

# ***Petrospek***

## ***ОСУШИТЕЛИ CD***

***фирмы***

# **Dantherm<sup>®</sup>**

***(Дания)***

# ***РУКОВОДСТВО ПО ПРОЕКТИРОВАНИЮ***



*Санкт-Петербург  
январь 1998*

# СОДЕРЖАНИЕ

## 0. ВВЕДЕНИЕ

### 0.1 Осушение

### 0.2 Принципы осушения

- 0.2.1 Отопление и вентиляция
- 0.2.2 Абсорбционное осушение
- 0.2.3 Конденсорное осушение

### 0.3 Энергетический баланс при конденсорном осушении.

## 1. ФУНКЦИОНИРОВАНИЕ

### 1.1 Расположение вентиляторов

- 1.1.1 Осушители с одним вентилятором
- 1.1.2 Осушители с двумя вентиляторами

### 1.2 Система охлаждения

- 1.2.1 Система охлаждения с расширительным вентилем и пассивным оттаиванием
- 1.2.2 Система охлаждения с капиллярными трубками и байпасным оттаиванием
- 1.2.3 Система охлаждения с расширительным вентилем и оттаиванием посредством горячего газа хладагента.

### 1.3 Электрические системы

- 1.3.1 Электронагревательный элемент
- 1.3.2 Внешние устройства управления (дистанционное управление)
- 1.3.3 Внутренние устройства управления
  - 1.3.3.1 Рабочий диапазон температур
  - 1.3.3.2 Температурная зависимость, таймер оттаивания
  - 1.3.3.3 Регулирование оттаивания в зависимости от температуры
  - 1.3.3.4 Регулирование вентилятора
  - 1.3.3.5 Запатентованная система управления

## 2. СЕРИЙНЫЙ РЯД ОСУШИТЕЛЕЙ DANTHERM

2.1.0 CD 500

2.1.1 CD 600

2.2.0 CD 1100

2.2.1 CD 1800

2.2.2 CD 2400

2.3.0 CD-B 1000, CD-B 1700

2.4.0 CDP 20, CDP 30

2.4.1 CD 40, CD 50

2.5.0 CDE 3000

2.6.0 CDS 3000, CDS 6000, CDS 12000

## 3. ОБЛАСТИ ПРИМЕНЕНИЯ И ПОДБОР

### 3.0 Области применения

3.0.1 Ограничения по применению

### 3.1 Принцип подбора

3.1.1 Номограмма состояния влажного воздуха

### 3.2 Осушение воздуха в помещении

- 3.2.0 Общая информация
- 3.2.1 Подбор оборудования для осушения воздуха в помещении
  - 3.2.1.1 Герметичная камера
  - 3.2.1.2 Помещение с наличием воздухообмена
  - 3.2.1.3 Помещение с находящимися в нем людьми

### 3.3 Сухое хранение

- 3.3.0 Общая информация
- 3.3.1 Подбор оборудования

### 3.4 Просушка

- 3.4.0 Общая информация
- 3.4.1 Ликвидация последствий аварийных проливов
- 3.4.2 Просушка зданий

### 3.5 Сушка древесины

- 3.5.1 Физические характеристики древесины
  - 3.5.2.0 Естественная сушка древесины
  - 3.5.2.1 Искусственная сушка древесины
  - 3.5.2.2 Искусственная сушка древесины при помощи осушителей
  - 3.5.2.3 Конструкция сушильной камеры
  - 3.5.2.4 Подбор оборудования для осушения древесины

### 3.6 Технологическая сушка

3.6.1 Сушка меховых шкур

### 3.7 Осушение в помещениях плавательных бассейнов

3.7.1 Осушение в помещениях плавательных бассейнов, подбор оборудования

## 4. УПРОЩЕННЫЙ РАСЧЕТ ТРЕБУЕМОЙ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ОСУШЕНИЯ (Правило "большого пальца")

### 4.1 Осушение воздуха

### 4.2 Сушильная камера

### 4.3 Просушка после аварийных проливов, просушка зданий

### 4.4 Технологическое осушение

### 4.5 Осушение в помещениях плавательных бассейнов

## 0. ВВЕДЕНИЕ

### 0.1 ОСУШЕНИЕ ВОЗДУХА

Соответствие помещения его функциональному назначению во многом зависит от микроклимата в этом помещении.

Основными факторами, влияющими на климат внутри помещения, являются загрязнение воздуха, посторонние запахи, температура воздуха и его влажность.

В данном руководстве рассматривается один из указанных факторов - влажность воздуха. Под влажностью воздуха понимается количество водяных паров, содержащихся в воздухе.

Способность насыщения воздуха водяным паром увеличивается по мере повышения температуры воздуха вплоть до верхней предельной величины, которая называется точкой насыщения или **точкой росы**. При этой температуре из охлаждаемого воздуха начинает выпадать влага в виде капель конденсата. Хорошо всем известный пример этого - появление мелкокапельной влаги на холодном оконном стекле.

Для оценки содержания водяных паров, присутствующих в воздухе, можно руководствоваться двумя параметрами - абсолютной или относительной влажностью.

**Абсолютной влажностью** называется количество водяного пара в граммах, содержащегося в 1 кг воздуха.

**Относительной влажностью** (%RH) называется процентное соотношение количества водяного пара, содержащегося в воздухе при данной температуре, к максимальному количеству водяного пара, которое может содержаться в воздухе при данной температуре.

Во многих случаях повышенная влажность приводит к таким нежелательным явлениям, как гниение, коррозия, образование плесени и к возникновению проблем технологического характера. Для устранения этих препятствий и предназначено оборудование по осушению воздуха, широкий диапазон которого разработан фирмой Dantherm.

В данном руководстве всесторонне рассматривается процесс осушения и области применения осушителей, но более подробная информация, касающаяся монтажа и использования конкретного оборудования, приводится в соответствующих инструкциях по эксплуатации.

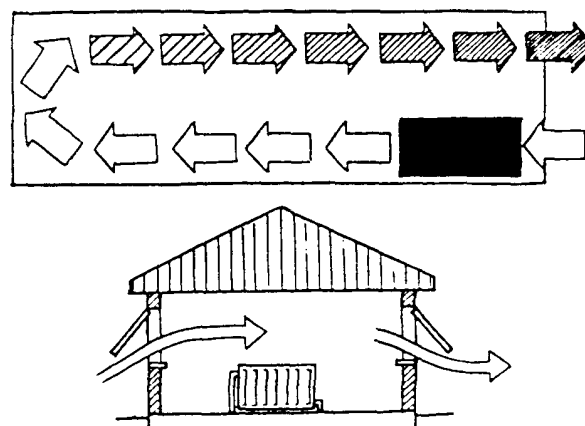
## 0.2.ОСНОВНЫЕ СПОСОБЫ ОСУШЕНИЯ

### 0.2.1 Нагрев и вентиляция

Наиболее известный способ уменьшения влажности в помещении основан не на осушении, как таковом, т.е. удалении влаги из присутствующего воздуха, а на физической способности горячего воздуха удерживать большее количество водяных паров по сравнению с холодным. Поэтому традиционная сушка предполагает нагрев, а затем вентиляцию воздуха.

Однако, в настоящее время данный способ осушения является неэффективным. Во-первых, способность поглощения воздухом водяных паров не постоянна и зависит от времени года, окружающей температуры и влагосодержания воздуха, а во-вторых, в связи с постоянным увеличением стоимости энергопотребления, способ осушения посредством нагрева и вентиляции является экономически нецелесообразным, поскольку вся тепловая энергия влажного вентилируемого воздуха полностью теряется.

**Рис.1 Традиционная сушка**



### 0.2.2 Абсорбционное осушение

Способ осушения по так называемому принципу абсорбции также известен в течение продолжительного времени. Этот способ основан на сорбционных (влагопоглощающих) свойствах некоторых веществ - сорбентов. Имея пористо-капиллярную структуру с химическим импрегнированием, сорбенты извлекают водяной пар из воздуха. Однако, по мере насыщения сорбента влагой эффективность осушения уменьшается. Поэтому сорбент нужно периодически регенерировать, т.е. выпаривать из него влагу путем продувания потоком горячего воздуха, впитывающего водяные пары и забирающего их с собой.

Абсорбционный метод осушения применим в очень широком температурном диапазоне. Недостатками этого метода являются ограниченность срока службы сорбента и необходимость энергетических затрат на нагрев воздушного потока для регенерации, которая требует притока свежего воздуха, что приводит к увеличению влажности в помещении.

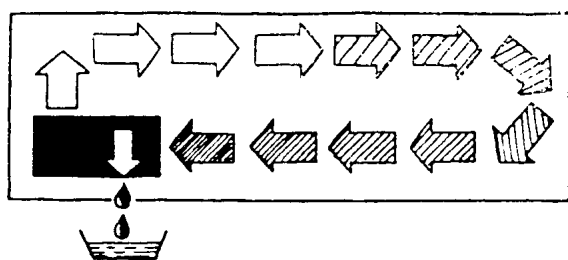
### 0.2.3 Осушение способом конденсации

Метод осушения воздуха, который используется в оборудовании фирмы Dantherm, основан на принципе конденсации водяных паров, содержащихся в воздухе, при охлаждении его ниже точки росы. Отсюда и произошел термин "конденсорное осушение".

Как правило, конденсорный осушитель состоит из компрессорной холодильной установки, необходимой для создания охлажденной поверхности, и вентилятора, подающего воздушные массы на эту поверхность для обеспечения контакта с ней влажного воздуха. Воздух, прошедший через систему осушения и, следовательно, утративший определенную часть содержащейся в нем влаги, вновь подается в помещение и смешивается с окружающим воздухом. Таким образом, относительная влажность воздуха (RH) в помещении постепенно снижается.

Конденсорное осушение полностью отличается от традиционных методов, описанных выше.

**Рис. 2 Конденсорное осушение**



Осушитель, функционируя в закрытом помещении, обеспечивает уменьшение относительной влажности до установленного значения независимо от параметров наружной среды и времени года.

Тем не менее, чтобы достичь эффективного осушения, необходимо снизить до возможного минимума инфильтрацию воздуха снаружи.

### 0.3 ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ БАЛАНС ПРИ КОНДЕНСОРНОМ ОСУШЕНИИ

С экономической точки зрения конденсорное осушение является более эффективным по сравнению с большинством предлагаемых альтернативных вариантов, так как потребляемая

электрическая энергия используется в процессе работы системы без каких-либо потерь. Электрическая энергия, потребляемая электродвигателями компрессора и вентилятора, преобразуется в механическую энергию и тепловые потери работы электродвигателей. Тепловая энергия потерь высвобождается непосредственно в воздушный поток, способствуя его нагреву.

Механическая энергия вентилятора передается воздуху в виде кинетической энергии циркулирующего воздушного потока, после чего она опять превращается в тепловую энергию воздуха, как результат турбулентности воздушных масс и действия сил трения.

Механическая энергия компрессора, активируя сам процесс охлаждения, а, следовательно, и осушения, полностью преобразуется в тепловую энергию.

Влажный воздух содержит большое количество теплоты (скрытая часть энтальпии), которая представляет собой энергию необходимую для фазового перехода воды из жидкого в парообразное состояние. Эта энергия называется также теплотой испарения или теплотой конденсации. В процессе осушения при конденсации 1 л воды высвобождается около 580 ккал/кг воды (2.4 мДж/кг).

Если влага, которую требуется удалить, присутствует в виде содержащихся в воздухе водяных паров (например, при осушении воздуха в помещении), то высвобождаемая при конденсации скрытая теплота будет способствовать увеличению температуры воздуха в помещении.

Если же влага присутствует в виде жидкости в каком-либо материале и речь идет уже о просушке этого материала, то, опять-таки, то же самое количество энергии будет требоваться для аккумулирования скрытой теплоты, необходимой для испарения воды из высушиваемого материала. Процесс просушки материалов характеризуется цикличностью преобразования тепловой энергии, которая потребляется при испарении влаги из материала и высвобождается при ее конденсации из воздуха.

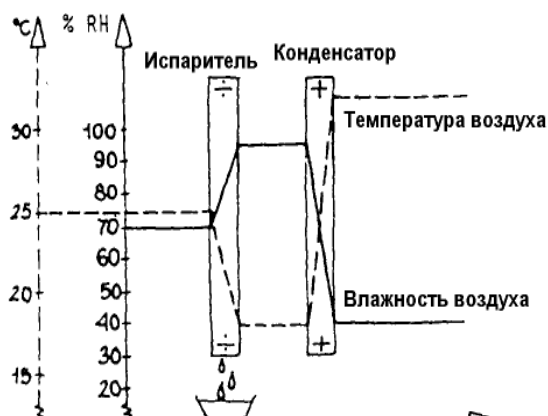
## 1. ФУНКЦИОНИРОВАНИЕ ОСУШИТЕЛЕЙ DANATHERM

При прохождении через теплопоглощающий элемент холодильной установки (испаритель) воздушный поток охлаждается ниже точки росы и в результате происходит конденсация содержащихся в воздухе водяных паров.

Конденсат накапливается в поддоне под испарителем, откуда отводится в специальную емкость для сбора конденсата или в дренажную систему.

В тепловыделяющем элементе холодильной установки (конденсаторе) воздух опять нагревается и подается в помещение, имея более высокую температуру, чем температура окружающего воздуха, но значительно меньшую влажность. (См. Рис.3).

**Рис.3**



При постоянном смешивании осушенного теплого воздуха с воздухом помещения происходит постепенное снижение относительной влажности RH. Таким образом можно достичь желаемую величину относительной влажности воздуха в помещении и поддерживать ее на заданном уровне. Если же осушитель используется с целью просушки материалов, то уменьшение относительной влажности воздуха вызовет соответствующее увеличение испарения влаги из просушиваемых материалов.

Как правило, управление осушителей Dantherm осуществляется автоматически посредством гигростата, который предварительно устанавливается на определенное значение относительной влажности RH. Когда относительная влажность в помещении начинает превышать установленную величину, осушитель автоматически включается и работает до достижения заданного значения.

Осушителем можно также управлять вручную, без применения гигростата, т.е. используя встроенный выключатель.

Несмотря на то, что спектр осушителей Dantherm довольно широк, все модели обладают общими характерными признаками, касающимися функционирования и конструктивного исполнения.

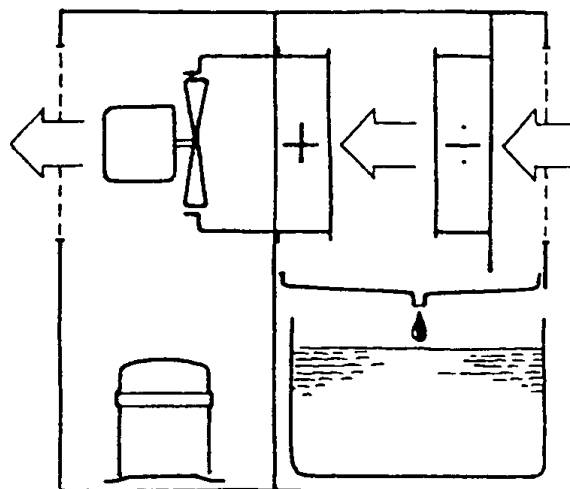
## 1.1 РАСПОЛОЖЕНИЕ ВЕНТИЛЯТОРОВ

### 1.1.1 Осушители с одним вентилятором

Осушители Dantherm малой мощности оснащены только одним вентилятором, который продувает воздух через испаритель, где происходит его охлаждение и конденсация содержащейся в нем

влаги, а затем через конденсатор, где воздух вновь нагревается. (См. схему на Рис.4).

**Рис.4**



**-:** Испаритель

**+:** Конденсатор

В системе охлаждения с одним вентилятором происходит лишь кратковременное снижение температуры воздуха - только на тот период, пока холодный воздух вновь не нагреется в конденсаторе. Фактически этот промежуток времени составляет менее одной секунды. Температура воздуха после подогрева его в конденсаторе на 5 - 8 К выше, чем температура окружающего воздуха в помещении по той причине, что потребляемая электрическая энергия, как уже отмечалось, преобразуется в тепловую, а в процессе конденсации водяного пара происходит выделение скрытой теплоты. (См. п. 0.3).

Такое расположение вентилятора в основном используется в небольших моделях осушителей Dantherm, таких, например, как **CD 500, CD600, CD-B 1100/1700, CDE 3000**.

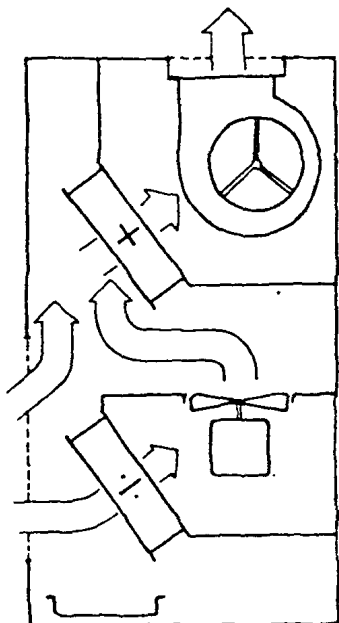
Модели **CDP-20** и **CDP-30** имеют соответственно 2 и 3 вентилятора, но, практически, они представляют систему идентичную описанной выше.

Модели **CD-B 1000/1700, CD 2400, CD-40** и **CD-50** оснащены *центробежным вентилятором*.

### 1.1.1 Осушители с двумя вентиляторами

Осушители Dantherm высокой производительности оборудуются двумя вентиляторами, один из которых предназначен для обслуживания секции испарителя (телопоглощающая холодная поверхность), а второй - для обслуживания секции конденсатора (теловыделяющая горячая поверхность). См. схему на Рис. 5.

Рис.5



∓: Испаритель

+ : Конденсатор

Вентилятор испарителя управляется посредством электронной системы, которая регулирует расход поступающего воздуха в зависимости от существующих температурно-влажностных характеристик среды.

После того как поток осушенного воздуха проходит через вентилятор испарителя, он смешивается с дополнительным воздушным потоком, поступающим из помещения (байпасный воздушный поток), а затем этот смешанный воздух продувается через конденсатор холодильной установки и, в результате, нагревается. Как уже отмечалось в п. 1.1.1, конечная температура воздуха после прохождения конденсатора на 5-8 К выше, чем температура окружающего воздуха в помещении. Такая система функционирования вентиляторов используется в моделях **CDS 3000/6000/12000**.

