

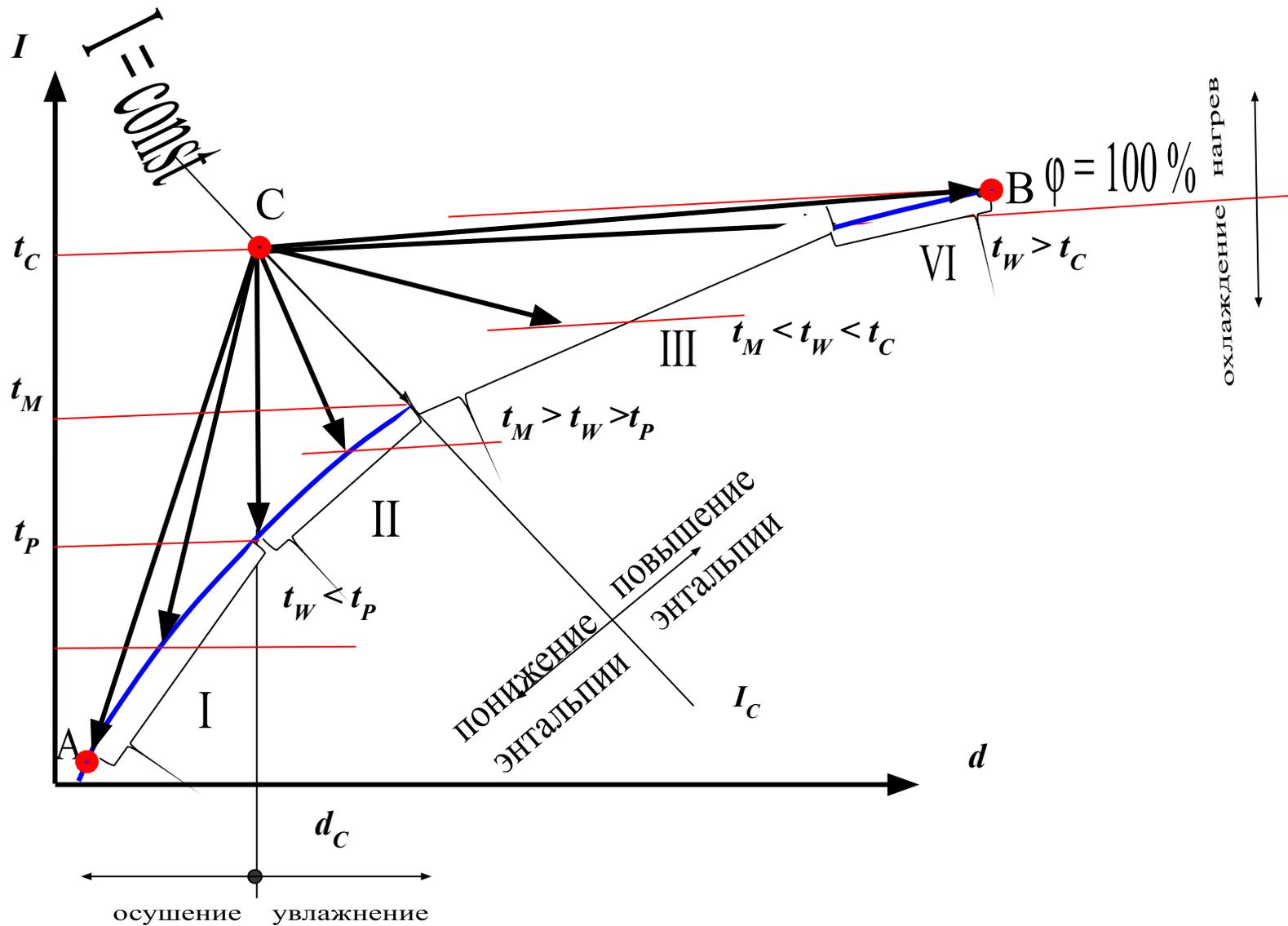
# Процессы тепловлажностной обработки воздуха при контакте с водой

При контакте воздуха с водой изменяется его влаго-содержание.

