при охлаждении до точки росы, что и наблюдается зачастую зимой. Точно также вентканалы в свою очередь можно считать аналогами теплообменных каналов в аппаратах осушки и охлаждения воздуха (кондиционерах), в которых происходит конденсация паров воды по тому же механизму.

Пароизоляция - это современное техническое решение, а раньше веками никакой пароизоляции в банях не знали и не применяли. Поэтому оценим численно те условия, когда можно ожидать серьёзных увлажнений стен при диффузии пара через непароизолированные стены. Для удобства используем диаграмму, по оси абсцисс которой отложены

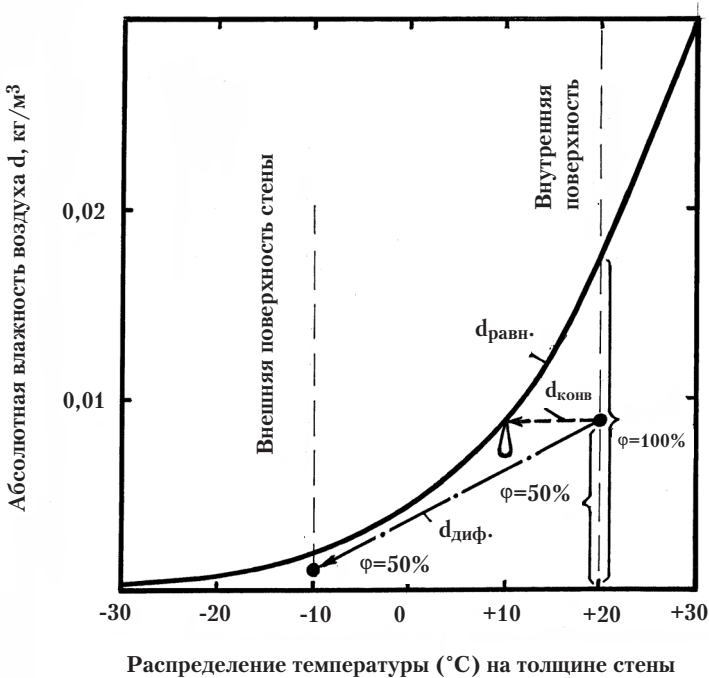


Рис. 25. Диаграмма для оценки месторасположения точки росы в однослойной (однородной) стене жилого помещения. По оси абсцисс – координаты по толщине стены с указанием значений температуры,  $d_{\text{равн}}$  – распределение плотности насыщенного пара над чистой водой,  $d_{\text{диф}}$  – прямая, соединяющая климатические точки на внешней и наружной поверхностях стены и иллюстрирующая распределение абсолютной влажности воздуха в пустотах внутри стены, формируемое диффузией водяных паров изнутри наружу,  $d_{\text{конв}}$  – прямая  $d = \text{const}$ , иллюстрирующая распределение абсолютной влажности воздуха в пустотах внутри стены, формируемое конвективным потоком влажного воздуха изнутри наружу (справа налево). Точки пересечения прямых  $d_{\text{диф}}$  и  $d_{\text{конв}}$  с кривой  $d_{\text{равн}}$  являются местами выделения конденсата в стене (точками росы).

температуры, соответствующие разным глубинам (плоскостям, сечениям) по толщине стены, а по оси ординат – соответствующие этим температурам давления насыщенных паров или (для большей наглядности) плотности насыщенного пара. Рисунок 25 предназначен для анализа стен жилых помещений, а рисунок 26 для анализа стен бань, причём безразлично из какого материала – из кирпича или древесины и какой толщины изготовлены стены. Определимся с температурами внешней и внутрен-