### 1.2 СИСТЕМА ОХЛАЖДЕНИЯ

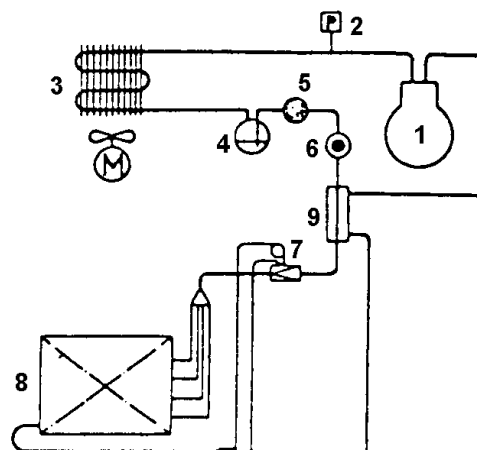
В зависимости от области применения осушители Dantherm имеют различные системы охлаждения. Все осушители оснащаются автоматической системой оттаивания, поэтому агрегаты можно использовать при низких температурах

окружающего воздуха, когда обычно происходит замерзание конденсирующейся на поверхности испарителя влаги и, соответственно, его обледенение. Периодически, в результате срабатывания функции оттаивания, образовавшийся лед размораживается, а талая вода отводится в дренажную систему. Однако, имеется три типа осушителей, специально предназначенных для работы при повышенных температурах окружающей среды, которые не оборудованы такими системами оттаивания. Осушители модели **CDE 3000** имеют *пассивную систему оттаивания*, а осушители для помещений плавательных бассейнов моделей **CD-40 и CD-50** работают вообще *без системы оттаивания*.

Рабочие температурные условия осушителей различаются в зависимости от модели и конкретно указаны в п.2 при описании каждой из них.

### 1.2.1 Система охлаждения с терморегулирующим вентилем и пассивным оттаиванием

Рис.6



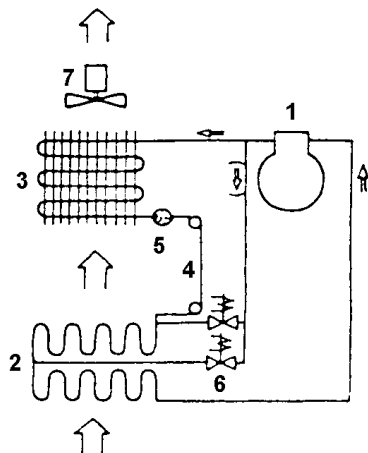
1. Герметичный компрессор
2. Прессостат линии высокого давления
3. Конденсатор
4. Ресивер
5. Фильтр-осушитель линии жидкого хладагента
6. Смотровое окно
7. Терморегулирующий вентиль
8. Испаритель
9. Теплообменник

Данная система охлаждения достаточно проста и не требует повторного регулирования процесса оттаивания. Подача хладагента в испаритель контролируется терморегулирующим вентилем (7). Теплообменник (9) обеспечивает необходимую степень переохлаждения жидкого хладагента и, следовательно, наиболее эффективное использование холодильной мощности.

Теплообменники испарителя и конденсатора выполнены из медных трубок с алюминиевыми ребрами. Изображенная на Рис.6 система охлаждения применяется в осушителях модели **CDE 3000**. Похожая система охлаждения используется в моделях **CD-40, CD-50**.

### 1.2.2 Система охлаждения с капиллярными трубками и байпасным оттаиванием

Рис.7



1. Герметичный компрессор
2. Испаритель
3. Конденсатор
4. Капиллярная трубка
5. Фильтр-осушитель линии жидкого хладагента
6. Соленоидные клапаны
7. Вентилятор

В таких системах охлаждения роль дросселирующего устройства выполняет капиллярная трубка (4), посредством которой устанавливается необходимое давление стороны нагнетания и стороны всасывания холодильного контура. В качестве испарителя используется гладкотрубный или оребренный теплообменник. Конденсатор состоит из медных трубок с алюминиевыми ребрами. При открытии соленоидных вентилей горячий газообразный хладагент после компрессора и конденсатора попадает в испаритель и отдает свою тепловую энергию, в результате происходит оттаивание льда на поверхности испарителя, а талые воды стекают в поддон.

Такая система охлаждения применяется в осушителях модели **CD-B 1000/1700**. В моделях **CD 500, CD 600, CD 1100/1800/2400** используется только один соленоидный вентиль.

### 1.2.3 Система охлаждения с терморегулирующим вентилем и оттаиванием посредством горячих газов хладагента

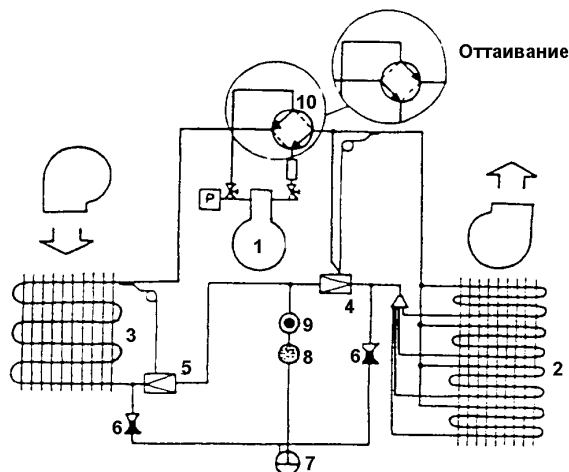


Рис.8

1. Герметичный компрессор
2. Испаритель (нормальное функционирование, т.е. не в режиме оттаивания)
3. Конденсатор (нормальное функционирование, т.е. не в режиме оттаивания)
4. Первичный терморегулирующий вентиль
5. Вторичный терморегулирующий вентиль
6. Невозвратные клапаны
7. Ресивер
8. Фильтр-осушитель линии жидкого хладагента
9. Смотровое окно
10. 4-х ходовой реверсивный клапан
11. Прессостат высокого давления
12. Аккумулятор линии всасывания

В данной системе с помощью 4-х ходового вентиля меняется направление движения хладагента во время процесса оттаивания, при этом функции испарителя и конденсатора также взаимозаменяются. В отличие от системы с байпасным оттаиванием (п. 1.2.2) процесс охлаждения в данном случае происходит постоянно и в результате работы компрессора непрерывно вырабатывается горячий газообразный хладагент. Тепловая энергия передается с горячим газом в первоначальный испаритель, обеспечивая его эффективное оттаивание. Так как данная система работает с терморегулирующим вентилем и ресивером жидкости, то ее невозможно полностью реверсировать подобно системе с капиллярной трубкой ввиду того, что ресивер должен всегда находиться напротив ТРВ контура охлаждения, а хладагент не может следовать через этот вентиль в обратном направлении. Поэтому в системе предусмотрен вторичный контур охлаждения со своим терморегулирующим вентилем, что позволяет конденсатору выполнять функцию испарителя. Встроенный невозвратный клапан в соответствии с работой 4-х ходового вентиля обеспечивает реверсирование жидкого хладагента. Теплообменники конденсатора и испарителя, используемые в таких системах, выполнены из медных трубок с алюминиевыми ребрами (см.п.3.7 по коррозионной защите). Рассмотренная система находит применение в осушителях моделей **CDS 3000, CDS 6000, CDS 12000**.

*Все осушители Dantherm соответствуют действующим международным стандартам и, в частности, отвечают требованиям предъявляемым к холодильным агентам.*

## **1.3 ЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ СИСТЕМА И СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ**

### **1.3.1 Электронагревательный элемент**

Помимо того, что сам процесс осушения в результате высвобождения тепловой энергии способствует увеличению температуры воздуха в помещении, некоторые осушители Dantherm оснащаются электрокалориферами для дополнительного нагрева выходящего воздуха, т.е. могут использоваться одновременно в качестве воздухонагревателей. Такая конструкция предусматривается либо для того, чтобы достичь наиболее оптимальной рабочей температуры, либо для повышения температуры воздуха в помещении с целью соответствия ее рабочему температурному диапазону данного осушителя. Даже если температура воздуха в помещении находится в пределах рабочего температурного диапазона осушителя, иногда, например, при просушке сырых зданий, влажных материалов, возникает необходимость дополнительного нагрева воздуха, особенно на ранних стадиях процесса осушения. При этом происходит ускоренное испарение влаги из стен здания и материалов, вследствие чего относительная влажность RH не снижается при увеличении температуры. Производительность осушения также увеличивается, а, следовательно, на какой-то период происходит ускорение процесса осушения.

Для тех областей применения, где период осушения не имеет первостепенного значения, дополнительный нагрев воздуха экономически себя не оправдывает. Увеличение температуры без испарения дополнительного количества паров воды способствует снижению относительной влажности, что, в первую очередь, означает уменьшение производительности осушения, так как наибольшая часть холодильной способности осушителя будет в данном случае использоваться на охлаждение воздуха ниже точки росы.

Модели **CD-B 1000/1700** и **CDE 3000** в стандартном исполнении оснащаются встроенным электронагревательным элементом. Для моделей **CDS** подобные калориферы поставляются в качестве дополнительных аксессуаров и требуют установки специального воздухораспределительного оголовка. Мощность калорифера для осушителей моделей **CDS - 7.2 кВт**, модели **CDE 3000 - 3.7 кВт**. Эти калориферы рассчитаны на **трехфазное** электропитание. Электронагревательные

элементы для осушителей **CD-B 1000/1700 - однофазные** и имеют тепловую мощность **1.1 кВт**. В стандартном исполнении электрическая панель управления оснащена специальными выводами для подсоединения термостата, контролирующего температуру электрокалорифера.

### **1.3.2 Внешнее управление**

Управление работой осушителя выполняется по типу Включено/Выключено либо вручную - при использовании выключателя, расположенного на самом осушителе, либо автоматически - посредством гигростата или же гигростата и термостата вместе в том случае, если требуется поддержание заданных величин относительной влажности и температуры. Способ подсоединения гигростата к осушителю зависит от конкретной модели.

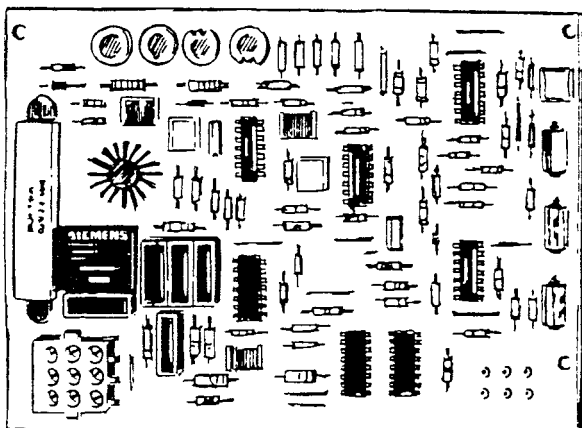
В осушителях моделей **CD 500** и **CD-B 1000/1700** гигростат встроен в корпус агрегата. Для моделей **CD 600/1100/1800/2400** гигростат, в целях его монтажа отдельно от осушителя, поставляется с аксессуарами: кабелем, штепсельной вилкой и настенными кронштейнами (для настенного монтажа гигростата). Гигростат, предусматриваемый для моделей **CDP, CD-40/50, CDE и CDS**, должен подключаться к контактным выводам осушителя во время его установки на месте монтажа. Все осушители модели **CDP** из-за повышенной влажности обслуживаемых ими объектов имеют цепь управления на 12 В специально для подключения к ней отдельно устанавливаемого гигростата.

### **1.3.2 Внутреннее управление**

Во всех осушителях CD предусмотрены устройства внутреннего управления и автоматики безопасности - различные выключатели, реле, индикаторные лампочки функционирования и неисправности. Внутри агрегата находится панель управления с прерывателями цепи, реле перегрузок и т.п., а также с блоком электронного управления для осуществления функции оттаивания теплообменника испарителя и отключения осушителя при выходе действующих параметров среды за пределы установленного рабочего диапазона. Встроенная печатная плата легко вынимается и при необходимости заменяется. Платы, используемые в осушителях, бывают 4 различных типов в зависимости от модели установки. Модели **CD-40, CD-50** имеют отдельную панель управления, включающую различные реле и функциональный выключатель.



Рис.9



### **1.3.3.1 Установленный температурный рабочий диапазон**

В п.2 указывается температурный рабочий диапазон для каждой конкретной модели. Если действующая температура ниже или выше предельных величин рабочего диапазона данного осушителя, то происходит автоматическое отключение агрегата во избежание выхода его из строя.

При установлении в помещении допустимой температуры воздуха, т.е. находящейся в пределах рабочего диапазона, осушитель автоматически включается.

### **1.3.3.2 Функция оттаивания с управлением по времени и температурной зависимостью**

Одна из основных функций встроенного электронного блока - оптимальное управление процессом оттаивания. Это означает, что оттаивание происходит только тогда, когда это действительно необходимо, обеспечивая, таким образом, наиболее эффективную производительность осушения.

Осушители малой мощности имеют функцию оттаивания, управляемую только по времени, т.е. через определенные промежутки времени нормальная работа агрегата (без оттаивания) прекращается и происходит реверсирование функций конденсатора и испарителя, а, следовательно, оттаивание последнего. Такая функция оттаивания зависит от температуры поступающего в осушитель воздуха, т.е. электронное управление регулирует интенсивность оттаивания в соответствии с этой температурой.

Когда температура воздуха достаточно высока, функция оттаивания полностью бездействует. При более низких температурах функция оттаивания включается на короткие периоды времени при довольно длительных интервалах между этими периодами. При дальнейшем понижении температуры воздуха время периодов оттаивания увеличивается, в то время как интервалы между ними сокращаются.

Регулирование интенсивности оттаивания происходит ступенчато при фиксированных температурах.

Рассмотренный тип управления функцией оттаивания используется в моделях **CD 500**, **CD-B 1000** и **CD-B 1700**.

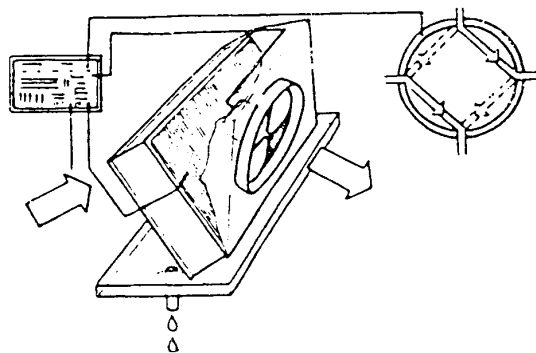
### **1.3.3.3 Функция оттаивания с температурным управлением**

В осушителях большой мощности с терморегулирующим вентилем и оттаиванием при помощи горячего газообразного хладагента функция оттаивания основана на температурном управлении. Устройство управления использует два температурных датчика, один из которых устанавливается в потоке входящего воздуха, а другой - между ребрами испарителя, вследствие чего на него оказывают воздействие температура в испарителе и охлажденного воздуха. При постепенном обледенении испаритель начинает поглощать меньше тепловой энергии, поскольку слой льда является теплоизолятором. Это приводит к понижению температуры в испарителе и дальнейшему его обледенению. Падение температуры в испарителе продолжается до достижения установленного значения, после чего происходит реверсирование контура охлаждения и, таким образом, начинается оттаивание испарителя.

Продолжительность периода оттаивания также зависит от температуры, так как прежде, чем блок электронного управления опять переключит осушитель на нормальное функционирование, температура на ребрах испарителя должна повыситься до  $+5 \div +10^{\circ}\text{C}$ .

Температура инициации оттаивания зависит от температуры входящего воздуха. Это означает, что при понижении температуры воздуха в помещении, функция оттаивания также вступает в действие при более низкой температуре. Если же температура окружающего воздуха достаточно высока, то и температура в испарителе никогда не будет настолько низкой, чтобы инициировалась функция оттаивания. В осушителях моделей **CDS 3000/6000/12000** для функции оттаивания используется помимо описанного выше температурного управления, также и управление по времени, которое, в случае невыполнения функции оттаивания по температурному управлению, вводит в действие эту функцию через установленные довольно длительные промежутки времени.

**Рис.10**



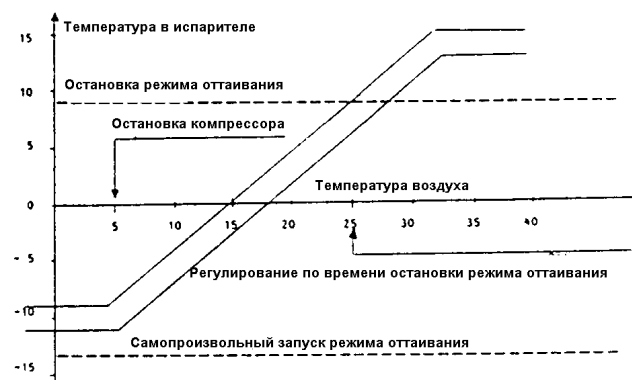
В качестве варианта функции оттаивания с температурным управлением существует еще одна система, применяемая в моделях **CD 600 /1100 /1800 /2400, CDP 20/30 и CDE 3000**. В этой системе также используется температурный датчик, расположенный на задней стенке испарителя. При понижении температуры испарителя в результате его обледенения и достижения определенного значения этой температуры, после некоторой задержки по времени происходит инициирование байпасного оттаивания. После разморозки испарителя и повышения температуры, контролируемой датчиком, система возвращается к нормальному функционированию. Более того, такая система посредством функции запаздывания и максимального периода оттаивания защищена от слишком частых и слишком длительных периодов оттаивания.

### **1.3.3.4 Регулирование скорости вентилятора**

Для достижения оптимального осушения очень важно установить правильное соотношение между температурой входящего воздуха и температурой поверхности испарителя. Следовательно, необходимо отрегулировать величину поступающего воздушного потока в соответствии с хладопроизводительностью испарителя так, чтобы воздух охлаждался ниже точки росы и происходила конденсация содержащихся в нем паров влаги. Температура испарения зависит от нагрузки на испаритель, т.е. от величины расхода воздуха, его температуры и влажности. При больших величинах расхода воздуха нагрузка на испаритель велика и поэтому высока температура испарения. И наоборот, при небольшом воздушном потоке нагрузка на испаритель маленькая, поэтому и температура испарения низкая. Регулирование величины воздушного потока, проходящего через испаритель, дает возможность управления в определенных пределах температурой испарения. Встроенное электронное управление при помощи датчиков температуры входящего воздушного потока и поверхности ребер испарителя (см. п. 1.3.3.3.) позволяет регулировать скорость

вентилятора секции испарителя, т.е. обеспечивает запрограммированное оптимальное соотношение между этими двумя величинами температур. Если действующая температура испарения слишком высока по отношению к температуре входящего воздуха, скорость вентилятора уменьшается, что приводит к снижению нагрузки и, следовательно, снижению температуры испарения. Значительное уменьшение нагрузки может способствовать слишком низкой температуре испарения, а это вызовет увеличение скорости вентилятора. Постепенно уменьшая и увеличивая скорость вентилятора все с меньшими и меньшими отклонениями, электронный контроллер в результате устанавливает запрограммированную температурную зависимость. Управление величиной расхода воздуха, подаваемого на испаритель, выполняется таким образом, что при данной температуре воздуха температура поверхности испарителя может находиться в пределах, определяющихся, как видно из графика на Рис. 11, двумя параллельными линиями.