Контакт на самом деле происходит между воздухом данного состояния и насыщенным воздухом, находящимся над поверхностью воды и имеющим одинаковую с ней температуру (т.е. происходит своеобразный процесс смешения двух объемов воздуха с различными параметрами)

Процессы изменения параметров состояния воздуха изображаются в  $I-d$  диаграмме прямыми, соединяющими точки начального состояния воздуха и воды.

# Изображение в $I-d$ диаграмме процессов изменения состояния воздуха при контакте с водой разной температуры



Вся область возможных процессов изменения состояния влажного воздуха, которые можно получить при обработке его водой, ограничена на  $I-d$  диаграмме криволинейным треугольником АСВ.

Две стороны этого треугольника представляют собой касательные СА и СВ, проведенные из точки С, характеризующей начальное состояние воздуха, к кривой  $\varphi = 100\%$ , а третья – часть кривой  $\varphi = 100\%$ , которая заключена между точками касания А и В.

Любой процесс взаимодействия воздуха с водой постоянной температуры изображается в виде луча, находящегося в пределах этого треугольника, так как ни один луч, выходящий из точки С вне треугольника не может пересечься с кривой  $\varphi = 100\%$ .

Через точку С проведем изолинии  $d_c = const$ ,  $I_c = const$  и  $t_c = const$  до пересечения с кривой насыщения. В зависимости от температуры поверхности воды вся область возможных процессов изменения состояния воздуха делится линиями граничных процессов на четыре характерных сектора:

I сектор. Воздух охлаждается и осушается при температуре воды, меньше температуры точки росы  $t_w < t_p$ , то есть температура и влагосодержание воздуха снижаются. При температуре воды, равной температуре точки росы ( $t_w = t_p$ ), происходит «сухое» охлаждение воздуха (без изменения его влагосодержания).

II сектор. Воздух охлаждается и увлажняется при  $t_w > t_p$ . При этом энтальпия воздуха снижается, влагосодержание увеличивается.

При температуре воды, равной температуре мокрого термометра ( $t_w = t_m$ ) энтальпия воздуха практически не изменяется, хотя он охлаждается и одновременно увлажняется.

Такой процесс в технике кондиционирования воздуха называется **изоэнтальпийным**.

Воздух, имеющий более высокую температуру, чем вода, отдает явное тепло. В то же время из-за того, что парциальное давление водяного пара над поверхностью воды больше, чем в воздухе, вода испаряется и отдает воздуху эквивалентное количество скрытого тепла.

Таким образом, энтальпия воздуха не изменяется. При контакте воздуха с водой температура воздуха изменяется и в пределе достигает температуры мокрого термометра.

Данный (*адиабатный*) процесс, не требующий использования искусственного холода, широко используется для увлажнения и охлаждения воздуха.

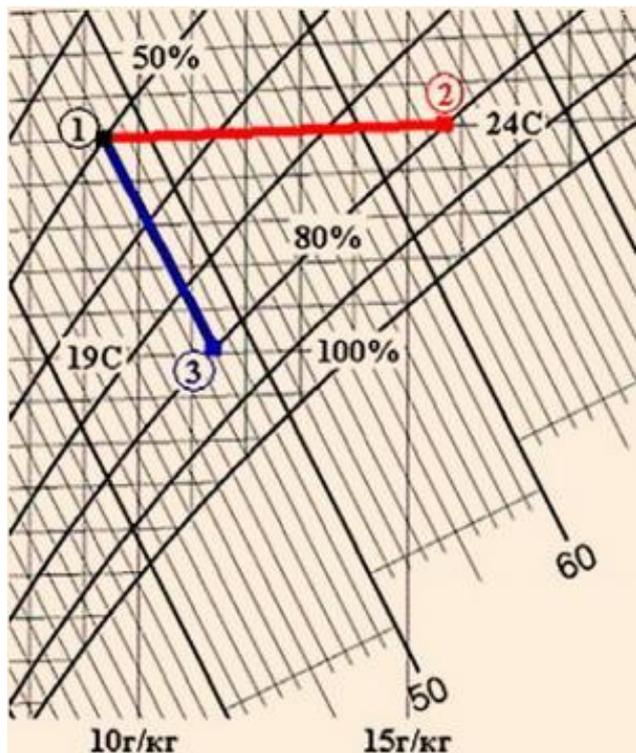
**III сектор.** Воздух охлаждается и увлажняется при температуре воды  $t_m < t_w < t_c$ . При этом энтальпия и влагосодержание воздуха увеличиваются. В случае  $t_w = t_c$  (в изотермическом процессе) воздух увлажняется.

