

### Увлажнение воздуха в турецких банях

*Принцип действия турецкой бани основан на поддержании 100%-ой влажности при регулируемых значениях температуры в пределах от 20 до 55<sup>0</sup>С. В современных турецких банях используются специальные технические средства изотермического увлажнения воздуха. При этом температура должна достаточно точно удерживаться на постоянном уровне. Специально предназначенные для указанных целей увлажнители воздуха просты в использовании и обслуживании, оснащены современной автоматизированной системой управления и могут использоваться в турецких банях практически любого размера*

Среди индивидуальных застройщиков, а также при оборудовании гостиниц, домов отдыха, мотелей, пансионатов, фитнес-центров, санаториев все большую популярность получают турецкие бани (Hammam). По-арабски Hammam («ХАММАМ») означает "распространяющий тепло", что соответствует сути теплофизических процессов, имеющих место в турецкой бане. Люди по-разному переносят жар бани, но закономерность одна: чем выше влажность, тем меньшую температуру можно выдержать. И наоборот: чем выше температура, тем меньшую влажность можно выдержать. Иначе говоря, температура и влажность в бане имеют обратную зависимость. В финской бане, или сауне, температура воздуха достигает 130-150<sup>0</sup>С при низкой влажности - до 10-15 %. Влажность воздуха в русской бане - около 60% при температуре 55-70<sup>0</sup>С. Принцип действия турецкой бани основан на поддержании 100%-ой влажности при температурных режимах от 20 до 55<sup>0</sup>С. Известно, что теплопроводность влажного воздуха намного выше, чем сухого, поэтому в турецкой бане достигается наиболее глубокий прогрев. В результате, использование турецкой бани наиболее эффективным образом снимает стресс, расслабляет мышцы, восстанавливает обмен веществ и ускоряет вывод шлаков из организма.

Турецкая баня представляет собой помещение преимущественно круглой или овальной, реже прямоугольной, формы, в котором пол и стены облицованы мрамором, керамикой, метлахской плиткой или другими искусственными материалами. Примеры внутреннего интерьера турецких бань представлены на рис.1 а-в.

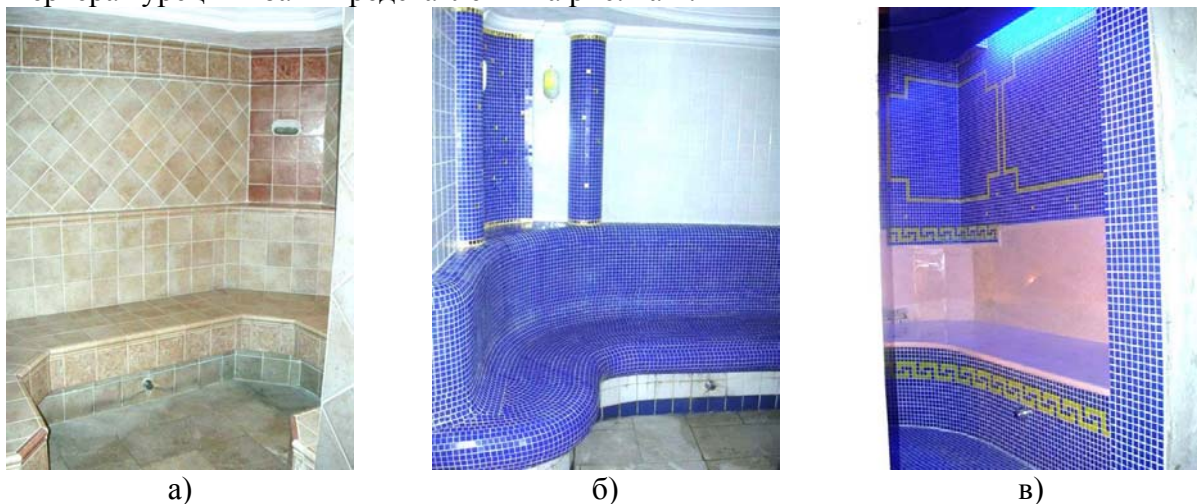


Рис. 1. Примеры внутреннего интерьера турецких бань

Посетители заходят в турецкую баню в традиционных турецких полотенцах «ПЕШТЕМАЛ». Здесь они согреваются и распариваются на лежаках из горячего мрамора, покрытого полотенцем, затем им делают интенсивный массаж, моют мыльной пеной при помощи жесткой волосяной рукавицы и в заключение обливают холодной водой. Каменные лежаки носят название «СУПА» (плоский камень) или «ЧЕБЕК-ТАШИ» (камень для живота). Потолок турецкой бани представляет собой свод высотой не менее 230 см, обеспечивающий плавное стекание капель конденсата по стенам.