**Рис. 11 График оптимального соотношения между  $t^{\circ}$  пов. испарителя и  $t^{\circ}$  входящего воздуха**



Вентилятор испарителя во время процесса оттаивания не работает. Такой способ оптимизации величины воздушного потока с температурным управлением применяется в моделях осушителей большой мощности с ТРВ и осуществлением оттаивания посредством горячих газов хладагента (модели **CDS**)

### **1.3.3.5 Запатентованная система управления**

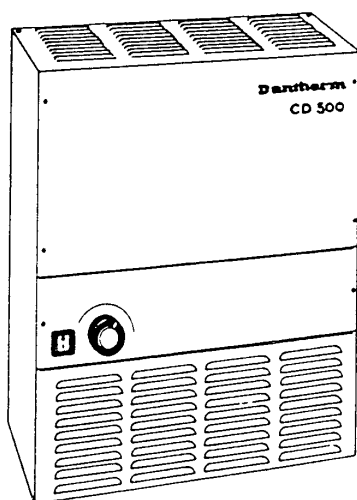
Управление функцией оттаивания (п.1.3.3.3) и скоростью работы вентилятора (п.1.3.3.4) предназначено для наибольшей оптимизации процесса осушения. Эти системы управления оборудования Dantherm являются уникальными и запатентованы во многих странах.

## 2. СЕРИЙНЫЙ РЯД CD ОСУШИТЕЛЕЙ DANThERM

Ниже приводится краткое описание каждой модели или типоразмерного ряда каждой модели осушителей CD с указанием основных конструктивных и функциональных особенностей.

### 2.1.0 CD 500

Рис.12



Осушитель CD 500 является наименьшей моделью в ряду осушителей Dantherm, как в отношении габаритных размеров, так и производительности осушения. Благодаря небольшой ширине ( $D = 225$  мм) осушитель этой модели можно устанавливать в отдельных домах, квартирах, коттеджах, каютах и служебных помещениях катеров.

Возможны 2 варианта монтажа осушителя CD 500 - напольный и настенный. Конденсатоотводную трубку можно подсоединять либо к днищу установки, либо с тыльной стороны осушителя в нижней его части. Конкретную позицию патрубка отвода конденсата можно выбирать непосредственно во время монтажа установки.

#### Функциональные особенности

CD 500 оснащен встроенным гигростатом. Соответствие температурному рабочему диапазону контролируется с помощью электронного управления. Функция оттаивания - с управлением по времени и температурной зависимостью (п.1.3.3.2).

В системе охлаждения используются капиллярные трубки и байпасное оттаивание (п.1.2.2). Система характеризуется наличием только одного вентилятора.

За входным отверстием воздуха с лицевой стороны осушителя установлен воздушный

фильтр, который легко вынимается для очистки, не требуя каких-либо специальных приспособлений для демонтажа.

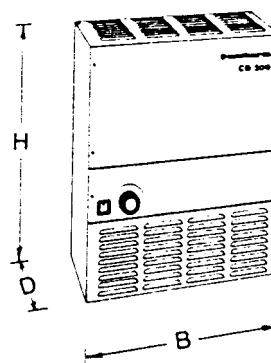
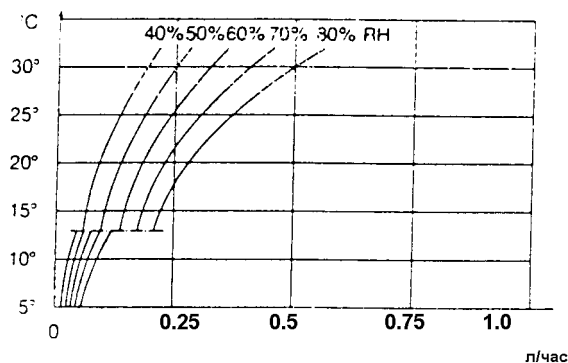


Рис.13

ТЕХНИЧЕСКИЕ ДАННЫЕ		CD 500
Производительность осушения *	л/сутки	12
Рабочий диапазон отн. влажности	% RH	40 - 100
Рабочий температурный диапазон	$^{\circ}\text{C}$	3 - 32
Расход воздуха	$\text{м}^3/\text{час}$	200
Электропитание	В-Гц	220/240 - 50
Сила тока при полной нагрузке (FLC)	A	1.7
Общая потребляемая мощность	кВт	0.31
Номинальная сила тока предохранителя	A	10
Уровень шума на расстоянии 1м/3 м от установки	дБ(A)	50/46
Высота (H)	мм	570
Длина (B)	мм	445
Ширина (D)	мм	225
Вес	кг	27

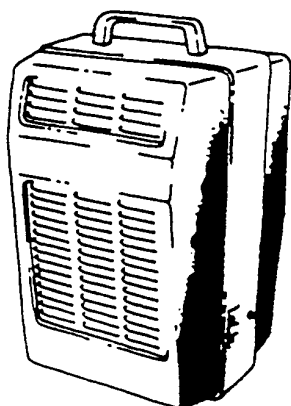
\* при  $30^{\circ}\text{C}$  и отн. влажности RH 80%

Рис.14 График зависимости производительности осушения CD 500 от температуры и влажности воздуха



## 2.1.1 CD 600

Рис.15



Осушитель модели CD 600 представляет собой небольшую переносную установку с оригинальной формой корпуса. Эта модель предназначена для использования в подсобных и основных помещениях, где существует проблема устранения повышенной влажности, например, в ванных комнатах, подвалах, саунах, сушильных помещениях прачечных, а также в кемпингах, дачных домиках и на небольших катерах.

Осушитель устанавливается непосредственно на полу или на какой-либо платформе, после чего к нему можно подсоединять дренажный шланг. Однако, подключение к дренажной системе совсем не обязательно, поскольку в стандартном исполнении в установке имеется встроенный сборник конденсата. При его заполнении срабатывает автоматический поплавковый выключатель перелива и осушитель отключается, а после слива воды из водосборника - автоматически включается.

Обычно работа осушителя регулируется вручную, а при необходимости автоматического управления требуется установка отдельного гигростата, который подсоединяется к контактному гнезду осушителя посредством внешнего штекерного разъема. Воздух подается в осушитель с тыльной стороны, проходя через съемный фильтр.

### Функциональные особенности

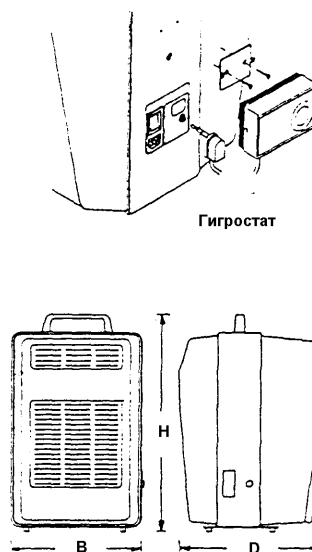
Осушитель оснащен одним вентилятором, который через воздуховоды с распределительными решетками, расположенные с лицевой стороны агрегата, подает осушенный воздух в помещение (п.1.1.1).

В системе охлаждения используются капиллярные трубки и байпасное оттаивание (п.1.2.2).

Вариант электронной системы температурного управления функцией оттаивания, используемой для модели CD 600, описан в п.1.3.3.3. Система управления автоматически отключает осушитель, если параметры среды не соответствуют величинам рабочего диапазона. При

установлении нормальных рабочих условий окружающего воздуха осушитель автоматически включается.

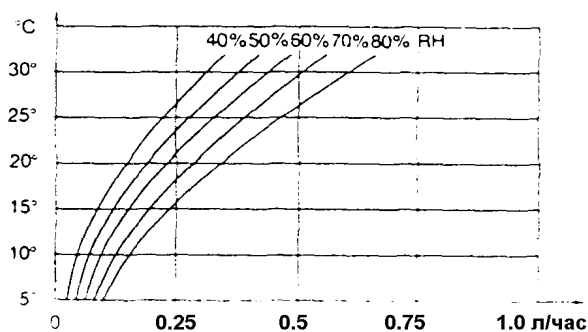
Рис.16



ТЕХНИЧЕСКИЕ ДАННЫЕ		CD 600
Производительность осушения *	л/сутки	15
Рабочий диапазон отн. влажности	% RH	40 - 100
Рабочий температурный диапазон	°C	3 - 32
Расход воздуха	м <sup>3</sup> /час	200
Электропитание	В-Гц	220/240 - 50
Сила тока при полной нагрузке (FLC)	А	1.7
Общая потребляемая мощность	кВт	0.32
Номинальная сила тока предохранителя	А	10
Уровень шума на расстоянии 1м/3 м от установки	дБ(А)	57/ 55
Высота (H)	мм	550
Длина (B)	мм	337
Ширина (D)	мм	366
Вес	кг	22

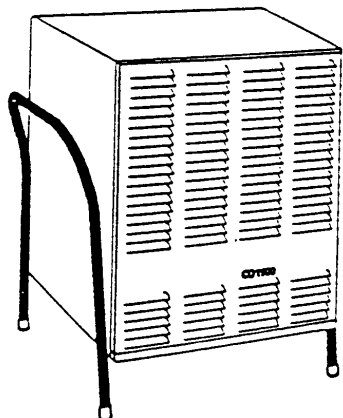
\* при 30°C и отн. влажности RH 80%

Рис.17 График зависимости производительности осушения CD 600 от температуры и влажности воздуха



## 2.2.0 CD 1100

Рис.18



Осушитель модели CD 1100 - компактный переносной агрегат, предназначенный для стационарного или мобильного использования в различных помещениях жилых зданий, складских помещениях, церквях, музеях, гидротехнических сооружениях, а также для ликвидации аварийных проливов и сушки материалов.

Корпус осушителя CD 1100 изготовлен из оцинкованной листовой стали с ударопрочным эмалевым покрытием горячего обжига. CD 1100 имеет встроенный конденсатосборник. При предельном заполнении емкости происходит срабатывание магнитного поплавкового выключателя и подача сигнала электронной системе управления, которая отключает агрегат. В качестве альтернативного варианта предлагается подсоединение дренажного шланга к соединительному патрубку поддона для сбора конденсата.

Осушитель CD 1100 поставляется в комплекте с кабелем и штекерным разъемом для подключения гигростата.

### Функциональные особенности

Соблюдение рабочего диапазона осушителя регулируется электронным блоком, функция оттаивания имеет температурное управление (п. 1.3.3.3).

В системе охлаждения используются капиллярные трубки и байпасный процесс оттаивания (п. 1.2.2).

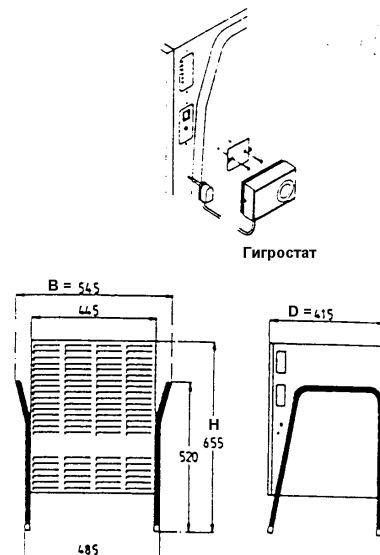
Установка оснащена 1 вентилятором (п.1.1.1).

### Электронное управление

Работа осушителя полностью автоматизирована и регулируется электронной системой управления, встроенной в блок брызгозащищенного исполнения и имеющей для подключения штекерный контактный разъем. Вследствие этого обслуживание и замена электронного блока не представляют трудностей. На панели управления находятся индикаторы температуры, режима оттаивания, предельного заполнения конденсатосборника и др. При необходимости

соблюдения особо низкого уровня относительной влажности с автоматическим внешним управлением агрегат можно подключать к отдельно установленному комнатному гигростату посредством штекерного контактного разъема. Гигростат также можно закреплять на корпусе осушителя.

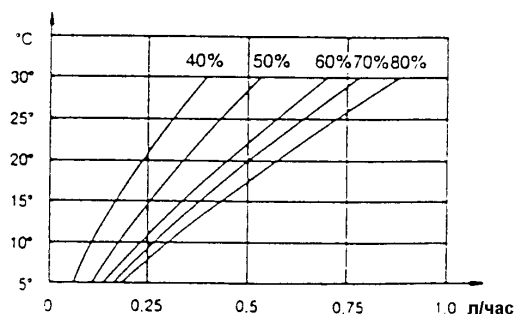
Рис.19



ТЕХНИЧЕСКИЕ ДАННЫЕ		CD 1100
Производительность осушения *	л/сутки	22
Рабочий диапазон отн. влажности	% RH	40 - 100
Рабочий температурный диапазон	°C	3 - 30
Расход воздуха	м <sup>3</sup> /час	380
Электропитание	В-Гц	220/240 - 50
Сила тока при полной нагрузке (FLC)	A	2.8
Общая потребляемая мощность	кВт	0.38
Номинальная сила тока предохранителя	A	10
Уровень шума на расстоянии 1м/3 м от установки	дБ(A)	56/ 52
Высота (H)	мм	655
Длина (B)	мм	545
Ширина (D)	мм	415
Вес	кг	36

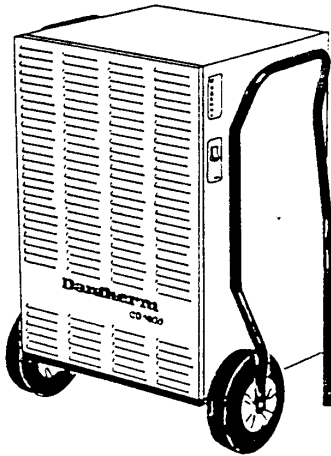
\* при 30°C и отн. влажности RH 80%

Рис.20 График зависимости производительности осушения CD 1100 от температуры и влажности воздуха



## 2.2.1 CD 1800

Рис.21



Конструктивное исполнение осушителя модели CD 1800 такое же, как и у модели CD 1100, но производительность осушения значительно выше.

Являясь конкурентоспособной альтернативой других моделей, агрегат довольно часто используется для просушки зданий, ликвидации последствий аварийных проливов и т.д.

Поскольку вес осушителя достаточно большой, для перемещения установки предусмотрены два колеса.

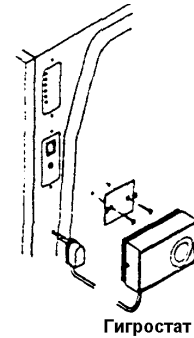
Подобно модели CD 1100 корпус осушителя CD 1800 изготовлен из оцинкованной листовой стали с ударопрочным эмалевым покрытием горячего обжига.

CD 1800 имеет встроенный сборник конденсата и автоматически отключается при предельном заполнении емкости.

В качестве альтернативного варианта предлагается подсоединение дренажного шланга к соединительному патрубку поддона для сбора конденсата.

За входным отверстием воздуха установлен съемный фильтр.

В отношении остальных конструктивных и функциональных особенностей, а также системы управления см. п. 2.2.0 (модель CD 1100).



Гигростат

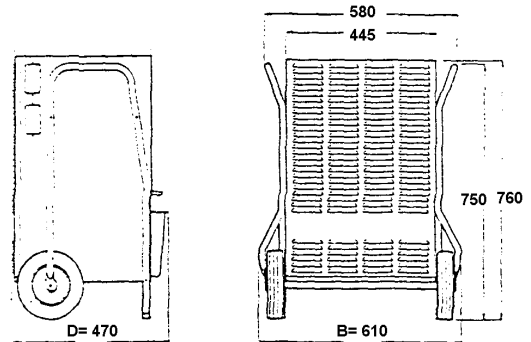
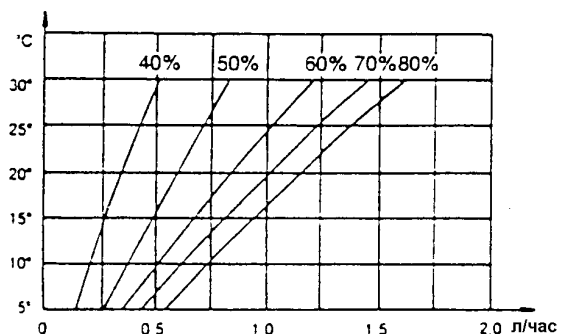


Рис.22

ТЕХНИЧЕСКИЕ ДАННЫЕ		CD 1800
Производительность осушения *	л/сутки	40
Рабочий диапазон отн. влажности	% RH	40 - 100
Рабочий температурный диапазон	°C	3 - 30
Расход воздуха	м <sup>3</sup> /час	625
Электропитание	В/Гц	230 + E/ 50
Общая потребляемая мощность (20°С /отн. влажн. RH 60 %)	кВт	0.74
Уровень шума на расстоянии 1м/3 м от установки	дБ(А)	64/ 60
Высота (H)	мм	760
Длина (B)	мм	610
Ширина (D)	мм	470
Вес	кг	45

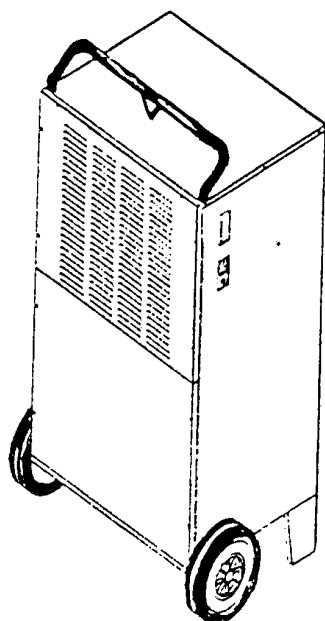
\* при 30°С и отн. влажности RH 80%

Рис.23 График зависимости производительности осушения CD 1800 от температуры и влажности воздуха



## 2.2.2 CD 2400

Рис.24



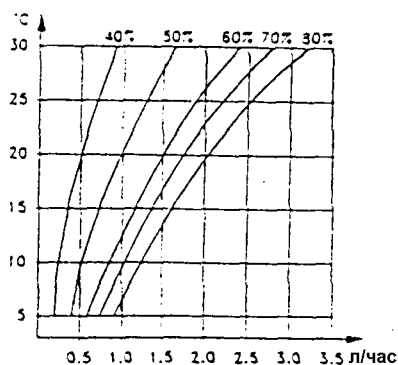
Осушитель CD 2400 обладает прочной конструкцией, легко перемещается и имеет очень высокую производительность осушения. Используется для просушки зданий, ликвидации последствий аварийных проливов, сухого хранения материалов и т.д.