**VI сектор.** Воздух нагревается и увлажняется при  $t_w > t_c$ . Такой процесс находит все более широкое применение в зимнем режиме обработки воздуха.

Направление процессов определяется температурой воды, поэтому направлением процессов обработки воздуха можно управлять, подавая в аппарат воду соответствующей температуры. При рассмотрении изменений состояния воздуха в результате его взаимодействия с водой принимают параметры воздуха на выходе из камеры орошения кондиционера  $t = t_w$ , и  $\varphi = 100\%$ .

Практически в камерах орошения воздух насыщается до  $\varphi = 90...95\%$ .

Применяемые в настоящее время аппараты в основном используют два метода увлажнения - адиабатное (изоэнтальпийное) или изотермическое (линии 1–3 и 1–2 соответственно).



### **Адиабатное (изоэнтальпийное) увлажнение**

Адиабатное увлажнение представляет собой процесс самого обычного испарения воды в окружающую среду. Движущей силой процесса испарения является разность парциальных давлений водяного пара над поверхностью воды (где оно велико и практически равно давлению насыщенного пара) и в окружающем воздухе (где оно ниже, причем тем ниже, чем суше воздух).

С физической точки зрения происходит следующее: поток воздуха поглощает влагу, превращая ее в водяной пар. Процесс превращения воды в пар требует огромного количества энергии. Эту энергию воздух отдает воде, вследствие чего охлаждается. Общая же энергия системы (энтальпия) практически неизменна, поэтому процесс называется изоэнтальпийным (адиабатным).

Эффективность адиабатного увлажнения зависит от площади влажной поверхности и скорости обдувающего ее воздуха.

### **Изотермическое увлажнение**

Изотермическое увлажнение — это процесс смешения водяного пара с потоком воздуха.

Задачей увлажнителя является подготовка пара из воды, но на этот раз энергия, необходимая для превращения жидкости в газ, берется не из воздуха, а из другого источника. В результате температура воздуха при увлажнении практически не изменяется (поэтому метод и называется изотермическим). Установка производительностью 1 л/ч требует 700 Вт энергии.

# Изотермические увлажнители

## ***Нагревательные увлажнители***

В нагревательных увлажнителях вода нагревается и вскипает в специальном бачке, а появляющийся при этом пар подается по шлангу в воздуховод, где равномерно распределяется посредством трубки с мелкими отверстиями по всей длине (парораспределителя).

Генерируемый пар при этом должен быть перегрет, чтобы не конденсироваться на стенках шланга по пути к воздуховоду.