Температура нагретых поверхностей в турецкой бане составляет примерно 35-40<sup>0</sup>С. В традиционной «ХАММАМ» в целях поддержания 100% влажности на стены и пол разбрызгивается вода из небольших ванночек, называемых «КУРНА», с горячей и холодной водой. Однако при этом предполагается непрерывное использование бани, при котором достигается глубокий прогрев ограждающих поверхностей, обладающих большой теплоемкостью. В нестационарных режимах, характеризующихся периодическим использованием бани, достичь указанного прогрева практически невозможно, вследствие чего в современных турецких банях используются специальные технические средства изотермического увлажнения воздуха. Альтернативное решение, а именно, адиабатическое увлажнение, в данном приложении неприемлемо, поскольку процесс испарения диспергированной в объеме воды при 100% влажности воздуха невозможен принципиально.

Для турецких бань, облицованных натуральным мрамором, расчетное количество подаваемого пара составляет 1,5 кг/час на 1 м<sup>3</sup> объема.

Для турецких бань, облицованных искусственными материалами, расчетное количество подаваемого пара составляет 1 кг/час на 1 м<sup>3</sup> объема.

Следовательно, потребная паропроизводительность увлажнителей воздуха в зависимости от объема турецкой бани находится в диапазоне от десятков до нескольких сотен кг/час. При этом возникает ряд специфических моментов, требующих глубокого понимания происходящих теплофизических процессов и использования грамотных инженерно-технических решений. Известно, что пар бывает легким и тяжелым. В сухой сауне проблем тяжелого пара не существует в принципе. Поступающий в сауну воздух имеет абсолютную влажность атмосферы. В процессе нагревания воздуха его относительная влажность резко снижается. При данных условиях молекулы воды максимально перемешаны с молекулами газов, составляющими воздух, в результате чего отсутствуют крупные капли, которые придают пару тяжесть и затрудняют дыхание. С увеличением влажности задача существенно усложняется.

Для подачи пара в современной турецкой бане применяются автономные паровые увлажнители. Пар подается снизу постоянно в необходимом количестве и постепенно поднимается вверх. При этом температура должна достаточно точно удерживаться на постоянном уровне. Для достижения этого необходим производительный испаритель и точная, настроенная на эти процессы система управления. Специально предназначенные к использованию в указанных целях увлажнители воздуха производства итальянской фирмы CAREL являются одними из наиболее совершенных, значительно превосходя по техническим данным и функциональным возможностям своих ближайших конкурентов в указанной области, каковыми являются увлажнители воздуха типа HSX производства финского концерна SAUNATEC. Это современные, простые в использовании и обслуживании испарители со специальной автоматизированной системой управления. Большой выбор по производительности и возможность одновременной установки до 4-х увлажнителей воздуха, объединяемых одним централизованным блоком управления humiVisor, позволяет использовать их в турецких банях практически любого размера. Существуют три типа увлажнителей воздуха, пригодных для использования в турецких банях:

1. Электродные увлажнители серии SD2000, оснащенные специализированными контроллерами CDT со встроенным модулирующим управлением по показаниям датчика температуры, поскольку в турецкой бане должна безусловным образом поддерживаться влажность 100% и целевой функцией является ее обеспечение при заданной температуре. Рекомендуется использование датчиков SSTOOB/P40. Увлажнители имеют автоматическую систему промывки, что препятствует образованию бактерий и снижает интенсивность отложения известковой накипи в водяном резервуаре. Указанные агрегаты имеют также систему антивспенивания (AFS, Anti-Foaming System) и систему электрического контроля уровня заполнения