Подобно моделям CD 1100/1800 корпус этого осушителя также изготовлен из оцинкованной стали с эмалевым покрытием горячего обжига. Для облегчения перемещения осушитель оборудован ручкой-держателем и двумя колесами. Имеющийся на ручке подъемный гак дает возможность транспортировать осушитель при помощи подъемного крана. С тыльной стороны осушителя установлен съемный фильтр для очистки входящего воздуха.

CD 2400 поставляется со встроенным поддоном для сбора конденсата, при предельном заполнении которого происходит автоматическое отключение агрегата. В качестве опции предлагается монтаж дренажного шланга.

В комплект поставки входят кабель длиной 7 м и штекерный контактный разъем. Для свернутого в катушку кабеля с тыльной стороны осушителя предусматривается держатель.

CD 2400 может комплектоваться лицевой панелью с тремя фланцами, предназначенными для подсоединения гибких воздухопроводов, за счет которых можно наилучшим образом распределять осушенный воздух в несколько помещений. Длина воздухопроводов должна быть не более 18 м.



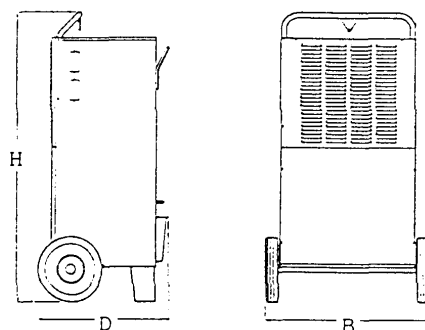
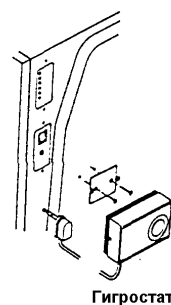
В отношении остальных конструктивных и функциональных особенностей, а также системы управления см. п. 2.2.0 (модель CD 1100).

Рис.25

ТЕХНИЧЕСКИЕ ДАННЫЕ		CD 2400
Производительность осушения *	л/сутки	76.5
Рабочий диапазон отн. влажности	% RH	40 - 100
Рабочий температурный диапазон	°C	5 - 30
Расход воздуха	м <sup>3</sup> /час	785
Электропитание	В/Гц	230 + E/ 50
Общая потребляемая мощность (20° С /отн. влажн. RH 60 %)	кВт	1.34
Уровень шума на расстоянии 1м/3 м от установки	дБ(А)	68/ 61
Высота (H)	мм	1230
Длина (B)	мм	715
Ширина (D)	мм	565
Вес	кг	78.5

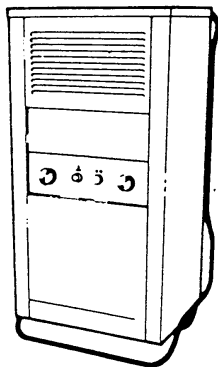
\* при 30°С и отн. влажности RH 80%

Рис.26 График зависимости производительности осушения CD 2400 от температуры и влажности воздуха



## 2.3.0 CD-B 1000/1700

Рис.27



Осушители модели CD-B 1000/1700 отличаются от ранее рассмотренных моделей наличием встроенного калорифера и центробежного вентилятора большей мощности. Эти конструктивные элементы предусмотрены для достижения быстрого и эффективного осушения при

достаточно сложных условиях внешней среды. Нагревательный элемент, незначительно увеличивая температуру воздуха, способствует более эффективному испарению влаги из материалов, находящихся в помещении, или самой конструкции здания. Увеличение воздушного потока за счет более мощного вентилятора служит этой же цели, поскольку происходит быстрая замена сырого и холодного воздуха, окружающего влажный материал, сухим и теплым. Таким образом, увеличение температуры воздуха в сочетании с более энергичным перемещением воздушных масс (увеличение расхода воздуха) обеспечивают более быстрое осушение. Для простоты и безопасности транспортировки осушитель снабжен транспортировочными колесами, и защитной рамной конструкцией - стойкой. В осушителе установлены емкость для сбора конденсата и съемный воздушный фильтр. На лицевой панели осушителей CD-B 1000/1700 находятся кнопки управления встроенных гигростата и термостата, общий выключатель и световой индикатор предельного заполнения сборника конденсата (см. п. 1.1.1).

### Функциональные особенности

Соблюдение рабочего диапазона осушителей CD-B 1000/1700 регулируется электронным блоком, функция оттаивания характеризуется управлением по времени с температурной зависимостью (п. 1.3.3.2).

В системе охлаждения используются капиллярные трубки и байпасная система оттаивания (п. 1.2.2).

Основные отличия от моделей CD 1100/1800:

- большой расход воздуха;
- нагревательный элемент;
- встроенные термостат и гигростат.

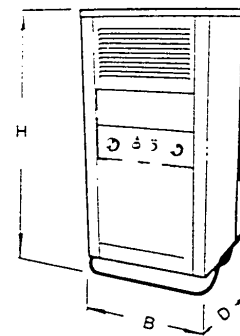


Рис.28

ТЕХНИЧЕСКИЕ ДАННЫЕ		CD-B 1000	CD-B 1700
Производительность осушения *	л/сут.	22	40
Рабочий диапазон отн. влажности	% RH	40 - 100	
Рабочий температурн. диапазон	°C	3 - 32	
Расход воздуха	м <sup>3</sup> /час	1000	1000
Электропитание	В - Гц	220/240 - 50	
Сила тока при полной нагрузке (FLC)	А	6.6	9.0
Общая потребляемая мощность (вк. калориф.) (без калорифера)	кВт	1.67 0.67	2.1 1.1
Номинальная сила тока предохранителя	А	10	
Уровень шума на расстоянии 1м/3 м от установки	дБ(А)	62/ 59	70/67
Высота (H)	мм	920	1000
Длина (B)	мм	485	485
Ширина (D)	мм	435	570
Вес	кг	48	60

\* при 30°C и отн. влажности RH 80%

Рис.29 График зависимости производительности осушения CD-B 1000 от температуры и влажности воздуха

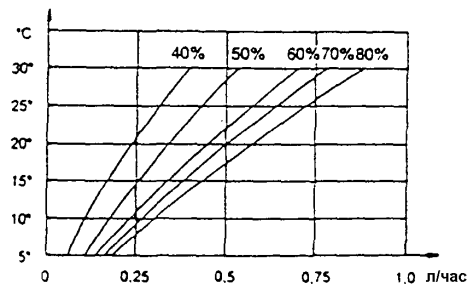
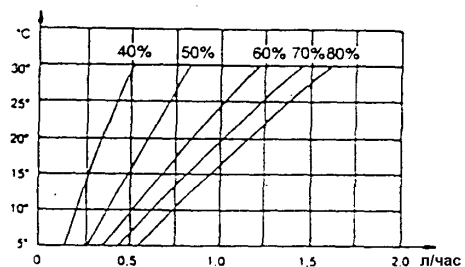


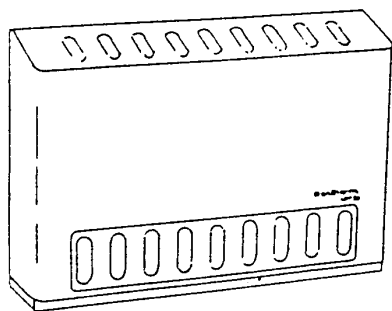
Рис.30 График зависимости производительности осушения CD-B 1700 от температуры и влажности воздуха





## 2.4.0 CDP 20, CDP 30

Рис.31



Модели CDP разработаны специально для применения в помещениях небольших плавательных бассейнов, их также можно использовать в музеях, церквях, душевых, гардеробах.

Благодаря привлекательному внешнему виду и узкой профильности корпуса (ширина осушителя - 270 мм) осушители этой модели идеально подходят для установки около стены. Кроме напольного возможен также настенный монтаж осушителя с помощью поставляемых кронштейнов.

Контактные гнезда для подключения к источнику питания и гигростату выполнены в клеммной коробке с правой стороны установки.

Комнатный воздух поступает в осушитель через воздухозаборную решетку в нижней части лицевой панели осушителя и подается в помещение через воздухораспределительную решетку сверху.

Корпус осушителя CDP изготовлен из оцинкованной листовой стали с ударопрочным эмалевым покрытием горячего обжига.

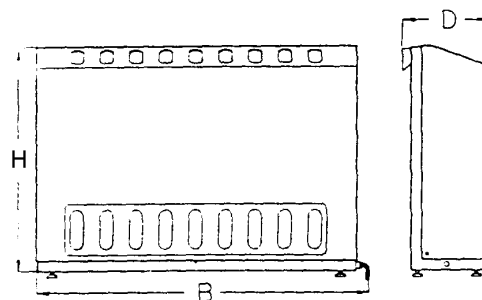
С правой стороны внизу установки находится соединительный дренажный патрубок. В качестве альтернативных вариантов предлагается его расположение слева внизу или сзади.

Осушитель CDP 20 оснащен двумя, а CDP 30 - тремя вентиляторами, как описано в п. 1.1.1.

В систему охлаждения входят терморегулирующий вентиль и пассивная система оттаивания (п. 1.2.1).

Для обеих моделей предусмотрено полностью автоматизированное функционирование с электронным управлением. При необходимости автоматического внешнего управления с поддержанием постоянного уровня влажности осушитель можно подключать к внешнему отдельно устанавливаемому гигростату с цепью управления 12 В (п.1.3.2).

Рис.32



ТЕХНИЧЕСКИЕ ДАННЫЕ		CDP 20	CDP 30
Производительность осушения при 30°C/80% RH	л/сут.	45	74
Рабочий диапазон отн. влажности	% RH	40 - 100	
Рабочий температурный диапазон	°C	10 - 36	
Расход воздуха	м³/час	500	750
Электропитание	В	230 + E	
Общая потребляемая мощность	кВт	1.0	1.7
Уровень шума на расстоянии 1м/3 м от установки	дБ(А)	52/ 50	53/51
Высота (H)	мм	700	700
Длина (B)	мм	1008	1492
Ширина (D)	мм	270	270
Вес	кг	50	80

Рис.33 График зависимости производительности осушения CDP 20 от температуры и влажности воздуха

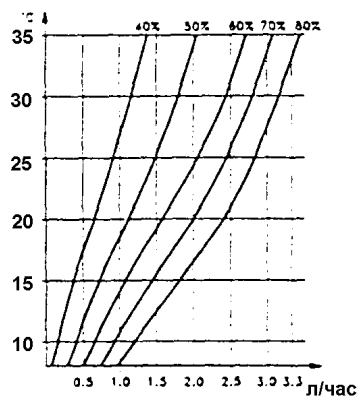
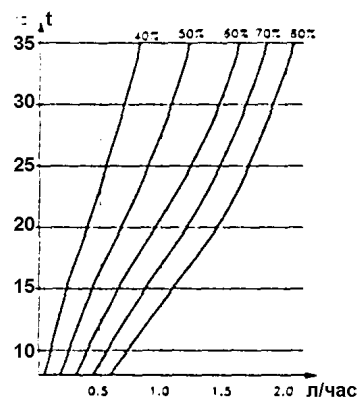
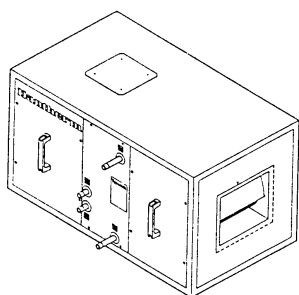


Рис.34 График зависимости производительности осушения CDP 30 от температуры и влажности воздуха



## 2.4.1 CD 40, CD 50

Рис.35



Подобно моделям CDP, осушители CD 40 и CD 50 предназначены специально для использования как в частных, так и в небольших коммерческих помещениях плавательных

бассейнов. Но в отличие от осушителей CDP эти агрегаты применяются для установки в отдельных рабочих залах, где к ним подсоединяются приточный и вытяжной воздуховоды, непосредственно обслуживающие помещение плавательного бассейна. Для увеличения расхода воздуха и компенсации потерь падения давления при прохождении воздушного потока по каналу модели CD 40/50 оснащены мощным центробежным вентилятором. По сравнению с моделью CDP установки CD 40/50 обладают гораздо большей производительностью. Если требуется обеспечение нагрева воздуха, осушители данной модели могут оснащаться водяным калорифером. В качестве дополнительной опции в осушитель можно встраивать водоохлаждаемый конденсатор. Такая конструкция осушителя экономически выгодна в тех случаях, когда нет необходимости в нагреве воздуха, поэтому избыточную тепловую энергию, образующуюся в процессе осушения, используют для подогрева воды в бассейне или предварительного нагрева воды, предназначенной для бытовых нужд. Осушители CD 40 и CD 50 изготавливаются из оцинкованной листовой стали с эмалевым покрытием. Наружные панели, подверженные влиянию хлорированного воздуха, имеют порошковое покрытие с высокой степенью устойчивости к действию коррозии. Изнутри панели снабжены звуко- и влагоизоляцией. Инспекционные дверцы оборудованы ручками и быстроразъемными фиксаторами. CD 40, CD 50 предназначены для напольного монтажа с возможностью использования монтажного основания, поставляемого по отдельному заказу. Осушитель CD 40 можно также навешивать на стену при помощи опционального комплекта настенных кронштейнов. Обе модели осушителей оснащаются фильтром, установленным в вынимающейся раме. Кроме того, имеется возможность подсоединения сверху осушителя воздуховода подачи свежего воздуха (10 - 15 % от общего расхода).

Блок управления, включающий контакторы и реле перегрузок, поставляется отдельно (п. 1.3.3). Для подключения к нему может предусматриваться специально предназначенный гигростат.

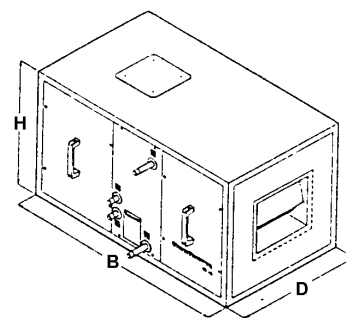


Рис.36

ТЕХНИЧЕСКИЕ ДАННЫЕ		CD 40	CD 50
Производительность осушения при 30°C/80% RH	л/сут.	90	160
Рабочий диапазон отн. влажности	% RH	40 - 100	
Рабочий температурный диапазон	°C	20 - 38	
Расход воздуха	м³/час	1500	2500
Электропитание	В	3 x 400 + E	
Потребляемая мощность (20°C/60% отн. вл. RH)	кВт	1.8	2.9
Мощность водяного калорифера, 1 ряд./2 ряд. *	кВт	7.9/ 14.0	15.1/ 26.2
Мощность водоохлаждаемого конденсатора **	кВт	1.45	2.2
Уровень шума на расстоянии 1м/3 м от установки	дБ(А)	68	72
Высота (H)	мм	650	835
Длина (B)	мм	1150	1250
Ширина (D)	мм	650	835
Вес	кг	120	150

\* Температура: вход./выход. воды 90/70°C, воздуха 32°C

\*\* Температура: в конденсаторе 45°C, воды 25°C

Рис.37 График зависимости производительности осушения CD 40 от температуры и влажности воздуха

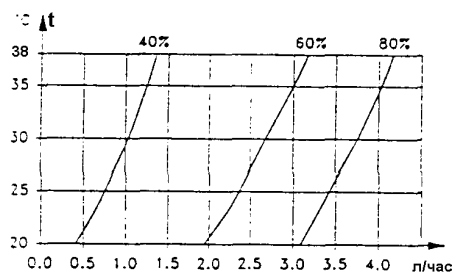
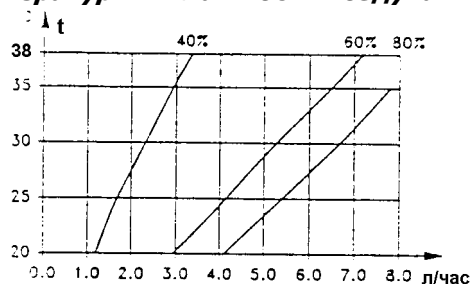
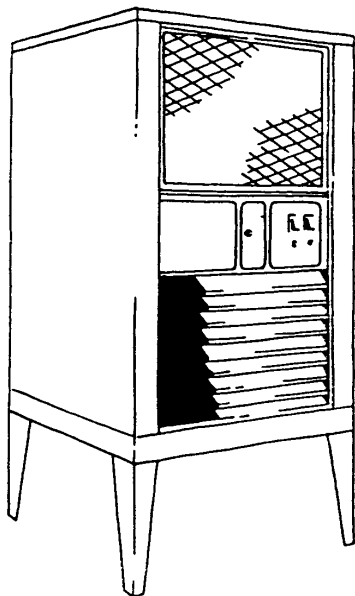


Рис.38 График зависимости производительности осушения CD 50 от температуры и влажности воздуха



## 2.5.0 CDE 3000

Рис.39



Осушитель CDE 3000 отличается высоким расходом воздуха и наличием электрокалорифера для дополнительного нагрева воздуха. Эти особенности делают осушитель наиболее подходящим для тех областей применения, где требуется в первую очередь удаление влаги из просушиваемых материалов, например, при сушке одежды, ковровых изделий, оборудования и т.п.

За счет хорошей циркуляции воздуха, создаваемой осушителем, качество одежды после просушки не ухудшается, так как условия осушения сходны с условиями открытого воздушного пространства.

Наибольшая производительность достигается при 26<sup>0</sup>С, но она достаточно высока в рамках всего рабочего температурного диапазона. Забор воздуха осуществляется в верхней части лицевой стороны осушителя. За решеткой установлен съемный воздушный фильтр.

Панель управления, на которой помещены инструкции для пользователя, содержит выключатели-регуляторы вентилятора и гигростата, а также световые индикаторы функционирования и возникновения неисправностей.

Осушенный теплый воздух подается в помещение через воздухораспределительную решетку с лицевой стороны осушителя в нижней его части. Осушитель может поставляться с опорными стойками, как показано на Рис. 39, что улучшает распределение выходящего воздуха и облегчает

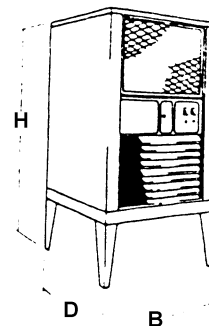
чистку агрегата. Патрубок для подсоединения дренажного трубопровода располагается достаточно высоко с боковой стороны агрегата. Там же находятся соединительные выводы для подключения к источнику электропитания и подсоединения отдельно устанавливаемого гигростата. Клеммные выводы закрываются специальной крышкой.

Принцип функционирования вентилятора описан в п.1.1.1.