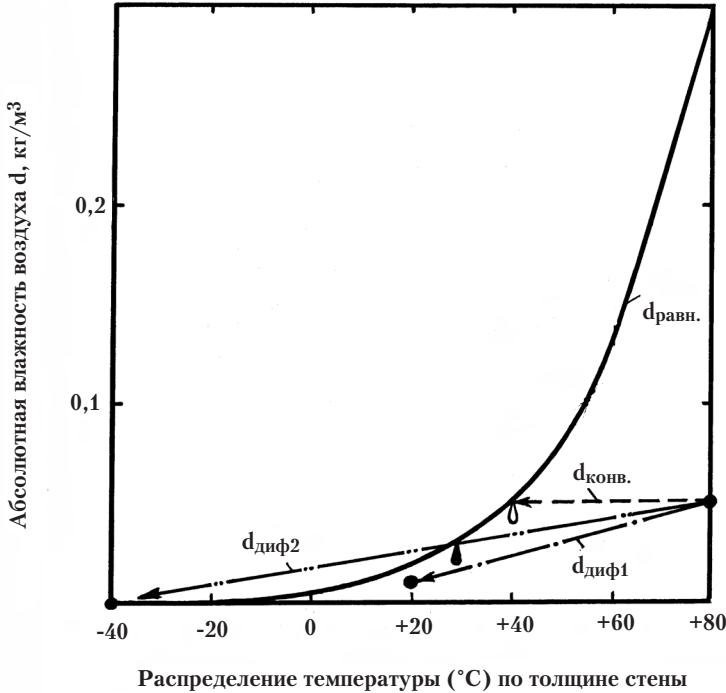


Рис. 26. Диаграмма для оценки месторасположения точки росы в однослойной (однородной) стене банного помещения. Координаты и распределение  $d_{\text{равн}}$  – то же, что и на рисунке 25. Прямые  $d$  – распределения абсолютной влажности воздуха внутри стены:  $d_{\text{диф1}}$  – за счёт диффузии во встроенной сухой или влажной сауне,  $d_{\text{диф2}}$  – за счёт диффузии в отдельно стоящей сауне на морозе минус  $40^{\circ}\text{C}$ ,  $d_{\text{конв.}}$  – за счёт конвекции во встроенной или отдельно стоящей сауне. Точки росы указаны каплями.

ней поверхностей (сторон) стен, например, минус  $10^{\circ}\text{C}$  и плюс  $20^{\circ}\text{C}$  соответственно (рис. 25). Возведём из этих температурных точек отрезки вертикальных прямых до пересечения с кривой распределения плотностей насыщенного пара  $d_{\text{равн}}$ . Длины этих отрезков соответствуют максимально возможным абсолютным влажностям воздуха – плотностям насыщенного (так называемого равновесного) пара при температурах поверхностей стены (100%-ной относительной влажности воздуха). Откладывая на этих отрезках прямые реальные абсолютные  $d$  (или относительные) влажности воздуха на внешней и внутренней поверхностях стены (например, 50%-ную относительную влажность воздуха на рис. 25), соединяем их прямой  $d_{\text{диф}}$ . Видно, что прямая  $d_{\text{диф}}$ , отвечающая распреде-

лению абсолютной влажности воздуха внутри стены, формируемой за счёт диффузии пара, находится целиком ниже  $d_{\text{равн}}$ . Это значит, что в рассматриваемых условиях конденсация диффундирующего пара невозможна, и увлажнение стены не наблюдается (причём и кирпичной, и деревянной). Конденсация паров в стенах становится возможной лишь при относительной влажности воздуха внутри помещения более 70%. То есть в климатических условиях Западной Европы любые стены жилых домов не очень нуждаются в пароизоляции. В то же время ветропродуваемость стен неминуемо приводит к конденсации конвективно распространяющегося пара (в составе влажного воздуха, проникающего через стену) при относительных влажностях воздуха во внутренних помещениях выше 10% (то есть практически всегда), что иллюстрируется прямой  $d_{\text{конв}}$  на рисунке 25.