## ***Инфракрасные увлажнители***

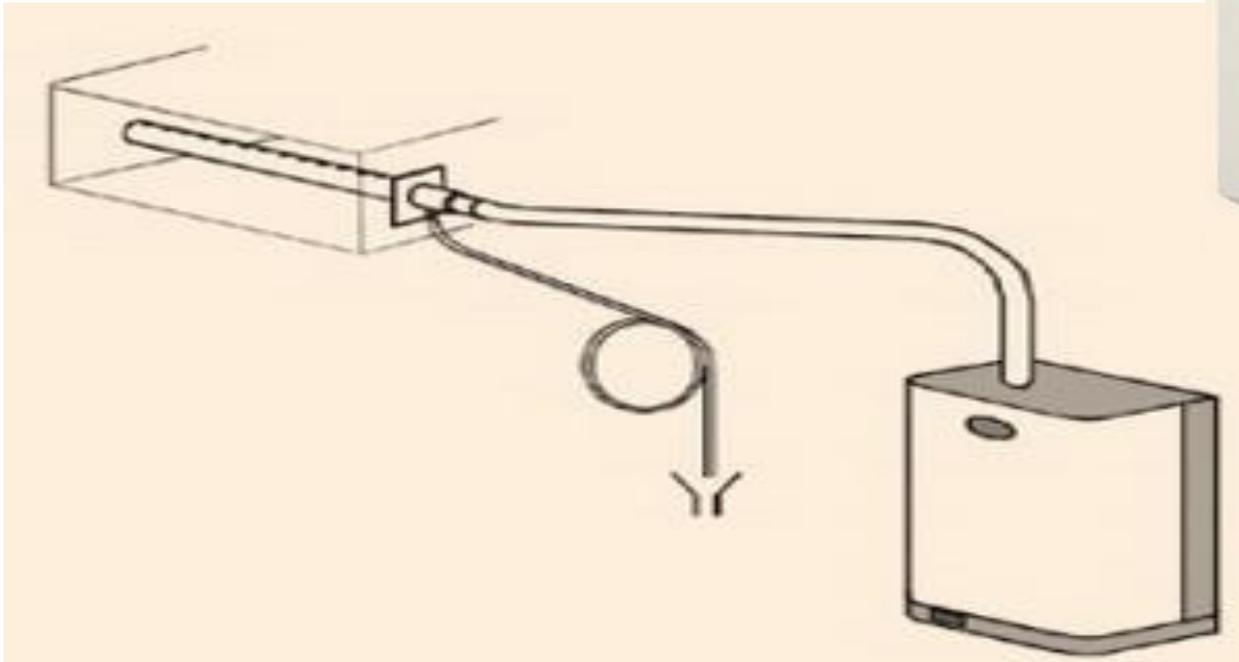
Инфракрасные увлажнители схожи с нагревательными и отличаются лишь способом нагрева воды. В данном случае применяются лампы, греющие воду посредством инфракрасного теплового излучения.

## ***Электродные увлажнители***

Увлажнители электродного типа для получения пара используют явление диссоциации воды — ее разложения под действием электрического тока. В бак с водой опускают два электрода — анод и катод и подают на них напряжение. Ток, проходя через воду, нагревает ее и превращает в пар.

Электродные пароувлажнители более эффективны, нежели нагревательные и инфракрасные. Кроме того, они гораздо безопаснее: в случае отсутствия воды электрическая цепь разрывается и увлажнитель автоматически отключается