Контур охлаждения включает терморегулирующий вентиль и систему

1.2.1). система

конце п. Рис.40



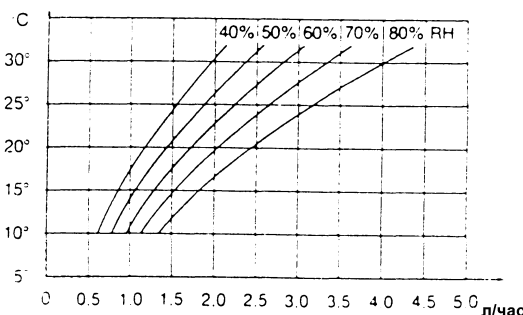
пассивного оттаивания (п. Используемая управления рассмотрена в 1.3.3.3.

ТЕХНИЧЕСКИЕ ДАННЫЕ		CDE 3000
Производительность осушения *	л/сут.	96
Рабочий диапазон отн. влажности	% RH	40 - 100
Рабочий температурный диапазон	<sup>0</sup> С	10 - 35
Расход воздуха	м <sup>3</sup> /час	2500
Электропитание	В-Ф-Гц	380/415 - 3 - 50
Макс. сила тока	А	9.1
Общая потребляемая мощность**	кВт	5.5
Мощность, потребляемая на осушение	кВт	1.8
Номин. ток предохранителя	А	10
Уровень шума на расстоянии 1м/3 м от установки	дБ(А)	67/63
Высота, без опор. стоек (H)	мм	910/1225
Длина (B)	мм	610
Ширина (D)	мм	610
Вес	кг	86

\* при 30<sup>0</sup>С/80% RH

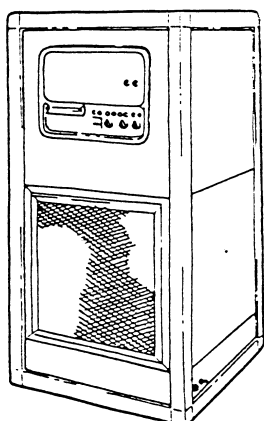
\*\* включая нагревательный элемент

**Рис 41 График зависимости производительности осушения CDE 3000 от температуры и влажности воздуха**



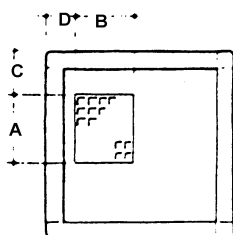
## 2.6.0 CDS 3000 - CDS 6000 - CDS 12000

Рис.42



Осушители модели CDS являются компактными стационарными установками, предназначенными для использования в больших помещениях. Обычно агрегат устанавливают непосредственно в том помещении, которое подлежит осушению, но также существует возможность подсоединения системы воздухопроводов с допустимым падением давления в ней 80 Па.

Рис.43 Расположение выходного отверстия воздуха с верхней стороны осушителя



	A	B	C	D
<b>CDS 3000</b>	260	225	165	115
<b>CDS 6000</b>	285	325	195	120
<b>CDS 12000</b>	280	320	200	185

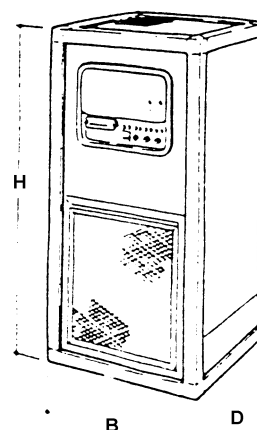
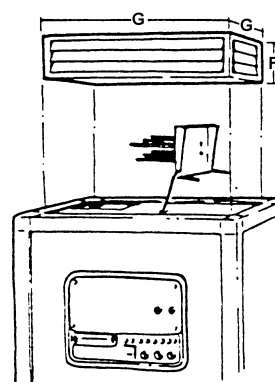
Клеммы силового питания находятся на контактной колодке в блоке управления. Для подключения к контактной колодке силовой кабель и провод гигростата пропускаются через кабельные муфты на соединительной планке. Соединительную планку можно располагать в соответствии с требованиями заказчика с правой или с левой стороны агрегата. На этой же планке также находится дренажное отверстие. Все осушители CDS поставляются с воздушными фильтрами заборного воздуха ( у моделей CDS 6000 и CDS 12000 фильтры устанавливаются с трех сторон). Это гарантирует защиту теплообменников контура охлаждения при использовании осушителя в загрязненной среде. Осушители CDS оснащаются двумя вентиляторами (п.1.1.2) и имеют систему охлаждения с терморегулирующим вентилем и принципом оттаивания горячим газом хладагента

(1.2.3). Функция оттаивания характеризуется температурным управлением.

По специальному заказу осушители CDS могут оборудоваться воздухораспределительным оголовком с регулируемыми жалюзи. Воздухораспределительный оголовок используется при отсутствии необходимости подсоединения воздухопроводов и устанавливается наверху осушителя для обеспечения улучшенного распределения воздуха.

Для дополнительного нагрева подаваемого в помещение воздуха в воздухораспределительный оголовок можно встраивать калорифер мощностью 7.2 кВт.

Рис.44 Воздухораспределительный оголовок



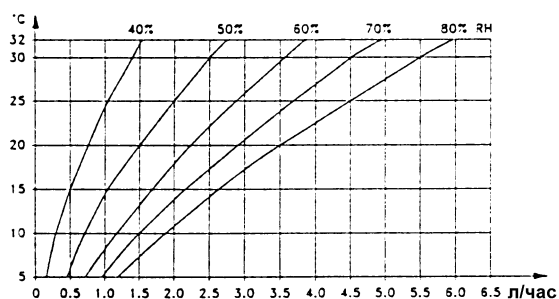
	F	G
<b>CDS 3000</b>	180	590
<b>CDS 6000</b>	260	690
<b>CDS 12000</b>	340	810

Рис.45 Габаритные размеры осушителя

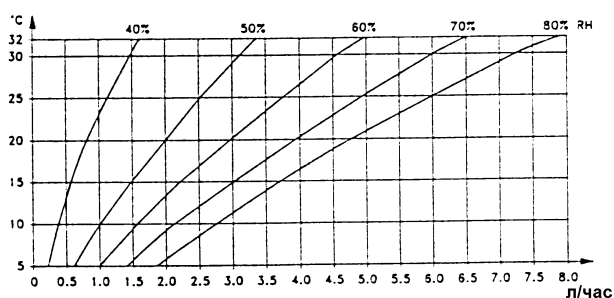
МОДЕЛЬ		CDS 3000				CDS 6000				CDS 12000			
		Без к.	С к.	Без к.	С к.	Без к.	С к.	Без к.	С к.	Без к.	С к.	Без к.	С к.
Без/с калорифером		Без к.	С к.	Без к.	С к.	Без к.	С к.	Без к.	С к.	Без к.	С к.	Без к.	С к.
Рабочий диапазон относит. влажности	% RH	30 - 100				30 - 100				30 - 100			
Рабочий температурн. диапазон	$^{\circ}\text{C}$	5 - 32				5 - 32				5 - 32			
Расход воздуха	$\text{м}^3/\text{час}$	1600				1900				3000			
Производительность осушения *	л/сут.	132				174				324			
Электропитание	В-Ф-Гц	3 - 380 - 50 3 - 420 - 50		3 - 220 - 50		3 - 380 - 50 3 - 420 - 50		3 - 220 - 50		3 - 380 - 50 3 - 420 - 50		3 - 220 - 50	
Сила тока при полной нагрузке (FLC)	А	4.5	15.5	9.5	28.4	6.7	17.7	15.1	34.0	10.4	21.4	24.9	43.8
Общая потребляемая мощность	кВт	2.8	10.0	2.8	10.0	4.2	11.4	4.2	11.4	6.5	13.7	6.5	13.7
Номинальный ток предохранителя	А	10	16	16	35	16	25	25	35	25	35	50	50
Уровень шума на расстоянии 1м/3 м	дБ(А)	55/52				59/55				55/53			
Высота (H)	мм	1400				1750				2020			
Длина (B)	мм	710				810				930			
Ширина (D)	мм	710				810				930			
Вес	кг	148				201				317			

\* при  $30^{\circ}\text{C}/80\% \text{RH}$

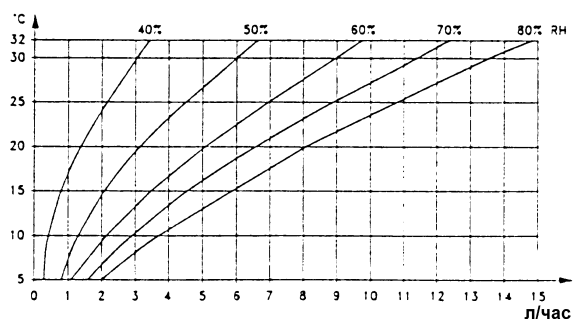
**Рис.46 График зависимости производительности осушения CDS 3000 от температуры и влажности воздуха**



**Рис.47 График зависимости производительности осушения CDS 6000 от температуры и влажности воздуха**



**Рис.48 График зависимости производительности осушения CDS 12000 от температуры и влажности воздуха**



### 3. ОБЛАСТИ ПРИМЕНЕНИЯ И ПОДБОР

#### 3.0 ОБЛАСТИ ПРИМЕНЕНИЯ

Невозможно перечислить абсолютно все области, где могут применяться осушители Dantherm, поскольку с каждым днем выявляются все новые и новые перспективы их использования, доказывающие неоспоримые преимущества этого оборудования.

**Наиболее распространенными объектами,** где устанавливаются осушители Dantherm, являются следующие:

- Архивы
- Музеи
- Лаборатории
- Зоомагазины
- Суда, поставленные в док
- Насосные станции гидротехнических и водохозяйственных сооружений
- Производственные технологические цеха
- Гражданские и военные склады неприкосновенных запасов
- Помещения для технологической сушки древесины
- Здания, подлежащие просушке
- Плавательные бассейны и др.

Важнейшие **области применения** осушителей можно классифицировать по наличию общих характерных признаков, например, по источнику возникновения влаги:

- Осушение воздуха в помещении
- Сухое хранение
- Просушка
- Сушка древесины
- Технологическая сушка
- Осушение в плавательных бассейнах

Далее каждая из этих областей будет рассматриваться подробно.

##### 3.0.1 Ограничения по применению

Несмотря на широкие возможности использования осушителей Dantherm в самых различных ситуациях, существует два основных требования, которые должны обязательно соблюдаться при их применении:

1. Осушение должно происходить в закрытых помещениях.

2. Температура в помещении должна соответствовать рабочему температурному диапазону конкретного осушителя.

Поверхности испарителя и конденсатора имеют специальную обработку, защищающую от воздействия агрессивных сред только в том случае, если концентрация реагентов в воздухе достаточно низкая (например, при воздействии хлорированного воздуха в помещениях бассейнов).

Если же предполагается, что осушитель будет работать в воздушной среде с высоким содержанием агрессивных веществ, то обязательно должна быть предусмотрена дополнительная антикоррозионная защита. Поэтому перед заказом оборудования необходимо точно установить рабочие условия, в которых будет функционировать осушитель, и указать требуемую степень защиты.

#### 3.1 ПРИНЦИП ПОДБОРА

Подбор осушителя практически не представляет трудностей. Используя график зависимости производительности осушения от параметров воздуха, можно подобрать один или несколько осушителей, производительность которых в сумме будет соответствовать требуемой нагрузке. Тем не менее, достаточно сложным является расчет действительной требуемой производительности осушения, так как некоторые факторы, влияющие на нее, очень трудно учесть при расчете. Одним из трудноучитываемых факторов может быть инфильтрация воздуха через щели и небольшие отверстия, которая зависит от воздухопроницаемости помещения и его расположения. В некоторых случаях побочным фактором является испарение влаги из каких-либо материалов. Поэтому может возникнуть необходимость учета интенсивности предполагаемого испарения, которое будет иметь место при заданных температуре и влажности. Основными параметрами, учитываемыми при расчете необходимой производительности осушения, являются следующие:

- Температура и влажность приточного воздуха
- Кратность воздухообмена (естественного и принудительного)
- Объем помещения
- Требуемые параметры воздушной среды в помещении
- Влажность хранящихся в помещении материалов или влажность конструктивных элементов здания
- Продолжительность процесса осушения

##### 3.1.1 Номограмма состояния влажного воздуха

*(h,x-номограмма) См. Рис. 49*

При подборе осушителей иногда возникает необходимость использования h,x-номограммы. По ней можно определить некоторые специальные физические величины, характеризующие состояние влажного воздуха, например, такие как его теплосодержание (энтальпию) - h, влагосодержание - x и др., в зависимости от температуры и относительной влажности.

## Основные показатели номограммы состояния влажного воздуха:

**Относительная влажность "φ"** - изображена на номограмме в виде кривых. Количественно определяется как процентное соотношение парциального давления водяных паров, содержащихся в воздухе, к парциальному давлению водяных паров насыщенного газа.

**Температура воздуха** в °С - указывается на вертикальной оси слева.

**Плотность воздуха (удельный вес)** в кг/м<sup>3</sup> - указывается на вертикальной оси левее температуры воздуха.

**Теплосодержание (энтальпия) "h"** в кДж/кг сухого газа - изображена на номограмме в виде диагональных линий, расположенных под кривой относительной влажности φ = 100%. (h - обозначение энтальпии по международной системе SI)

**Влагосодержание "x"** в г/кг - количество в граммах влаги в смеси, приходящейся на 1 кг сухого газа (воздуха). Следовательно, по отношению к влажному воздуху:  
 $x = g/(1 + x)$  кг влажного воздуха

**Парциальное давление водяных паров** в воздухе в мбар указывается на номограмме на вертикальной оси справа внизу.

Для вычисления парциального давления нужно найти на номограмме точку пересечения линий относительной влажности и температуры при данных условиях, от нее провести вниз вертикальную прямую до пересечения с диагональной линией номограммы и от полученной точки провести вправо горизонтальную прямую до шкалы парциального давления.

## 3.2 ОСУШЕНИЕ ВОЗДУХА В ПОМЕЩЕНИИ

### 3.2.0 Общая информация

Осушение воздуха в помещении представляет собой непрерывный процесс, который состоит из двух этапов:

1. Уменьшение влажности в помещении.
2. Поддержание влажности на заданном уровне.

Как правило, в помещении всегда в большей или меньшей степени происходит воздухообмен, т.е. проникновение воздуха снаружи и утечка его изнутри (инфильтрация воздуха). Таким образом, этот процесс всегда будет способствовать увеличению влажности воздуха в помещении.

Кроме того, в самом помещении могут быть такие условия, когда водяные пары генерируются в самом помещении при испарении влаги из сырых материалов, с поверхности воды и т.д. Следовательно, процесс осушения должен быть таким, чтобы излишнее количество водяных паров удалялось из воздуха с той же скоростью, с какой эти пары насыщают воздух, причем независимо от источника испарения влаги.

### Наиболее распространенные объекты применения:

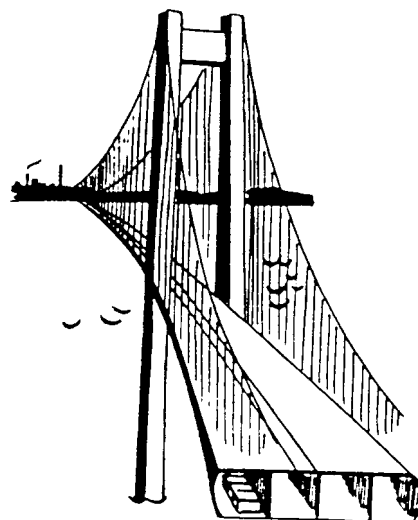
- Зоомагазины
- Водохозяйственные и гидротехнические сооружения
- Насосные станции
- Производственные цеха с повышенной влажностью
- Плавательные бассейны

### Специальные объекты применения:

- В полых сварных конструкциях мостов для защиты их от коррозии.

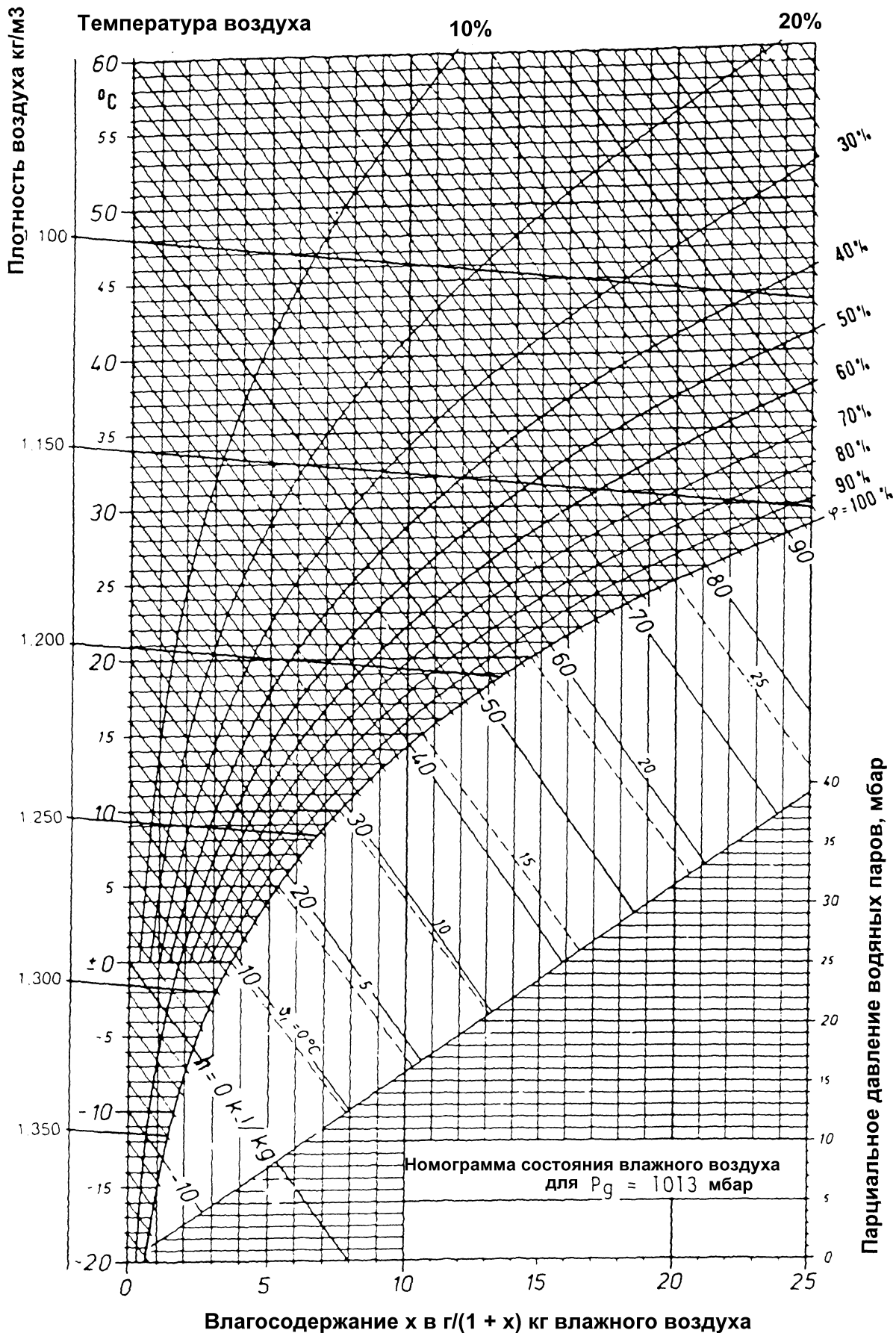
#### Рис. 50

- В судовых помещениях во избежание



конденсации паров влаги из-за значительного расхождения температуры и влажности между верхней (подверженной значительным колебаниям параметров воздуха в течение суток) и нижней частями судна.