водой. Они, кроме того, могут иметь систему подачи ароматизаторов (код ТВ), обеспечивающую смешивание пара с эфирными маслами. Модельный ряд серии SD2000 включает в себя увлажнители производительностью от 1 до 33 кг/ час. Следует указать, что централизованный блок управления HumiVisor не поддерживает контроллеры типа CDT. В целях дистанционного управления в данном случае используются дополнительные интерфейсные карты ISA72, вставляемые в каждый увлажнитель, общий конвертор RS485/RS232 и программное обеспечение PlantVisor, устанавливаемое на персональный компьютер типа PC. В настоящее время увлажнители серии SD2000 постепенно заменяются увлажнителями серии humiSteam (UE).

2. Электродные увлажнители серии humiSteam (UE) оснащены контроллерами универсального типа. С использованием параметра A0 контроллер конфигурируется для работы по показаниям датчика температуры (A0=4). Рекомендуется использование датчиков ASET030000 или ASET030001. Модельный ряд серии humiSteam (UE) включает в себя увлажнители производительностью от 1,5 до 65 кг/ час. Данные увлажнители оснащаются паровыми цилиндрами увеличенного объема, имеют оптимизированную компоновку и содержат электроды усовершенствованной конструкции, что в совокупности способствует обеспечению повышенной надежности в течение длительного срока эксплуатации. Работа в сети, организуемой в стандарте RS485 под управлением humiVisor на удалении до 1 км, позволяет осуществлять параметризацию, отображение рабочего статуса и отслеживание тревожных сообщений каждого увлажнителя непосредственно на дисплее терминала и их регистрацию в памяти.
3. Газовые увлажнители серии gaSteam (UG) предусматривают работу на природном газе и пропане. Особенностью изотермического увлажнения является потребность в большом количестве расходуемой энергии. Известно, что, в силу необходимости компенсации скрытой теплоты испарения воды, образование 1 кг/час пара требует 0,75 кВт мощности. Часто установленная электрическая мощность не обеспечивает потребности увлажнения воздуха, достигающие десятков и сотен кВт. Использование газа в качестве энергоносителя в подобных случаях является выходом из положения. Кроме того, при соответствующем соотношении тарифов, устанавливаемых на региональном уровне, использование газовых увлажнителей может давать существенную экономию эксплуатационных расходов. Модельный ряд серии gaSteam (UG) состоит из двух увлажнителей производительностью 40 и 90 кг/ час. В перспективе ожидается выпуск газовых увлажнителей гораздо большей производительности. Безопасность работы данных увлажнителей обеспечивается за счет ряда их конструктивных особенностей, к которым относится следующее: датчик пламени, который закрывает газовый клапан в случае неудачного запуска; газовый клапан с двойным затвором; пропорциональный клапан воздух/газ; переключатель давления воздуха; три датчика уровня воды; термостат безопасности; герметичная система горения и др. Комплектация датчиками и работа в сети осуществляются аналогично увлажнителям серии humiSteam (UE).

В целях обеспечения безопасности основной блок увлажнителей всех перечисленных типов устанавливается вне бани, где влажность поддерживается на уровне 100%. Парораспределение предусматривается с использованием форсунок (SDP0EM0000) без парового отверстия. Отверстия сверлят по месту. Для этого по окружности располагают небольшие отверстия (ок. 2-3 мм) и сверлят их сначала 4 шт. по диагоналям, а затем добавляют по мере необходимости с тем, чтобы обеспечить нормальную подачу необходимого количества пара без запираания форсунок и вторичной, объемной

конденсации пара. Диаметр отверстий также последовательно можно увеличивать путем их рассверливания.