# Изотермическое увлажнение в приточной системе вентиляции



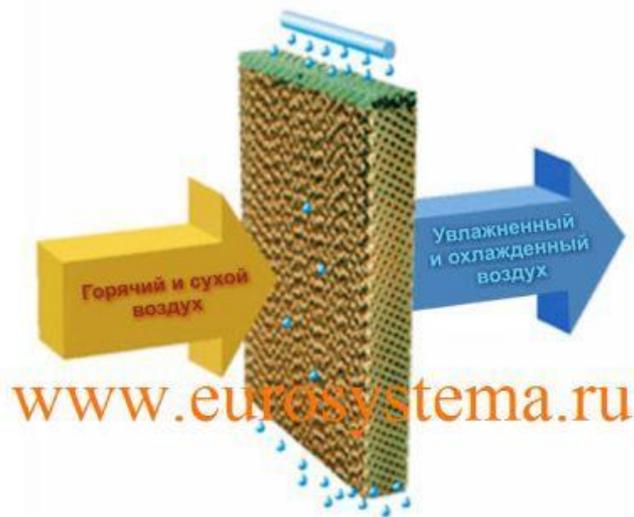
Электродный  
увлажнитель  
HygroMatik

Общая схема установки пароувлажнителя в систему  
приточной вентиляции

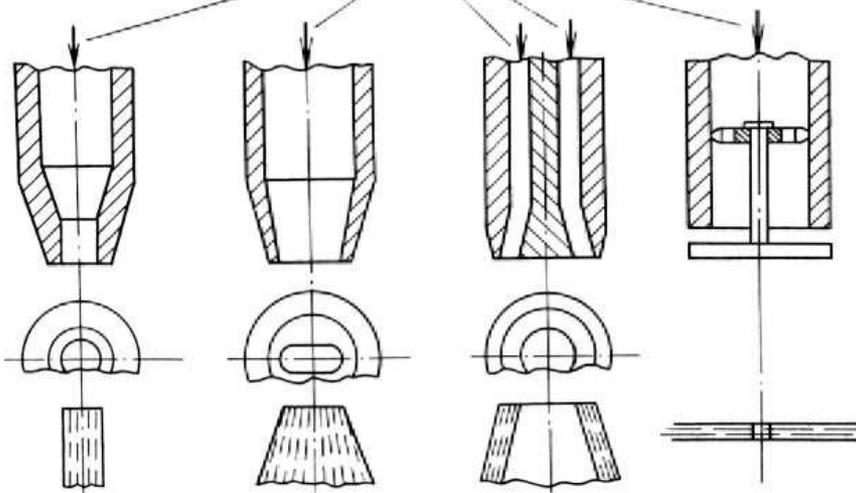
# Адиабатные увлажнители

## Испарительные увлажнители

В испарительных увлажнителях вода подается на специальную поверхность (как правило, бумажную или пластиковую), обдуваемую воздухом. При обдувании влага постепенно испаряется, тем самым увлажняя воздух.