**Рис. 49 Номограмма состояния влажного воздуха**





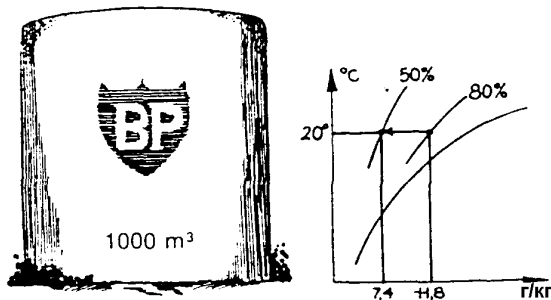
### 3.2.1 Подбор оборудования для осушения воздуха в помещении

#### 3.2.1.1 Герметичная камера

Предположим, что нужно осушить воздух в полностью герметичной камере, в которой исключены любые источники испарения влаги или притока воздуха снаружи.

**Пример:**

**Рис. 51**



Объем камеры, а следовательно, объем воздуха в ней:  $1000 \text{ м}^3$   
 Начальные условия:  $20^\circ\text{C}$ , 80 % отн.вл.  
 Заданные условия:  $20^\circ\text{C}$ , 50 % отн.вл.  
 Используя  $h, x$ -номограмму, находим величины влагосодержания воздуха при начальных и заданных условиях:  
 $x_{\text{нач.}} = 11.8 \text{ г/кг}$   
 $x_{\text{зад.}} = 7.4 \text{ г/кг}$

Таким образом, для обеспечения заданных условий влагосодержание должно быть уменьшено на величину  $\Delta x$ .

$\Delta x = 11.8 - 7.4 = 4.4 \text{ г/кг}$   
 По номограмме находим, что удельный вес воздуха при  $20^\circ\text{C}$  и 80 % отн.вл. равен  $1.2 \text{ кг/м}^3$ .  
 Вес воздуха в помещении объемом  $1000 \text{ м}^3$ :  
 $1000 \times 1.2 = 1200 \text{ кг}$

Отсюда, количество водяных паров, которые нужно удалить из воздуха для достижения заданной относительной влажности 50%:  
 $1200 \text{ кг} \times 4.4 \text{ г/кг} = 5280 \text{ г} \approx 5.3 \text{ литра}$

Теперь нужно подобрать осушитель, который выполнил бы эту работу за требуемый период времени.

Для расчета примем усредненные параметры воздушной среды:  $20^\circ\text{C}$ , 65 % отн.вл.  
 При этих условиях осушитель модели CD 1800 развивает производительность осушения  $0.95 \text{ л/час}$ , следовательно, заданная влажность воздуха будет достигнута в течение:  
 $5.3 : 0.95 \approx 6 \text{ часов}$

Если же допустим более длительный период времени для достижения заданных условий, например, 24 часа, тогда необходимая производительность осушения составит:

$$5.3 : 24 = 0.22 \text{ л/час}$$

По графику производительности осушения находим, что для достижения заданных условий подходит осушитель модели CD 500 (из расчета усредненных параметров воздушной среды  $20^\circ\text{C}$ , 65 % отн.вл.)

#### 3.2.1.2 Здание с наличием воздухообмена

Здание с наличием воздухообмена можно было бы рассматривать, как герметичную камеру (см. п. 3.2.1.1), но только на первом этапе процесса осушения. Поэтому весь процесс в данном случае должен быть непрерывным для того, чтобы обеспечивать удаление нежелательной влаги, привносимой в помещение за счет инфильтрации, единственного фактора воздухообмена.

Характеристикой воздухообмена является его кратность, которая показывает сколько раз в течение 1 часа воздух помещения заменяется на влажный воздух, поступающий снаружи через щели и проемы, которые имеются в любом здании.

Кратность воздухообмена зависит от особенностей конструкции здания и силы ветра. Следовательно, необходимо обязательно знать кратность воздухообмена в ветреные дни, если предполагается возможность увеличения влажности воздуха в помещении вследствие инфильтрации.

Рассчитать кратность воздухообмена для какого-либо конкретного объекта довольно сложно, поэтому ниже приведена таблица с указанием кратности воздухообмена для некоторых типовых помещений.

ТИП ЗДАНИЯ	Качество конструкции здания		
	хорошее	удовлетв.	плохое
Хорошо изолированное помещение	0.4	0.6	0.8
Обычный жилой дом	0.5	0.8	1.0
Мастерские	0.6	0.9	1.2
Большое складское помещение без окон	0.3	0.5	0.7

После определения кратности воздухообмена а, следовательно, объема приточного наружного воздуха, который необходимо будет осушить, требуется найти разницу между влагосодержанием инфильтрационного наружного воздуха и влагосодержанием воздуха при заданных условиях.

Для этого нужно знать параметры состояния наружного воздуха. При круглогодичном осушении необходимо также установить время года, когда влагосодержание наружного воздуха наибольшее. Если же процесс осушения носит

временный характер, т.е. осушение требуется только в какой-то определенный период года (например, при сушке меховых шкур), тогда для расчета следует использовать усредненные параметры состояния воздуха в действующий период.

В нижеприведенной таблице указываются на основании статистических данных для метеорологических условий Дании величины средней температуры и средней относительной влажности по месяцам.

Мес.	Средняя температура, °С	Средняя отн. влажность, % RH	Влагосодержание, г/кг
Янв.	0	91	2.1
Фев.	0	90	2.0
Март	+ 2	89	3.0
Апр.	+6	85	4.5
Май	+11	79	6.5
Июн.	+15	80	8.7
Июл.	+17	83	10
Авг.	+16	87	9.5
Сен.	+13	90	8.3
Окт.	+ 8	91	5.5
Нояб	+ 4	91	3.7
Дек.	+ 2	92	3.0

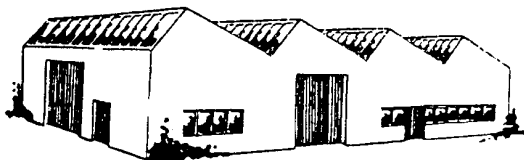
Такие данные можно получить в местных метеорологических службах для конкретного географического района.

Если увеличение влажности воздуха из-за инфильтрации его снаружи оказывает решающее воздействие на процесс осушения, то указанные в таблице усредненные значения должны быть увеличены для компенсации колебаний действительных значений в течение данного периода.

Для расчета производительности осушения опустим начальный этап (закрытая емкость) и будем рассматривать процесс осушения, как непрерывный:

**Пример:**

**Рис. 52**



- Месторасположение объекта: Дания
- Объем здания: 5 000 м<sup>3</sup>
- Заданные условия: 18<sup>0</sup> С/50% RH
- Кратность воздухообмена: 0.6
- Влагосодержание наружного воздуха: 10.0 г/кг

воздуха (Исходя из таблицы, макс. значение, 10 г/кг - июль):

Влагосодержание при заданных условиях (по номограмме): 6.5 г/кг

Необходимое уменьшение влагосодержания для достижения заданных условий: 10 - 6.5 = 3.5 г/кг

Количество приточного воздуха снаружи (при плотности 1.19 г/кг): 5000 x 1.19 x 0.6 = 3570 кг/час

Следовательно, для достижения заданных условий требуется удалять в час следующее количество влаги:

3570 x 0.035 = 12.5 кг/час

Поскольку процесс осушения должен быть непрерывным, принимаем заданные параметры воздуха, как рабочие, поскольку температурный баланс поддерживается существующим отопительным оборудованием. Следовательно, необходимая производительность осушения при 18<sup>0</sup> С/50% отн. влаж. должна быть 12.5 л/час. По графику производительности видно, что данное требование может быть выполнено при помощи двух осушителей CDS 12000.

**3.2.1.3 Помещение с находящимися в нем людьми**

Для помещений, где присутствует достаточно большое количество людей, при расчете необходимо делать поправку на естественные испарения в результате жизнедеятельности человеческого организма, что приводит к увеличению влажности в помещении. При этом нужно знать среднее количество людей в помещении. Эмпирически установлено, что при 20<sup>0</sup> С интенсивность влаговыделения людей при различном роде деятельности составляет:

Низкая активность (сидячая работа)	45 г/час/на человека
Средняя активность	125 г/час/на человека
Высокая активность (тяжелая физич. работа)	200 г/час/на человека

Эта влажность добавляется к потребности осушения, рассчитанной по примеру 3.2.1.2 (здание с наличием воздухообмена). Затем на основании заданных параметров воздуха в помещении и графика производительности осушения подбирается подходящий осушитель/и.

### 3.3. СУХОЕ ХРАНЕНИЕ

#### 3.3.0 Общая информация

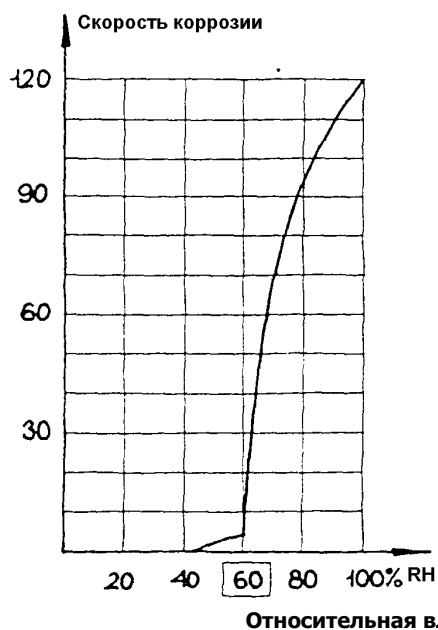
Сухое хранение можно рассматривать как один из вариантов осушения воздуха в помещении (см. п. 3.2) с той лишь разницей, что уровень влажности, который нужно поддерживать в помещении очень низкий.

При сухом хранении преимуществом является отсутствие необходимости в подавляющем большинстве случаев использования дорогостоящего дополнительного нагрева воздуха.

Поэтому сухое хранение является экономичным и эффективным способом хранения как полуфабрикатов, так и конечной продукции, обеспечивая надежную их защиту от коррозии и заплесневения.

На нижеприведенном графике (Рис. 53) в качестве примера показана зависимость скорости коррозии железа от относительной влажности воздуха.

**Рис. 53**



Как видно, при относительной влажности менее 60% скорость коррозии очень незначительна и практически равна нулю при относительной влажности менее 45 %.

Таким образом, при сухом хранении устраняется необходимость защитной смазки хранимых товаров, покрытия их защитными полимерными пленками, а следовательно, и удаления этих защитных материалов впоследствии, т.е. достигается двойная экономия.

Сухое хранение является идеальным решением для широкого ряда продукции:

- необработанное железо и сталь
- монтажные приспособления и измерительные инструменты
- продовольственные товары (сахар, соль, кофе, мука и т.д.)
- древесина, бумага
- боеприпасы

- военное оборудование (авиационные приборы, радары и др. электронное оборудование)
- консервированные продукты и т.д.

Т.е. сухое хранение используется для всей продукции, которое имеет маркировку "Хранить в сухом прохладном месте".

#### 3.3.1 Подбор оборудования

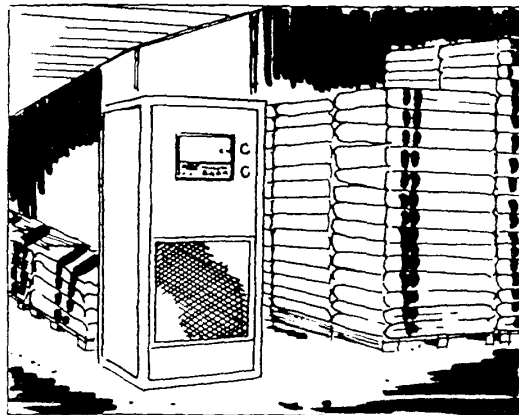
Условия складского помещения во многом соответствуют условиям, описанным в пп.3.2.1.2 и 3.2.1.3, хотя влаговыведения людей обычно не играют для данного случая значительной роли, так как на складах персонал, как правило, не велик.

Вместо этого должны обязательно учитываться характер и режим хранения находящихся на складе товаров.

Если материалы хранятся на складе в течение длительного периода времени, то можно руководствоваться для расчетов методикой п.3.2.1.1 (закрытая емкость), когда влажность доводится до определенного уровня, после чего процесс осушения уже не требуется.

Для расчета необходимой производительности осушения нужно знать товарный поток на складе и количество влаги, привносимое на склад за счет этого товарного потока. Полученное количество должно быть пересчитано для выражения в кг/час и прибавлено к величине потребности на осушение, рассчитанной обычным методом для конкретного здания. К сожалению, здесь невозможно подробно рассмотреть различные материалы в отношении количества содержащейся в них влаги. Кроме того нужно учесть, что некоторые материалы высвобождают содержащуюся в них влагу только по прошествии определенного времени. Это, в частности, относится к компактно уложенным товарам.

**Рис. 54**



## 3.4. ПРОСУШКА

### 3.4.0 Общая информация

Просушка является важной областью применения осушителей, в частности, просушка новых зданий, ликвидация последствий аварийных проливов, сушка белья в прачечных.

Просушка представляет собой ограниченный по времени процесс, в течение которого влага испаряется из сырых материалов, способствуя тем самым повышению влажности в помещении. В то же время осушитель обеспечивает удаление излишних паров влаги из воздуха, вследствие чего достигается равновесие между испарением влаги из материалов и удалением ее из воздуха и, как результат, постепенная просушка материала.

Время просушки зависит не столько от производительности осушителя, сколько от интенсивности испарения влаги из материалов, в которых она присутствует в виде жидкости (белье в прачечных, аварийные проливы и т.д.).

Для испарения жидкости требуется тепловая энергия и, если ее недостаточно, то процесс высвобождения паров влаги в воздух займет продолжительное время.

Обычно при использовании осушителей нет необходимости в принудительном распределении осушенного воздуха в помещении, что, как правило, требуется при использовании вентиляционных и отопительных установок. Это объясняется тем, что уровень влажности эквивалентен парциальному давлению водяных паров в воздухе, которое стремится к уравниванию, как и любое другое парциальное давление, т.е. пары влаги из влажного воздуха будут естественным образом мигрировать в осушенный воздух.

Тем не менее, нужно учесть, что воздух с низкой температурой и высокой влажностью может иметь такое же парциальное давление водяных паров, как и воздух с высокой температурой и низкой влажностью, а, следовательно, не будет иметь место равномерное распределение влажности.

В таких случаях желательно устанавливать электрокалорифер дополнительного нагрева (например, при совмещении с отдельной вентиляционной установкой), что обеспечит ускорение процесса осушения. Хорошим примером такого варианта просушки является затопление в подвале, так как температура в подвале обычно значительно ниже, чем температура в помещении.

### 3.4.1 Ликвидация последствий аварийных проливов

В случае аварийного пролива всегда требуется принятие незамедлительных мер для скорейшего удаления влаги.

В первую очередь необходимо изолировать залитое помещение для того, чтобы создать как можно меньшую кратность воздухообмена снаружи. Тогда единственным источником подлежащей удалению влаги будет являться то количество воды, которое уже находится в помещении.

Для оценки объема работ по осушению нужно принимать во внимание период времени, в течение которого вода присутствует в помещении. Если пролив произошел давно, то вода уже впиталась в конструкции здания, мебель и т.п., поэтому для ее испарения из этих материалов потребуется дополнительное время, а, следовательно, для достижения быстрых результатов необходимо использовать осушитель большей мощности.

Следует также учесть, откуда произошла протечка - сверху или снизу. При протечке сверху влага впитывается в стены, шторы и мебель, при протечке снизу - только в пол и ковры.

В большинстве случаев при просушке предпочтительно осуществлять нагрев воздуха в помещении, что будет способствовать более быстрому испарению влаги из материалов.

Очень трудно однозначно оценить характер и степень повреждений в результате аварийных проливов, а поэтому - выдать конкретные рекомендации по подбору осушителей.

Кроме того, необходимость принятия незамедлительного решения в большинстве случаев не оставляет времени для тщательных расчетов.

Дополнительная информация по подбору оборудования с использованием эмпирических формул приведена в п.4.

### 3.4.2 Просушка зданий

Просушка зданий заключается в удалении избыточного количества влаги из различных материалов, используемых при строительстве. Просушку производят перед сдачей здания в эксплуатацию во избежание возможных последствий вредного воздействия влаги на строительные конструкции, что, в конце концов, может привести к разрушению этих конструкций. При приготовлении бетона и строительного раствора для осуществления процесса затвердевания используется большое количество воды. А готовые строительные элементы, такие как облицовочная плитка, блоки из пористого и шлакобетона сами по себе содержат много влаги. Обычно процесс просушки происходит следующим образом:

Осушитель работает непрерывно и уменьшает относительную влажность воздуха в то время, как температурный баланс воздуха поддерживается за счет дополнительного нагрева и тепловых потерь здания. После снижения относительной влажности воздуха в помещении происходит испарение влаги из строительных конструкций, а интенсивность испарения зависит от температуры в помещении, характера материалов и влажности воздуха. Но в любом случае действительное равновесие достигается при сравнительно устойчивой влажности и температуре. Дополнительное принудительное ускорение процесса просушки довольно рискованно, поскольку может привести к кавитационному поверхностному эффекту, что означает просушку только той незначительной поверхностной части конструкции, которая находится внутри помещения, в то время как в основной ее части сохраняется большое количество влаги. Кавитационный эффект при поверхностной просушке может вызвать образование трещин, а также увеличить период осушения, т.к. испарение влаги из материала, верхний слой которого уже полностью сухой, довольно затруднительно. Преимуществом осушителей Dantherm является то, что они обладают способностью конденсировать пары уайт-спирита, а следовательно, оборудование можно применять для просушки материалов после их покраски. Так как условия при просушке зданий могут сильно различаться для каждого конкретного случая, то для подбора осушителя рекомендуется руководствоваться п.4 (с использованием эмпирических формул).