Аналогичный анализ для банных условий (рис. 26) показывает, что встроенные бани и сауны, размещаемые в жилых помещениях с температурой 20 °С, не нуждаются в пароизоляции стен ни в сухих, ни во влажных хомотермальных режимах (прямая  $d_{\text{диф1}}$ ) и даже в паровых режимах с сухим воздухом (в режимах «лёгкого пара»). В то же время сырые паровые бани (для веника»), климатические характеристики которых расположены вблизи кривой  $d_{\text{равн}}$ , испытывают диффузионное увлажнение стен всегда (даже встроенные). Поскольку вся суть паровых бань связана с увлажнением стен и потолка, то пароизоляция в паровых банях обычно не применяется, а если и применяется, то только в заглублённом в стену расположении.

Отдельно стоящие (на улице) в холодных климатических регионах бани и сауны (даже сухие) испытывают диффузионное увлажнение паропроницаемых стен всегда и при непрерывной эксплуатации требуют пароизоляции (прямая  $d_{\text{диф2}}$ ). Что касается ветрозащиты, то она требуется для всех типов бань и саун (прямая  $d_{\text{конв}}$ ) во всех климатических случаях. Как в банях, так и в жилых помещениях, ветрозащита намного важнее пароизоляции.

Трудность постройки бань заключается не столько в предотвращении увлажнения стен, сколько в обеспечении возможности их быстрой просушки, особенно после аварийных протечек. В этом плане применение пароизоляции может создать серьёзные трудности и потребует создания специальной вентиляции стен. Поэтому замена весьма ненадёжной в эксплуатации алюминиевой фольги на прочную ветрозащитную паропроницаемую мембрану оказывается зачастую оправданной. При этом паропроницаемую ветрозащиту следует предусматривать по обеим сторонам легкопродуваемой стены: снаружи с дождезащитой, а изнутри с брызгозащитой и достаточно высокой термостабильностью (принцип банного

сандвича). Следует отметить, что если стена бани продувается снаружи внутрь, то это, во-первых, обеспечивает вытеснительную вентиляцию бани, а во-вторых, поддерживает стену сухой. Такой приём оправдан и во встроженных банях с постоянно открытыми вытяжными отверстиями в потолке.

Анализ процессов диффузии паров воды и их конденсации внутри стен не зависит от толщины стен. Это кажется парадоксальным, поскольку толстые стены как-бы более «тёплые», и конденсация внутри таких стен, казалось бы, должна быть маловероятной. Тем не менее, если конденсация возможна в тонкой стене, она будет возможной и в любой сколь угодно толстой стене. Но в толстой стене диффузионный поток пара (также как и поток тепла) будет меньше, а значит и скорость увлажнения будет меньше.

Есть ещё один фактор, который может оказать существенное влияние на результаты анализа. Дело в том, что чем «теплее» стена, тем ближе температура её внутренней поверхности к температуре воздуха в помещении (см. раздел 3.13). И наоборот, тонкие однородные стены «холодные», пропускают много тепла, и температура внутренней поверхности стены оказывается много ниже температуры воздуха на величину перепада  $\Delta T = Q/\alpha$ , где  $Q$  – тепловой поток через стену,  $\alpha = 10 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \text{ град})$  – коэффициент теплопередачи от воздуха к поверхности. Поэтому, воздух у тонких «холодных» стен будет всегда высоковлажным, что способствует выделению конденсата внутри стены. Фактически, это случай расположения утеплителя на внутренней стороне стены (см. раздел 3.11).

Для полноты картины упомянем ещё одну возможную причину повышенного увлажнения стен – присутствие в них солей металлов, которые часто вводятся в каменные стены вместе с морозостойким кладочным раствором, а в деревянные – вместе с антисептическими и огнезащитными составами. Многие соли металлов (кристаллогидраты) являются гигроскопическими веществами, способными поглощать влагу из воздуха по той причине, что давление насыщенного водяного пара в воздухе над водным раствором соли всегда ниже, чем над дистиллированной (вернее деионизованной, лишённой солей) водой (СП 23-101-2000), например:

Химическая формула соли	ZnBr <sub>2</sub>	MgCl <sub>2</sub>	Mg(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	NaBr	NaCl
Упругость водяного пара над насыщенным раствором соли при 20 °С, Па	230	772	1261	1400	1807
Относительная влажность воздуха над насыщенным раствором соли при 20 °С, %	10	33	54	60	77

Упругость же водяного пара над чистой водой при 20 °С составляет 2338 Па (100% относительная влажность). Поэтому при введении солей кривая  $p_{\text{равн}}$  на рисунке 23 (а также  $d_{\text{равн}}$  на рисунках 25 и 26) смещается вниз, так что выпадение конденсата и при диффузионном, и при конвективном распространении водяного пара облегчается. Стена при этом начинает играть роль осушителя воздуха в помещении точно так же, как, например, эксикатор – кювета с налитым в неё насыщенным раствором соли (а лучше смеси соли с насыщенным раствором, когда соль стремиться захватить пары воды из воздуха и превратиться в раствор).

Негативные последствия наличия солей особенно неприятно проявляются в бетонных и кирпичных стенах и конструкциях. Добавки солей в жидкую бетонную массу перед заливкой в опалубку в зимний период предотвращают её замерзание на морозе (по причине снижения температуры замерзания воды при введении в неё солей), причём, как утверждают, не снижают якобы механическую прочность получаемого бетона. Но на самом деле, добавки солей делают бетон гигроскопичным, вследствие чего полученный бетон сильнее сорбирует влагу из воздуха и сильнее увлажняется, и потому зимой сильнее разрушается при замерзаниях в его объеме влаги. В кирпичных же кладках соли в кладочном цементно-песчаном растворе, усиленно поглощая влагу из воздуха, распространяют её затем в виде раствора солей из швов по всему объёму кладки и даже с выходом наружу, где она, высыхая в жару, даёт так называемые «высолы» (белесые неприятного вида пятна на поверхности кирпичной кладки). С высолами часто борются водоотталкивающей пропиткой поверхности кладки, не дающей раствору солей выйти наружу. Поскольку это не снижает гигроскопичности глубинных зон швов, то такое мероприятие является чисто косметическим..

В русских паровых парилках наличие солей в древесине потолка может улучшить климатические характеристики за счёт большей сухости воздуха при поддачах.

### 3.11. Увлажнение многослойных паропроницаемых стен

В настоящее время в банях уже редко встречаются однослойные (то есть выполненные из одного материала) стены (бревенчатые, брусовые, кирпичные, пенобетонные). Чаще всего причиной многослойности стен является применение утеплителей. Ввиду великого множества возможных вариантов, рассмотрим лишь два наиболее простых и часто встречающихся случая двухслойной стены, состоящей из слоя теплоизолирующего («тёплого») материала и из слоя хорошо проводящего тепло



(«холодного») материала (рис. 27). В качестве «холодного» материала примем древесину (брус) с коэффициентом теплопроводности 0,15 Вт/м град и коэффициентом паропроницаемости 0,06 мг/м час Па. В роли «тёплого» материала будет выступать паропроницаемая плита из минваты с коэффициентом теплопроводности 0,05 Вт/м град и коэффициентом паропроницаемости 0,6 мг/м час Па, а также плохопаропроницаемая плита из пенопласта (пенополистирола ПСБ) с коэффициентом теплопроводности 0,05 Вт/м град и коэффициентом паропроницаемости 0,06 мг/м час Па (близким к паропроницаемости древесины). Конвективную составляющую паропереноса учитывать не будем, предполагая, что предусмотрена ветрозащита из воздухо непроницаемых (но хорошо проводящих тепло и пар) мембран по обеим сторонам стены. Для определённости примем перепад температуры на стенах бани равным 100 °С, при этом температура внешней (наружной) стороны стены составляет минус 20 °С, а внутренней стороны стены плюс 80 °С. Толщины слоев древесины и утеплителя примем равными, при этом качественные результаты анализа процессов конденсации не будут зависеть от толщины слоёв, хотя чем толще слои, тем меньше кондуктивные потери тепла (то есть потоки тепла за счёт теплопроводности). Так, при толщине слоёв древесины и утеплителя по 5 см (общая толщина стены 10 см) тепловые потери через стены составят 75 Вт/м<sup>2</sup>, в то время как деревянной стене толщиной 10 см соответствовали бы потери в этих условиях 150 Вт/м<sup>2</sup>, а толщине стены 10 см полностью из утеплителя – 50 Вт/м<sup>2</sup>.