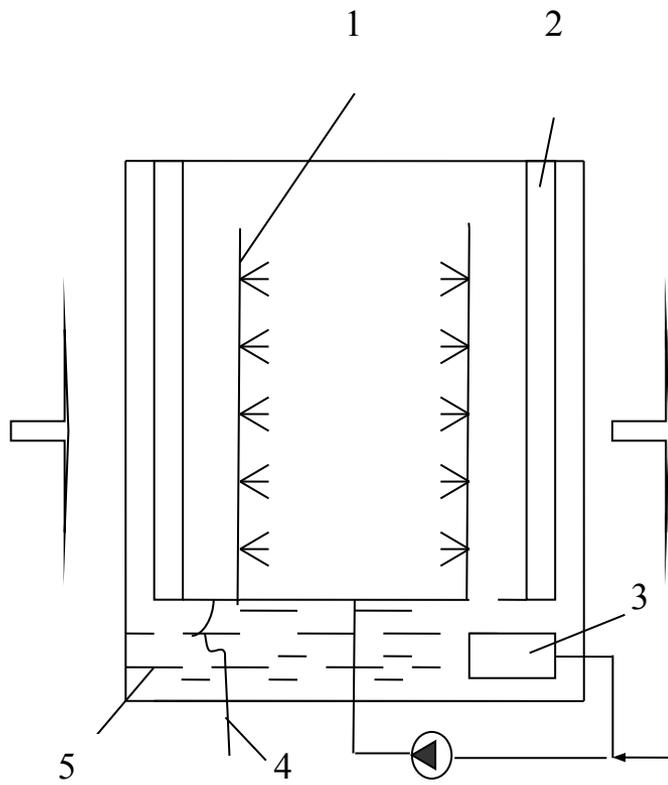


Жидкость

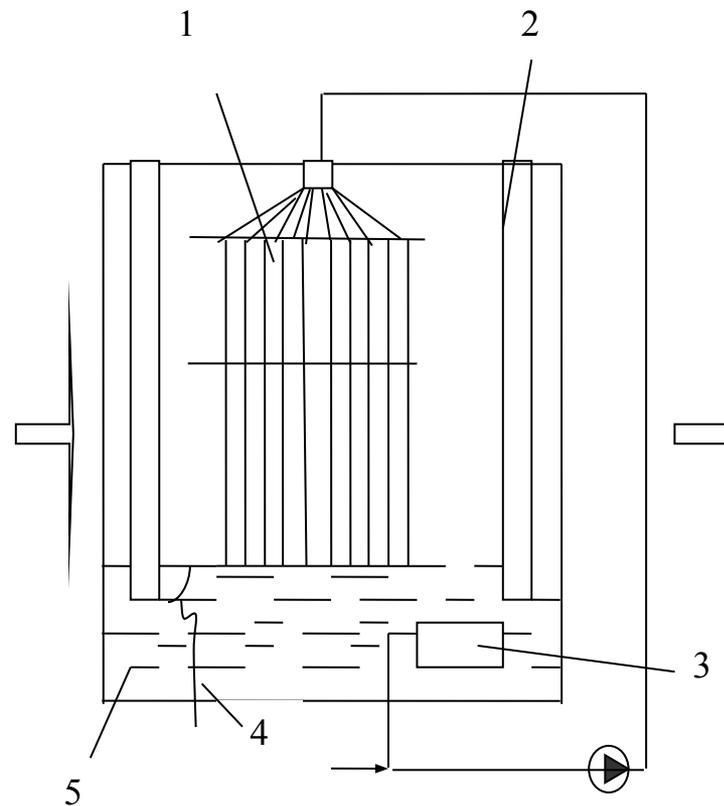


## Расщепляющие увлажнители

Расщепляющие увлажнители используют сжатый воздух или водяной насос высокого давления для расщепления воды на мелкие частицы, которые направляются в поток воздуха и легко испаряются.