### 3.5 СУШКА ДРЕВЕСИНЫ

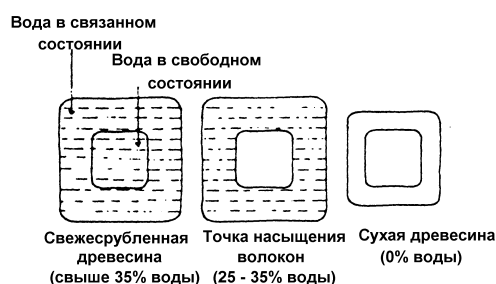
Сушку древесины в принципе можно было бы отнести к описанной в предыдущем разделе области применения "Просушка материалов". Но поскольку такой материал, как древесина, обладает особыми свойствами, то процесс ее сушки, который очень широко применяется в

деревообрабатывающей промышленности, рассматривается отдельно.

#### 3.5.1 Физические характеристики древесины

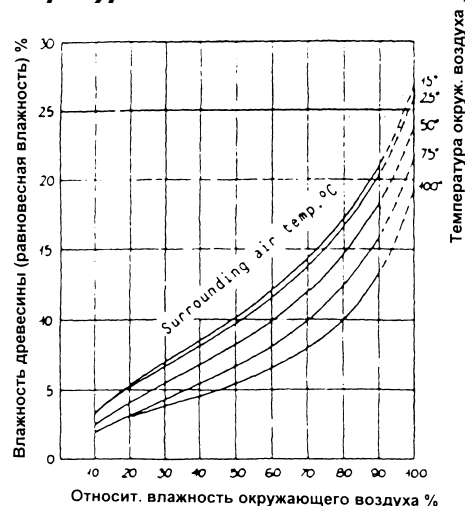
При росте деревьев в естественных условиях содержание влаги в древесине максимальное, так, например, в свежесрубленной древесине оно составляет свыше 35%. Для использования древесины в промышленности содержание влаги в ней должно быть значительно уменьшено, чтобы предотвратить в дальнейшем возможные усадку, гниение и заплесневение древесины. Параметры сушки материала определяются конечной целью его использования. Содержание влаги в древесине указывается в % и рассчитывается, как соотношение весового количества воды в древесине к весу сухой древесины. В клетках дерева вода находится в свободном и связанном состоянии. Количество воды, находящейся в клетках древесины в связанном состоянии составляет 25 - 35 % и такое влагосодержание древесины соответствует точке насыщения волокон.

**Рис. 55**



Древесина характеризуется тем, что содержание влаги в ней постепенно меняется в соответствии с температурой и влажностью окружающего воздуха. Такое содержание влаги в древесине называется равновесной влажностью.

**Рис. 56 Зависимость влажности древесины от температуры и отн. влажности воздуха**



Если влажность древесины выше равновесной влажности, то влага из древесины будет испаряться в воздух и, наоборот, древесина

будет поглощать влагу из воздуха, если ее влагосодержание ниже равновесной влажности.

### 3.5.2.0 Естественная сушка древесины

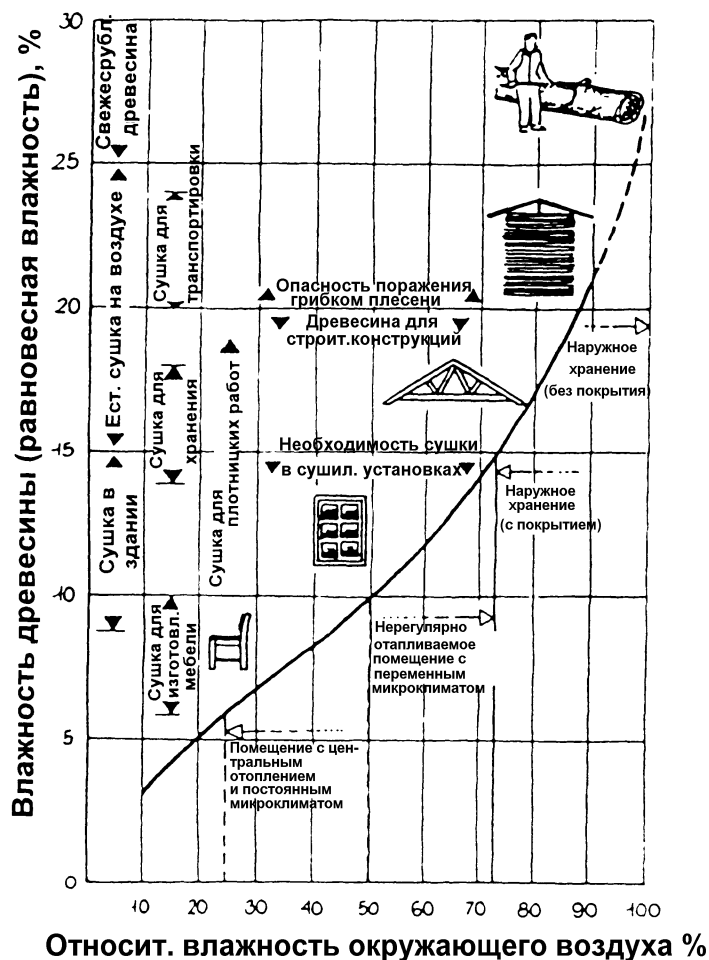
Принцип всех типов сушки древесины основан на том, что параметры окружающего воздуха такие, что равновесная влажность ниже влажности древесины, поэтому влага в виде водяных паров абсорбируется из древесины воздухом.

Древесину следует просушивать до такой степени, пока содержание влаги в ней не будет соответствовать равновесной влажности при микроклимате того места, где дерево в конечном итоге будет использоваться.

Поскольку древесина применяется практически везде, то в зависимости от области ее применения содержание влаги в древесине может колебаться от 5 до 20 %.

На Рис. 57 показана зависимость между относительной влажностью воздуха и влажностью древесины при температуре 20°C, а также допустимое содержание влаги в древесине в зависимости от области применения.

Рис. 57



Как видно, древесина для строительных целей должна иметь равновесную влажность больше 15 %, поэтому может просушиваться естественным образом на воздухе. Если же содержание влаги в древесине должно быть ниже 15 %, то ее следует сушить искусственным путем.

Продолжительность процесса сушки является важным показателем. По нижеприведенной диаграмме (Рис. 58) можно судить сколько времени занимает процесс сушки при комнатных температурах для различных пород древесины в зависимости от толщины дерева.

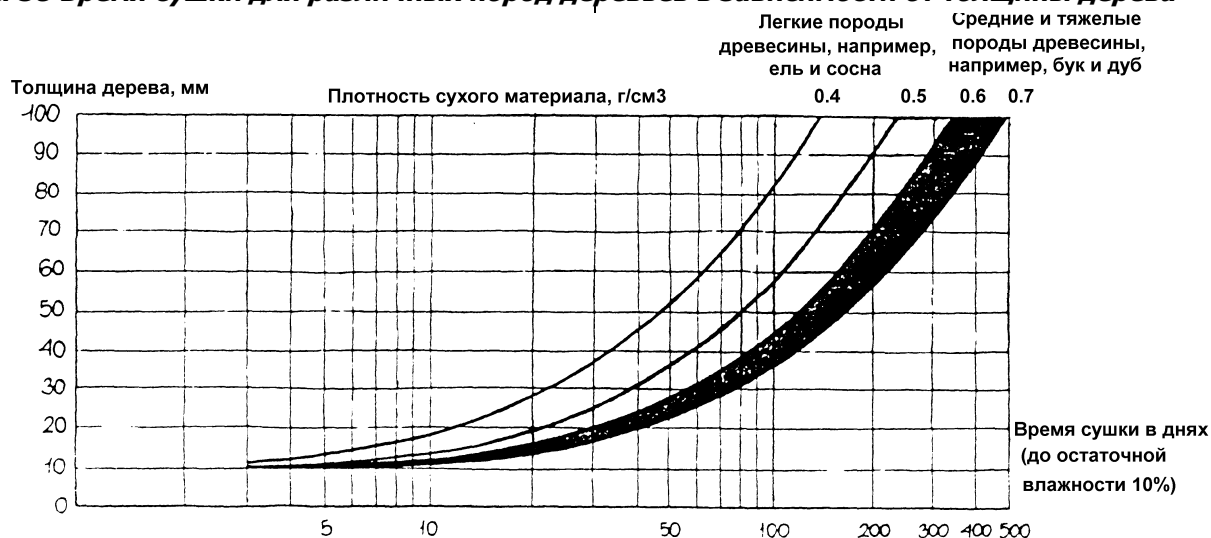
**При сушке пиломатериалов следует учитывать следующие стандартные условия:**

- Снижение влажности древесины от 14 - 18 % (для строительных целей) до 6 - 10 % (для мебели).
- Ширина материала более, чем в 7 раз превышает толщину.
- Шероховатость поверхности.
- Температура окружающего воздуха 20 °С.
- Низкая подвижность воздуха.

При других значениях температуры воздуха и размеров досок необходимо использовать поправочный коэффициент для времени сушки пиломатериалов. (см. таблицу)

Соотношение ширины/толщины досок	Температура воздуха во время сушки			
	15 °С	20 °С	25 °С	30 °С
1	0.78	0.71	0.64	0.57
1.5	0.87	0.79	0.71	0.63
2.0	0.91	0.83	0.75	0.66
2.5	0.95	0.86	0.77	0.68
3.0	0.97	0.88	0.79	0.70
4.0	1.00	0.91	0.82	0.73
5.0	1.02	0.93	0.84	0.74
7.0	1.05	0.95	0.86	0.76
>7	1.10	1.00	0.90	0.80

**Рис. 58** Время сушки для различных пород деревьев в зависимости от толщины дерева



### 3.5.2.1 Искусственная сушка древесины

Древесину, предназначенную для изготовления из нее мебели, в принципе можно высушивать естественным путем и достичь снижения влажности древесины до 8% при параметрах воздушной среды 20°C/40% отн. вл. Однако, этот процесс займет слишком много времени. Для сокращения этого времени и применяется искусственная сушка. Наиболее распространенным способом является сушка древесины в сушильных установках, состоящих из сушильного шкафа и вентиляционных устройств. Обычно принцип искусственного осушения заключается в регулировании температуры и влажности воздуха. Влажность регулируется посредством вытяжки влажного воздуха и притока наружного воздуха, подогреваемого для того, чтобы снизить его относительную влажность. С точки зрения энергопотребления этот метод очистки очень дорогостоящий, поэтому конденсорное осушение является более экономичным решением для сушки древесины. При конденсорном осушении регулирование относительной влажности в сушильной камере можно осуществлять без выбрасывания наружу нагретого воздуха. В то же время процесс сушки происходит более плавно, чем при традиционных методах, из-за более низкой рабочей температуры и возможности постепенного снижения относительной влажности.

### Время сушки

Некоторые считают, что конденсорное осушение при его сравнительно низких температурах характеризуется длительным периодом сушки. На опыте же доказано, что в этом отношении конденсорное осушение не отличается от других методов сушки. Так, например, брус 2" x 2" из свежесрубленного бука просушивается до влагосодержания в нем 8 % за 25 - 35 дней, а сосновая доска 2" после просушки на складе доводится до этого же влагосодержания за 7 - 8 дней.

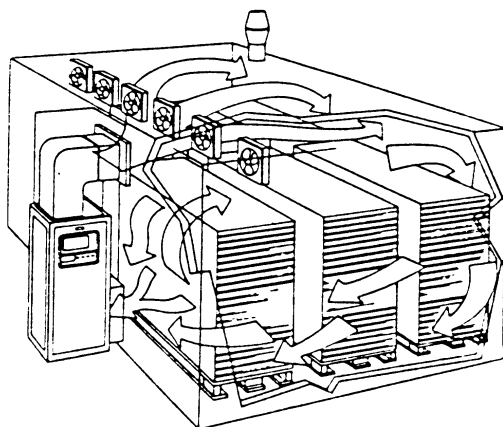
### Эксплуатационные расходы

Естественно, что полностью замкнутая система должна отличаться низким энергопотреблением. В среднем конденсорный осушитель работает 80 % всего периода сушки. Потребляемая мощность осушителя составляет 0.6 кВт на 1 л конденсата, одновременно в процессе осушения выделяется тепло, необходимое для поддержания должной температуры. Для сушки 50 м<sup>3</sup> сосны конденсорный осушитель потребляет 5.4 кВт в час. Энергопотребление вентиляционной установки обычно 2.4 - 4 кВт в час в зависимости от размеров сушильной камеры. Полная потребляемая мощность при традиционной сушке составляет около 0.12 - 0.2 кВт на м<sup>3</sup>.

### 3.5.2.2 Искусственная сушка древесины с помощью осушителей

Все типы древесины можно сушить с помощью осушителей. Процесс сушки происходит в закрытой, хорошо изолированной сушильной камере при температуре около 30 °С.

Рис. 59

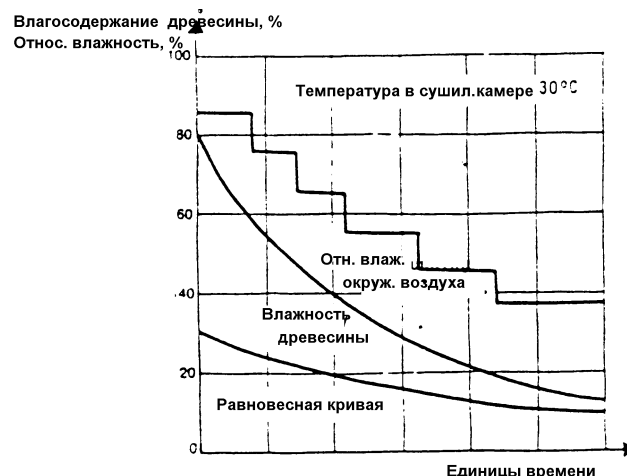


Для этого процесса очень важно обеспечить поддержание надлежащей температуры и относительной влажности в сочетании с принудительной циркуляцией воздуха между штабелями древесины, которая достигается при помощи нескольких дополнительных вентиляторов (см. Рис. 59).

Для ускорения процесса сушки необходим дополнительный воздухонагреватель, управляемый термостатом с заданной уставкой 30°С. Нагреватель либо встраивается в осушитель, либо устанавливается отдельно. При такой температуре и надлежащей скорости воздушного потока древесина отдает влагу воздуху, увеличивая его относительную влажность. Влажный воздух подается в осушитель, где происходит выделение из него влаги и тепла, после чего осушенный воздух выбрасывается обратно в помещение при более высокой температуре. Как правило, этой дополнительной тепловой энергии достаточно для продолжения процесса при 30°С.

Перед искусственной сушкой древесину обычно высушивают естественным путем до влагосодержания в ней не выше 20 %. При искусственной сушке свежесрубленной древесины, содержание влаги в которой намного выше, процесс сильно осложняется, поскольку происходит быстрое удаление влаги из поверхностных слоев дерева, в то время как середина еще остается очень сырой, что может привести к растрескиванию древесины. Во избежание этого используется программа сушки (См. Рис. 60) с управлением температуры и влажности посредством термостата и гигростата.

Рис. 60 Программа сушки



На графике программы сушки видно, что в начале процесса относительная влажность воздуха и влагосодержание древесины достаточно высоки. По ходу процесса разница между влагосодержанием древесины и кривой равновесной влажности уменьшается. Поскольку снижается влажность древесины, относительная влажность воздуха также регулируется на уменьшение.

Ориентировочно период времени сушки можно определить, оценив количество влаги, которое нужно удалить и сравнив его с производительностью используемого осушителя в условиях его функционирования при средней влажности диапазона сушки (см. п. 3.5.2.4). Даже если ориентировочный период сушки известен, поведение кривых графика программы осушения на конечном этапе должно определяться эмпирически, учитывая породу и тип древесины, ее размеры, заданное конечное влагосодержание, объем сушильной камеры в соотношении с производительностью осушителя. Твердые породы древесины отдают влагу медленнее, чем мягкие, поэтому период сушки для них должен быть более продолжительный. Следовательно, потребуется осушитель меньшей производительности (см. п. 3.5.2.4).

#### Автоматическое управление

Опыт показал, что наилучшие результаты процесса сушки достигаются только при сочетании опыта и знаний оператора с применением простого управляющего устройства. Для автоматического регулирования процесса сушки рекомендуется использование контроллера с термостатами и гигростатами, а также дисплей, показывающий действующие параметры процесса. Можно также использовать таймер для автоматического действия программы в выходные дни.

Тем не менее, относительная влажность в камере должна снижаться только на основании



постоянных измерений влагосодержания древесины и визуального наблюдения состояния материала.

### 3.5.2.3 Конструкция сушильной камеры

Конструкция сушильной камеры и материалы, из которых она изготовлена, могут быть самыми разнообразными, что зависит от характеристик и требований к зданиям, где камера устанавливается. Самым необходимым условием для эффективного процесса сушки является обеспечение достаточной воздухопроницаемости помещения и его хорошая изоляция. Древесина укладывается в камере таким образом, чтобы воздух мог обдувать штабелю со всех сторон. Лучше всего при штабелировании использовать в качестве промежуточных прослоек стеллажи толщиной 25 мм. Небольшие брусья древесины для достижения эффективной просушки укладываются поперечно.

В сушильную камеру входит управляемый термостатом вытяжной вентилятор, который удаляет слишком горячий воздух наружу (т.е. обеспечивает отвод избыточного тепла из камеры), если температура в камере увеличена до наивысшего рабочего предела осушителя - 32<sup>0</sup> С. Температура может повыситься в результате тепловых потерь работающего компрессора.

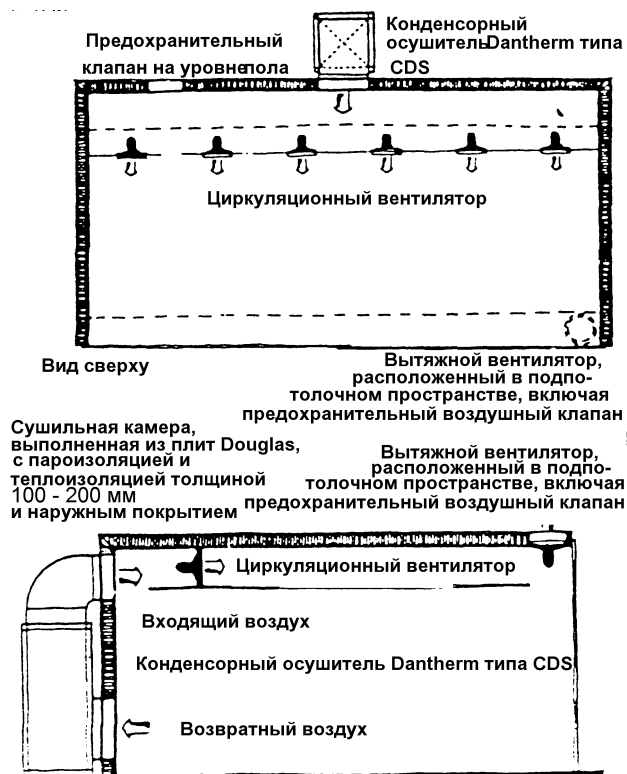
Вентилятор должен быть соединен с соответствующим заборным отверстием наружного воздуха. При этом необходимо, чтобы вытяжная и заборная решетки были оборудованы воздушными клапанами, автоматически закрывающимися при бездействии оборудования.