В остальном комплектация увлажнителей воздуха, используемых в турецких банях, не отличается от изотермических увлажнителей общего назначения. Необходимым является использование следующих элементов гидравлической обвязки:

1. Паропровод марки SFH022 диаметром 22 мм для увлажнителей типа SD, имеющих производительность до 5,0 кг/час, включительно, и паропровод марки SFH030 диаметром 30 мм для увлажнителей типа SD, имеющих производительность 8,2 кг/час и выше. При этом увлажнители серии SD производительностью до 12,8 кг/час включительно снабжаются одним паропроводом, а увлажнители, имеющие производительность 23 кг/час и выше, – двумя паропроводами. Увлажнители типа UE, имеющие производительность до 3 кг/час включительно предусматривают использование паропровода диаметром 22 мм (SFH022), производительностью от 5 до 45 кг/час используют паропровод диаметром 30 мм (SFH030), производительностью 65 кг/час - паропровод диаметром 40 мм (SFH040). При этом увлажнители серии UE производительностью до 15 кг/час включительно снабжаются одним паропроводом, а увлажнители, имеющие производительность 25 кг/час и выше, – двумя паропроводами.
2. Шланг марки SFC006 диаметром 7 мм для отвода конденсата от парораспределительной форсунки. Шланг прокладывается параллельно паропроводу и должен быть на 0,5-1 м длиннее его с целью образования гидравлического затвора в виде петли либо кольца.
3. Шланг марки SFC008 диаметром 6 мм для подачи питающей воды. Вместо указанного шланга предпочтительным является использование медной трубки.
4. Адаптер марки RDS180 для подсоединения шланга линии питающей воды (SFC008) к увлажнителю под углом 180°. В зависимости от способа установки агрегата возможно также подсоединение шланга линии питающей воды под углом 90° с использованием адаптера RDS90. В первом случае водяная линия прокладывается вдоль стены и подсоединяется перпендикулярно нижнему основанию агрегата. Во втором случае водяная линия прокладывается сквозь стену и подсоединяется параллельно нижнему основанию агрегата. Для подсоединения медной трубки используется адаптер марки RDS 90R, имеющий вход под углом 90°.
5. Шланг марки SFH040 диаметром 40 мм для слива воды из донного бачка в канализационную систему. Шланг имеет длину 1 м и служит, по существу, гибкой вставкой, продолжением которой может быть металлическая труба. Наличие гибкой вставки предотвращает вибрационные нагрузки, обеспечивая простое и надежное подсоединение к агрегату линии слива.

Следует отметить, что помимо совершенства конструкции увлажнителей воздуха и должной гидравлической обвязки важным является правильная их установка с учетом конкретных особенностей объекта применения. Увлажнение само по себе представляет чрезвычайно сложный процесс в его технической реализации. Ошибки проектных решений, а также погрешности монтажа приводят к негативным последствиям, связанным с вторичной конденсацией пара внутри паропровода, в парораспределительном устройстве, в объеме помещения и на ограждающих поверхностях в местах, где этого следовало бы избегать. В турецких банях увлажнение осуществляется на грани насыщения воздуха водяными парами, вследствие чего указанные выше обстоятельства приобретают особое значение. Во избежание возникновения неблагоприятных ситуаций в ходе работы увлажнителей воздуха рассматриваемых типов рекомендуется придерживаться следующих основных положений:

1. Длина паропровода не должна превышать 4 м. В противном случае не исключена повышенная конденсация пара внутри паропровода, что приводит к его закупориванию, недопустимому повышению давления внутри цилиндра и выплескам воды. Последнее может вызвать выход из строя агрегата в целом. Кроме того, настоятельно рекомендуется использовать в качестве паропровода только фирменные шланги, обеспечивающие работу при заданных температурных условиях. Использование шлангов других типов, например, вакуумных, приводит к практически неустраняемым негативным последствиям. Прокладка паропровода должна производиться без резких перегибов с уклоном не менее 20% по направлению к увлажнителю. Если разница уровней недостаточна для обеспечения указанного выше уклона или если паровая форсунка находится ниже соединительного патрубка парового цилиндра, то следует направить паропровод вверх от парового цилиндра, а затем наклонить опять вниз по направлению к форсунке с постоянным обратным углом наклона не менее 5%.
2. При достаточной высоте установки форсунки относительно основного агрегата шланг для отвода конденсата от парораспределительной форсунки должен подсоединяться к патрубку, отводящему конденсат в донный бачок агрегата, будучи проложен, как указывалось выше, параллельно паропроводу с уклоном не менее 20%. В противном случае конденсат отводится непосредственно в канализационную систему. Формирование гидравлического затвора (сильфона) в обоих случаях является обязательным. Данный шланг также настоятельно рекомендуется использовать из номенклатуры, поставляемой фирмой-производителем паровых увлажнителей, поскольку отводимый конденсат имеет повышенную температуру.
3. При установке датчиков ASET30000/ASET30001 необходимо путем соответствующей установки DIP-переключателей согласование выхода датчика с входом контроллера, используя токовый (4-20 mA) либо потенциальный (0,5-1 V) сигналы.