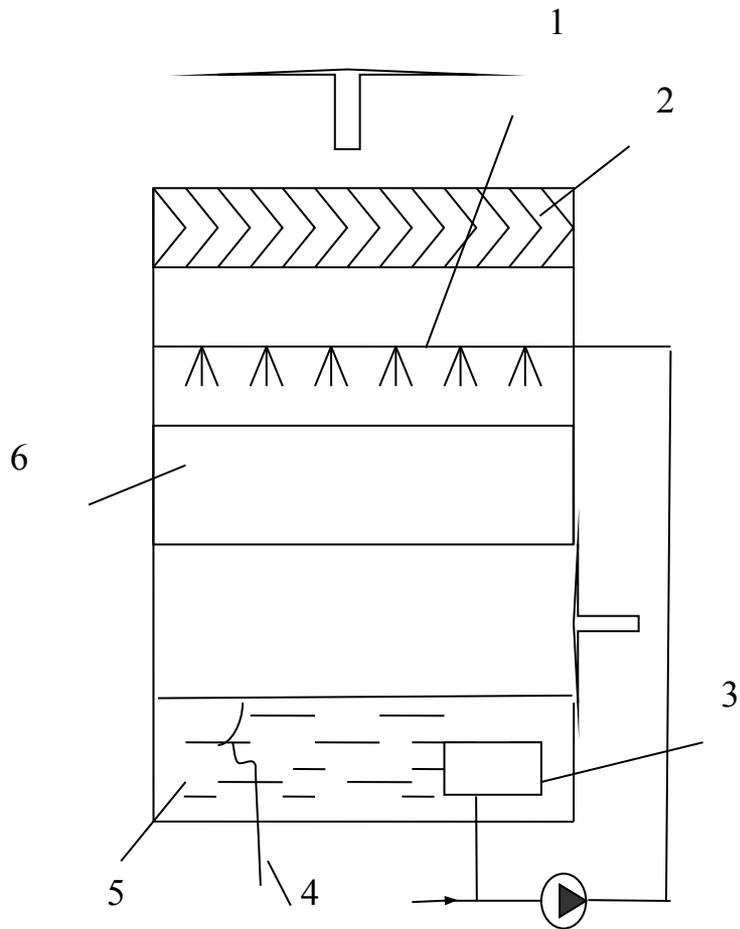


Форсуночная камера с вертикальными стояками

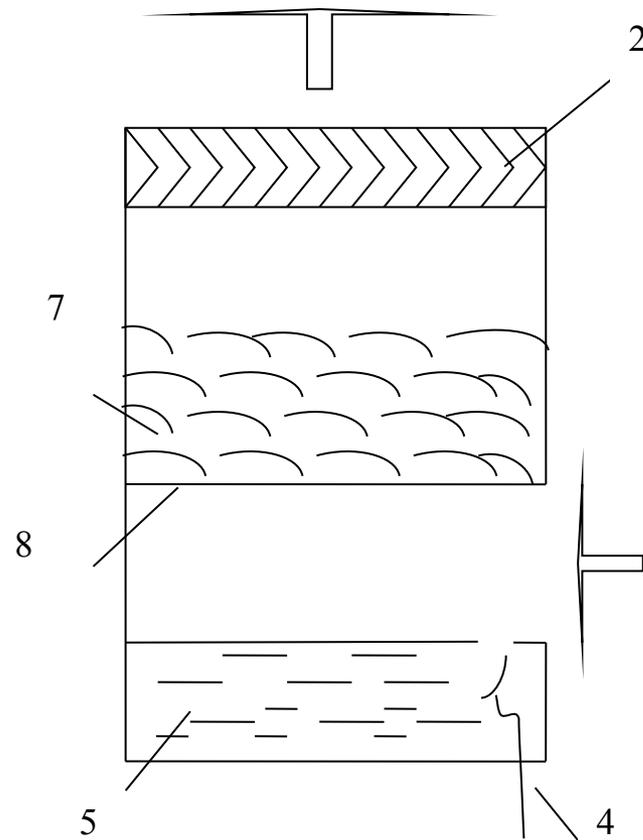


Форсуночная камера с горизонтальным коллектором

1 – форсунки; 2 – каплеотделитель; 3 – фильтр; 4 – перелив, 5 – поддон;



Аппарат с орошаемой насадкой



Пенный аппарат

1 – форсунки; 2 – каплеотделитель; 3 – фильтр; 4 – перелив, 5 – поддон; 6 – орошаемая насадка; 7 – вспененный слой, 8 – сетка



## ***Ультразвуковые увлажнители***

Это самый современный тип увлажнителей). Здесь используется специальная мембрана, которая вибрирует с высокой частотой. Вода, попадающая на мембрану, мгновенно распыляется и превращается в облако из микрочастиц. Воздух, проходящий через это облако, эффективно поглощает влагу.

## Плюсы, минусы и сферы применения

Основным отличием адиабатного увлажнения от изотермического является то, что в первом случае на испарение воды тратится энергия воздушного потока, вследствие чего он охлаждается, а во втором случае используется электроэнергия из сети. Следовательно, там, где охлаждение воздуха невыгодно, необходимо использовать изотермическое увлажнение.

Например, зимой в приточной вентиляции квартиры, офиса или административного здания воздух, забираемый с улицы, в абсолютной величине содержит мало воды, а потому после нагревания его влажность составляет всего 10–15 %. Увлажнение только что нагретого воздуха адиабатным методом охладит его и потребует очередного нагрева, что усложняет систему. Поэтому в этом случае рекомендуется использовать изотермические увлажнители.

В то же время летом наружный воздух с температурой 28°C и влажностью 35 % при помощи бытового или канального адиабатного увлажнителя может быть охлажден до вполне комфортной температуры 23°C при влажности 60 %. Здесь следует отметить, что увлажнение после 60 % хотя и приводит к последующему снижению температуры воздуха, но не рекомендуется, так как высокая влажность вызывает ощущение духоты и дискомфорта.

Еще одна сфера применения адиабатных увлажнителей — охлаждение воздуха, поступающего в конденсатор, для последующего максимально возможного снижения температуры конденсации в холодильном контуре.

Такая необходимость возникает в жаркие дни и несет в себе сразу несколько преимуществ. Во первых, это позволяет избежать аварии холодильной установки по высокому давлению. Во вторых, снижение температуры конденсации на 1°C увеличивает холодильную мощность на 3 %. Наконец, если адиабатное охлаждение воздуха для конденсатора было заложено на стадии проектирования установки, то это позволит сэкономить на капитальных вложениях: потребуется менее мощный конденсатор или драйкулер.

Данная система может использоваться в конденсаторах чиллеров, в компрессорно-конденсаторных блоках, выносных конденсаторах, а также в драйкулерах и других охладителях рабочего вещества (воды, раствора гликоля, хладагента) наружным воздухом.