Из рисунка 27 следует, что конденсация водяных паров во всех случаях начинается именно внутри утеплителя. Это удивительный и очень важный факт, он имеет место и в случае жилых помещений (рис. 28).

Если древесина расположена изнутри, то в рассматриваемых случаях она всегда остаётся сухой, при этом пароизоляция внутренней стороны стены не требуется. Но если пенопласт будет паронепроницаемым (например, экструзионной марки), то зимой в морозы можно ожидать увлажнения стыка древесины с пенопластом, и пароизоляция внутренней стороны стены станет необходимой (даже несмотря на полную ветронепродуваемость стены).

Если древесина расположена снаружи, то увлажнение особенно неприятно, поскольку оно начинается именно внутри утеплителя и распространяется на всю древесину. Напомним, что пароизоляцию во встроенных банях используют не только для защиты утеплителя, но и для защиты от увлажнения всего жилого дома.

Конденсация наступает в точках росы, указанных на рисунках 27 и 28 чёрными каплями. Конденсация резко снижает абсолютную влажность внутри стены, распределение которой приобретает вид  $d_{\text{диф}}^*$

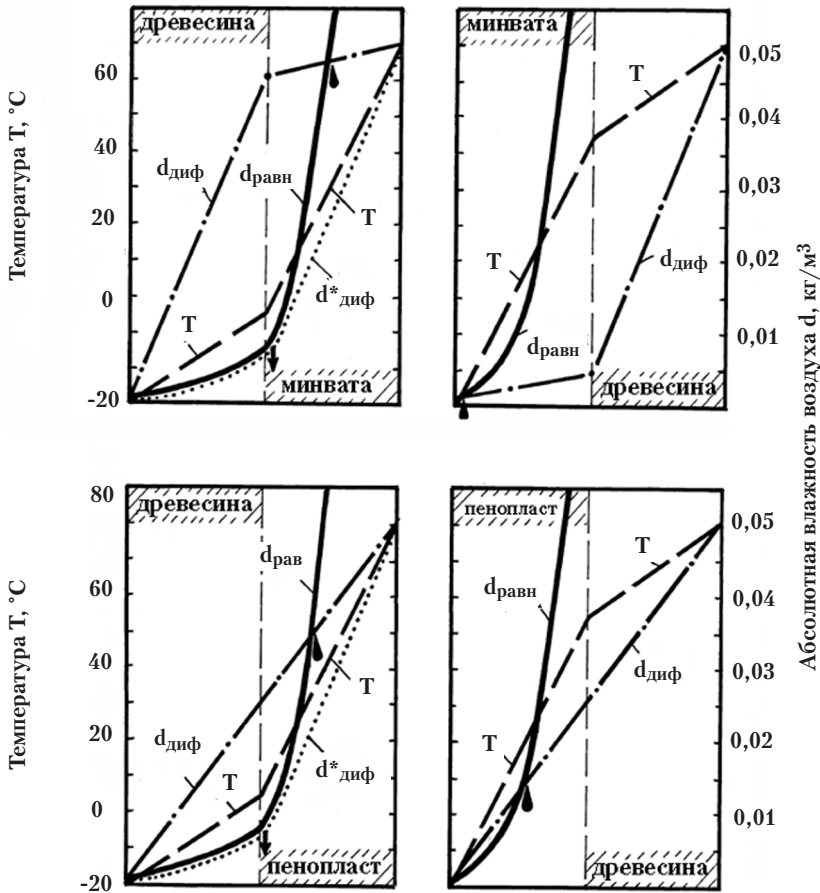


Рис. 27. Численный анализ возможности конденсации в двухслойной паропроницаемой стене бани. Обозначения те же, что и на рисунке 23. Принято, что внутри бани реализуется хомотермальный режим с абсолютной влажностью воздуха 0,05 кг/м<sup>3</sup>. Вне бани относительная влажность составляет 100%