При условии соблюдения указанных выше требований и рекомендаций работа увлажнителей воздуха в турецких банях осуществляется успешно на протяжении многих лет. Единственным элементом, подлежащим периодической замене в увлажнителях серий humiSteam (UE) и SD2000, является паровой цилиндр, срок службы которого зависит от качества используемой воды. Анализ опыта эксплуатации свидетельствует о наличии двух основных факторов, существенным образом влияющих на работоспособность паровых цилиндров в условиях использования питающей воды плохого качества:

1. Образование пены, что способствует повышенному эрозионному износу электродов за счет микроскопических электрогидравлических ударов на их поверхности, а также повышенной интенсивности формирования отложений солей на поверхности цилиндра за счет пульсирующего характера электрических токов, протекающих между электродами, что интенсифицирует процесс электролиза солей, содержащихся в питающей воде. Радикальным способом борьбы с указанным явлением служит использование упомянутой выше специальной системы антивспенивания AFS, запатентованной фирмой CAREL и обеспечивающей идентификацию процесса пенообразования в начальной стадии, а также его подавление благодаря особому рабочему циклу.
2. Переходные процессы, связанные с регулированием, в результате чего возможны резкие перепады токовых нагрузок, особенно в режиме Вкл./Выкл., что, как и в предыдущем случае, интенсифицирует процесс электролиза растворенных солей, который, однако, происходит не на микро-, а на макро-уровне. Результатом является ускоренный выход из строя паровых цилиндров. Выходом из положения является использование систем управления пропорционального типа либо систем,

работающих в режиме Вкл./Выкл., но обеспеченных специальными средствами сглаживания возникающих переходных процессов в необходимой степени.

Изложенное свидетельствует о том, что качество увлажнителей воздуха электродного типа (как, впрочем, и других типов) существенным образом определяется совершенством используемых систем управления. В связи с этим неудивительным является тот факт, что фирма CAREL, являющаяся в Европе признанным лидером в области разработки и производства специализированных контроллеров для холодильной техники, систем вентиляции и кондиционирования воздуха, одновременно является поставщиком наиболее надежных и эффективных увлажнителей воздуха, экспортируемых более чем в 80 стран мира. В настоящее время фирма CAREL, в отличие от других, поставляет увлажнители воздуха для воды различной степени жесткости. Имеются модели, работающие в диапазонах значений удельной электропроводности в пределах 300-1250 мкС/см и 125-450 мкС/см при соответствующих максимальных значениях общей жесткости по содержанию  $\text{CaCO}_3$  500 и 200 мг/л;  $\text{CaO}$  10 и 4 моль/м<sup>3</sup>; а также во французских градусах жесткости ( $f^0$ ) 50 и 20. Кроме того, имеется возможность использования разборных цилиндров, в которых замене подлежит только электродная сборка. Капитальные затраты при этом возрастают, а эксплуатационные снижаются. Целесообразность использования разборных цилиндров определяется сроком их окупаемости. При наличии питающей воды очень плохого качества возможно использование дополнительной водоподготовки. В настоящее время в России работает ряд фирм, занимающихся анализом воды и поставкой необходимого оборудования водоподготовки, в частности, систем обратного осмоса.

В заключение следует отметить, что если на этапах проектирования, монтажа и пуско-наладки необходим определенный профессионализм исполнителей, то с точки зрения конечного пользователя данные агрегаты, работающие в полностью автоматическом режиме, являются простыми в эксплуатации, обеспеченными удобными средствами отображения, а также изменения желаемых параметров непосредственно на контроллере, оснащенный клавиатурой и дисплеем, либо с помощью централизованного блока управления humiVisor. Возможно также включение агрегатов в общую систему управления зданием (BMS).