(одинаковый для минваты и пенопласта). При этом диффузионный поток пара внутри утеплителя резко увеличивается (из-за увеличения перепадов абсолютных влажностей) и составит очень большую величину

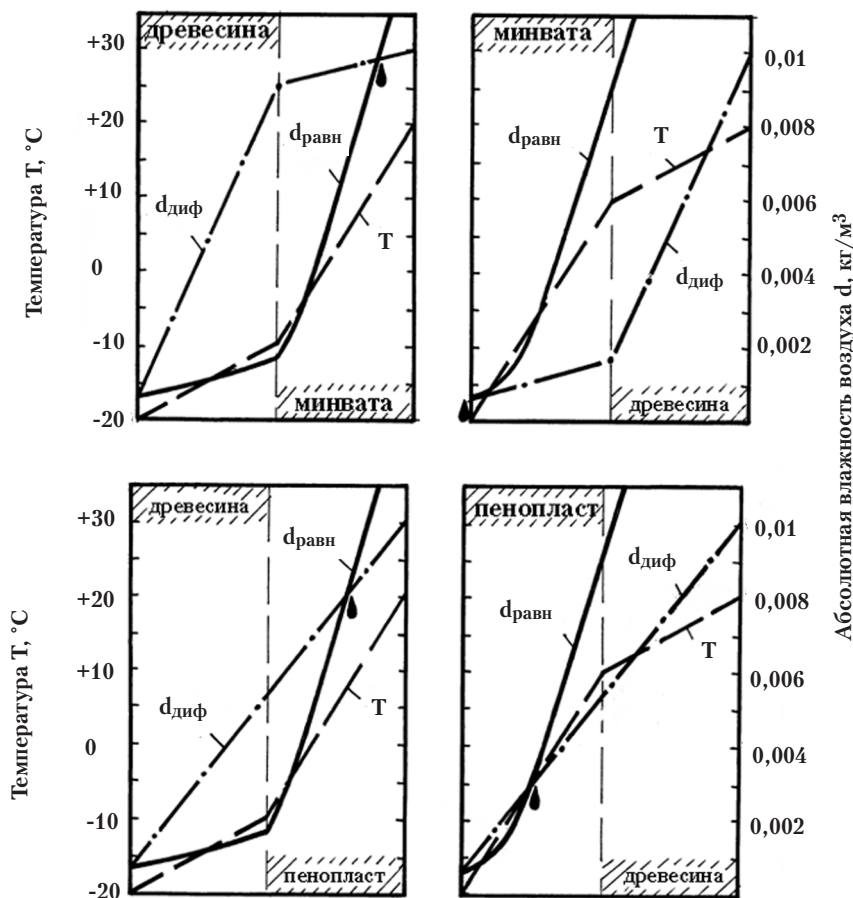


Рис. 28. Численный анализ возможности конденсации в двухслойной паропроницаемой стене жилого помещения (а также предбанника, раздевалки бани). Обозначения те же, что и на рисунке 23. Принято, что на внутренней стороне стены воздух имеет температуру 20 °С и относительную влажность 60%.

80 г/м<sup>2</sup> час для минваты и 8 г/м<sup>2</sup> час для пенопласта, в то время как внутри древесины он составит всего 0,4 г/м<sup>2</sup> час (и для минваты, и для пенопласта). Это значит, что конденсат со скоростью 80 г/м<sup>2</sup> час будет выделяться именно на внешней стороне утеплителя (на границе древесины