Принудительная циркуляция воздуха достигается при помощи одного или нескольких вентиляторов, установленных в подвесной стенке с ограждением. На торцах штабелей должно быть

воздухонепроницаемое покрытие. Это обеспечивает однородный воздушный поток и подачу к осушителю наиболее влажного воздуха.

Мощность вентилятора подбирается таким образом, чтобы скорость воздушного потока вдоль поверхности древесных материалов мягких пород составляла не менее 1 - 1.5 м/с, а для твердых пород древесины эта величина должна быть немного больше. Как правило, объем сушильной камеры равен пятикратному объему просушиваемой древесины.

Рис. 61 Варианты сушильных установок



### 3.5.2.4 Подбор

Для определения необходимой производительности осушения для сушки древесины нужно в первую очередь рассчитать количество влаги, подлежащей удалению. Обычно в сушильных камерах обрабатывается древесина уже просушенная естественным образом на воздухе, т.е. имеющая влагосодержание 15 - 20 %. Так как величина влагосодержания древесины является процентным соотношением веса влаги к весу сухой древесины, то, следовательно, необходимо знать плотность (удельный вес) древесины.

#### **Плотность некоторых пород сухой древесины:**

Бук	680 кг/м <sup>3</sup>
Дуб	650 кг/м <sup>3</sup>
Осина	650 кг/м <sup>3</sup>
Береза	610 кг/м <sup>3</sup>
Лиственница	550 кг/м <sup>3</sup>
Сосна	490 кг/м <sup>3</sup>
Ель	430 кг/м <sup>3</sup>

#### **Пример:**

10 м<sup>3</sup> сосны с влагосодержанием 17 % требуется высушить до влагосодержания 8 %.

В соответствии с вышеприведенной таблицей плотность сосны 490 кг/м<sup>3</sup>.

Количество воды, подлежащей удалению:

$$10 \times 490 \times (0.17 - 0.08) = 442 \text{ кг}$$

Равновесная влажность для влагосодержания 17% при температуре в сушильной камере 25 - 30 °С соответствует приблизительно 80% относительной влажности воздуха. Но учитывая, что температурный баланс в сушильной камере устанавливается при гораздо более низкой влажности, принимаем в расчет 40 % отн. вл. для начальной стадии процесса, а для последующих стадий 30 % отн. вл. При этих условиях производительность осушителя модели CDS 3000 будет составлять около 2 л/час, т.е. 48 л/сутки.

Период сушки таким образом займет около 9 дней, т.е. влагосодержание древесины будет ежедневно уменьшаться приблизительно на 1 %.

Расчетный период сушки должен рассматриваться как минимальный, поскольку учтена только производительность осушителя. Но на продолжительность сушки, т.е. на скорость испарения влаги из древесины также оказывают влияние геометрические размеры древесных материалов, конструкция и объем сушильной камеры, параметры вентиляции, содержание смол в древесине, температура наружного воздуха и др.

Как видно из нижеприведенной таблицы существуют многочисленные комбинации, сочетающие производительность осушителя, размеры камеры, объем древесины, каждая из которых определенным образом влияет на реальный процесс сушки и его продолжительность, которая будет определяться в конечном итоге требуемым и начальным влагосодержанием, количеством обрабатываемого древесного материала, наружной температурой и др.

Опыт показал, что свежесрубленный бук можно просушить до влагосодержания 8 % за 30 - 35 дней.

Из мягких пород древесины 1 % влаги обычно удаляется за 24 часа. Максимальной величиной для ежесуточного удаления влаги является 1.7 %. При превышении этого значения может произойти растрескивание древесины.

#### **Примечание:**

Приведенная в данном разделе информация дает общие представления и рекомендации по сушке древесины. Для более подробных расчетов необходимо использовать опытные наработки действующих производств.

Модель осушителя	Производительность при 28°C/40% отн.вл.	Тяжелые породы древесины Плотность сухой древесины 600 - 700 кг/м <sup>3</sup>		Мягкие породы древесины Плотность сухой древесины 400 - 500 кг/м <sup>3</sup>	
		Объем суш. камеры м <sup>3</sup>	Объем древесины м <sup>3</sup>	Объем суш. камеры м <sup>3</sup>	Объем древесины м <sup>3</sup>
CDS 3000	48	80 - 100	15 - 20	60 - 75	12 - 15
CDS 6000	62	125 - 150	25 - 30	100 - 125	20 - 25
CDS 12000	105	250 - 350	50 - 70	200 - 250	40 - 50

### 3.6 ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ СУШКА

Технологическая сушка представляет собой процесс осушения воздуха, используемого для различных видов обработки материалов, обычно, для производственных технологических процессов.

При технологической сушке происходит непрерывный процесс осушения перемещаемого воздушного потока, осуществляющего часть технологического режима, который основывается на низкой влажности воздуха.

Технологическая сушка используется во многих отраслях промышленности, например, таких как

- производство шоколада
- производство стиральных порошков
- производство высоковольтных кабелей
- производство резиновых изделий
- хромирование пластмасс
- фармацевтическая и химическая промышленности
- обработка поверхности металлов и др.

Существует достаточно много информации по конкретным процессам технологической сушки. На основании этих материалов можно легко рассчитать количество влаги, подлежащей удалению. Необходимые данные для расчета можно получить путем применения к h, x-номограмме конкретных параметров воздушной среды.

#### 3.6.1 Технологическая сушка меховых шкурок

Одной из многочисленных областей применения осушителей является сушка меховых шкурок. Ниже приводится некоторая ознакомительная информация по этому вопросу.

Свежие шкурки для сохранения качества меха обязательно просушиваются. На основании экспериментальных данных известно, что из каждой норковой шкурки необходимо удалять около 70 г влаги, причем технологический процесс должен составлять 72 часа (3 суток). Таким образом ежедневно из каждой шкурки необходимо удалять 23 г воды. Поскольку в свежих норковых шкурках содержится большое количество влаги и разница между их влажностью и параметрами воздушной среды сушильного помещения велика, то основное количество влаги испаряется на ранних стадиях процесса сушки. Поэтому удаление 70 г влаги в течение трех суток происходит следующим образом:

- 1-ые сутки - 60 %;
- 2-ые сутки - 30 %;
- 3-ьи сутки - 10 %.

Кроме того, необходимо учесть, что в производстве выделки шкурок их количество ежедневно пополняется свежими. Т.е. каждые сутки одна треть шкурок должна просушиваться на 60 %, одна треть - на 30 % и одна треть - на 10 %. В соответствии с этим получается, что в среднем из каждой шкурки за сутки можно удалить 23 г влаги (1 г/час).

### **3.7 ОСУШЕНИЕ В ПОМЕЩЕНИЯХ ПЛАВАТЕЛЬНЫХ БАССЕЙНОВ**

В помещениях плавательных бассейнов происходит значительное испарение влаги с водной поверхности бассейна, из сырых и мокрых материалов и предметов, используемых в помещении, а также от самих купающихся.

Поэтому при отсутствии регулирования влажности происходит конденсация влаги на холодных поверхностях, образование ржавчины и грибка плесени, что приводит к повреждению конструкций и материалов помещения. На стеклах односторонних окон также происходит образование конденсата, когда воздух бассейна охлаждается на них ниже точки росы.

Следовательно, допустимая максимальная влажность воздуха бассейна определяется степенью изоляции помещения и минимальной температурой наружного воздуха.

Допустим, параметры окружающего воздуха в бассейне - 28 °С/65 % отн. вл., что соответствует точке росы 21 °С. Тогда температуру поверхности всех внутренних конструкций здания нужно поддерживать выше этой величины для того, чтобы избежать конденсации на них влаги.

В целях обеспечения комфорта относительная влажность воздуха в бассейне, как правило, должна быть ниже 65 %.

Естественно, такую влажность можно поддерживать, используя систему отопления и вентиляции, но, учитывая постоянное увеличение стоимости энергоресурсов, такое решение является очень дорогостоящим. Наиболее экономично использовать осушитель, обеспечивая рециркуляцию основной части воздуха помещения бассейна и небольшой приток свежего воздуха, требуемого для вентиляции.

В принципе, для применения в помещениях плавательных бассейнов малых и средних размеров пригодны все осушители Dantherm, однако модели CDP и CD 40/50 являются наиболее подходящими для таких объектов. (Осушители AF специально разработаны для использования в помещениях больших бассейнов, как например, общественных и школьных).

Для наибольшей экономичности при определении рабочих параметров среды помещения бассейна температура воздуха задается приблизительно на 1 - 2 °С выше температуры воды, а относительная влажность как можно выше, чтобы обеспечить наименьшую интенсивность испарения с поверхности воды.

Чаще всего для помещения бассейна устанавливаются следующие параметры:

$$\begin{aligned}t_{\text{воды}} &= 27^{\circ}\text{C} \\t_{\text{воздуха}} &= 28^{\circ}\text{C} \\RH &= 60\%\end{aligned}$$

### 3.7.1 Подбор осушителей для плавательных бассейнов малых и средних размеров

Основным фактором, который учитывается при расчете необходимой нагрузки осушения, является количество влаги, испаряющейся с водной поверхности бассейна.

На эту величину влияют такие параметры, как

- площадь водной поверхности бассейна;
- температура воды;
- температура воздуха;
- влажность воздуха;
- скорость воздушного потока;
- активность купающихся в бассейне.

Для расчета количества испаряющейся влаги существует достаточно много формул, но по сравнению с экспериментальными данными они дают завышенные значения. Поэтому в данном руководстве рассматриваются подробно только две наиболее приемлемые из них.

#### **Формула стандарта VDI (Общество немецких инженеров)**

Формула используется в немецком стандарте VDI 2089 для расчета размеров закрытых плавательных бассейнов. Она выведена на основе закона Дальтона, согласно которому интенсивность испарения прямопропорциональна разности давления водяных паров насыщенного воздуха (газа) при температуре воды и парциального давления водяных паров при действующих параметрах окружающего воздуха. Кроме того, в формулу входит эмпирический коэффициент, учитывающий тип бассейна и подвижность поверхности воды.

Формула широко используется в Германии, но ее недостатком является то, что в результате расчетов получается необоснованно завышенное значение производительности осушения.

Интенсивность испарения рассчитывается следующим образом:

$$W = \varepsilon \times A \times (P_B - P_L) \text{ г/час}$$

$\varepsilon =$  Эмпирический коэффициент (г/м<sup>2</sup> x час x мбар)

$\varepsilon = 13$  при малоподвижной водной поверхности для небольших плавательных бассейнов с ограниченным количеством купающихся

$\varepsilon = 28$  при средней подвижности водной поверхности для общественных бассейнов и нормальной активности купающихся

$A =$  площадь водной поверхности бассейна (м<sup>2</sup>)

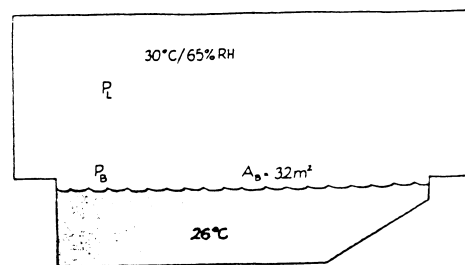
$P_B =$  давление водяных паров насыщенного воздуха при температуре воды в бассейне (мбар)

$P_L =$  парциальное давление водяных паров при заданных температуре и влажности воздуха в бассейне (мбар)

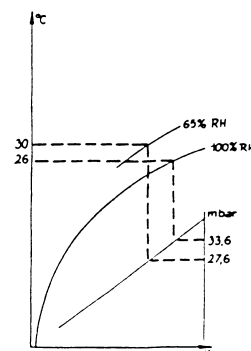
#### **Осушение воздуха в помещении небольшого плавательного бассейна**

Параметры воздушной среды: 30 °C/65% отн. вл.  
Температура воды в бассейне: 26 °C  
Площадь бассейна  $A_B = 32 \text{ м}^2$

**Рис. 62**



**h,x-номограмма**



Используя h,x -номограмму, находим:

При 26 °C/ 100% отн. вл.:  $P_B = 33.6 \text{ мбар}$

При 30 °C/ 65% отн. вл.:  $P_L = 27.6 \text{ мбар}$

Следовательно, количество влаги, испаряющейся с поверхности воды:

$$W = 13 \times 32 \times (33.6 - 27.6) = 2500 \text{ г/час}$$

Исходя из графика производительности осушения, осушитель CDP - 30 подходит для применения в данных условиях, так как его производительность при 30 °C/ 65% отн. вл. равна 2600 г/час (см. п. 2.4.0).

Расчеты по подбору осушителей AF для помещений плавательных бассейнов большой площади приведены в Руководстве по проектированию осушителей AF.

Для упрощения расчетов по подбору осушителя ниже приводится таблица, показывающая интенсивность испарения влаги с 1 м<sup>2</sup>

поверхности воды при различных значениях температуры и влажности. Для данной таблицы был использован эмпирический коэффициент  $\varepsilon = 13$  (для частных небольших бассейнов). Однако, величины, указанные в таблице, можно применять и при подборе осушителей для больших бассейнов, т.е. с учетом  $\varepsilon = 28$ , умножая найденное по таблице значение на 2.15.

**Таблица интенсивности испарения для бассейнов малой площади (до 100 м<sup>2</sup>)**

Интенсивность испарения с поверхности бассейна (г/м <sup>2</sup> )															
Температура воздуха °С/ Относительная влажность % RH															
Темпер. воды	°С % RH	24		25		26		27		28		29		30	
		50	60	50	60	50	60	50	60	50	60	50	60	50	60
22		149.5	110.5	136.5	97.5	124.8	81.9	110.5	66.3						
23		171.6	132.6	158.6	119.6	146.9	104.0	132.6	88.4	119.6	70.2				
24		195.0	156.0	182.0	143.0	170.3	127.4	156.0	111.8	143.0	93.6	128.7	76.7		
25				204.1	165.1	192.4	149.5	178.1	133.9	165.1	115.7	150.8	98.8	135.2	79.3
26						218.4	175.5	204.1	159.9	191.1	141.7	176.8	124.8	161.2	105.3
27								230.1	185.9	217.1	167.7	202.8	150.8	187.2	131.3
28										244.4	195.0	230.1	178.1	214.5	158.6
29												260.0	208.0	244.4	188.5
30														275.6	219.7

**Формула Бязина-Крумме (для бассейнов большой площади)**

В Великобритании для расчета интенсивности испарения чаще всего используется формула Бязина-Крумме. Это эмпирическая формула, выведенная на основе измерений, проводимых в помещениях действующих бассейнов.

Кроме величины парциального давления водяных паров в формуле учитывается коэффициент занятости бассейна людьми, который отражает соотношение между действительным количеством купающихся и максимально допустимым.

Существует два выражения формулы:

1. Для периода, когда в бассейне находятся купающиеся (период использования):

$$W = [0.118 + 0.01995 \times a \times \frac{\Delta p}{1.333}] \times A$$

2. Для периода, когда в бассейне нет купающихся (период бездействия):

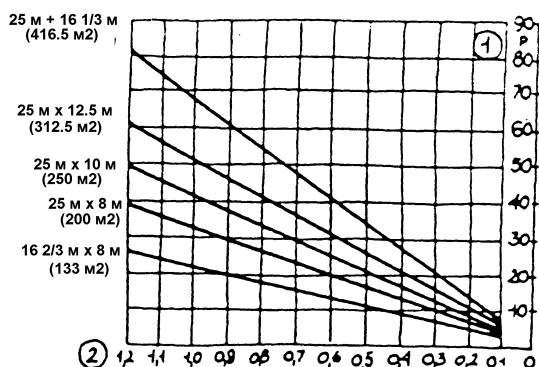
$$W = [-0.059 + 0.0105 \times \frac{\Delta p}{1.333}] \times A$$

a - коэффициент занятости бассейна людьми (см. Рис. 64)

A - площадь бассейна

$\Delta p$  - разность между давлением водяных паров насыщенного воздуха при температуре воды в бассейне и парциальным давлением водяных паров в условиях воздушной среды бассейна.

$\Delta p$  (мбар) находим по h,x-номограмме.



**63 Коэффициент занятости бассейна в зависимости от его площади и количества купающихся**

1. Количество купающихся в бассейне
2. Нормированный коэффициент занятости бассейна

График построен из учета того, что коэффициент занятости равен 1, если на одного купающегося

приходится 6 м<sup>2</sup> поверхности бассейна. По графику, например, можно установить, что, когда в бассейне площадью 25 м x 12.5 м (312 м<sup>2</sup>) находится 52 человека, коэффициент занятости равен 1.

Экспериментальные данные, однако, показывают, что для больших общественных бассейнов в качестве усредненной величины можно использовать коэффициент занятости 0.5.

**Пример расчета интенсивности испарения:**

Параметры воздушной среды: 28 °С/60% отн. вл.  
Температура воды в бассейне: 26 °С

Расчет выполняется на 1 м<sup>2</sup> водной поверхности бассейна.

Интенсивность испарения в период использования бассейна:

$$W = [0.118 + 0.01995 \times 0.5 \times \frac{(33.6 - 22.7)}{1.333}] \times 1 =$$

$$= 0.200 \text{ кг/час}$$

Интенсивность испарения, когда в бассейне нет купающихся (период бездействия):

$$W = [-0.059 + 0.0105 \times \frac{(33.6 - 22.7)}{1.333}] \times 1 =$$

$$= 0.027 \text{ кг/час}$$

Используем эти данные для конкретного бассейна:

$$A = 312.5 \text{ м}^2$$

**Приток свежего воздуха = 10м<sup>3</sup>/час для 1 м<sup>2</sup> поверхности бассейна (по нормам)**

**Количество купающихся = 26 человек**

По графику находим коэффициент занятости:  
a = 0.5

Количество испаряющейся влаги в бассейне в час:

$$W = 0.200 \times 312.5 = 62.5 \text{ кг/час}$$

Общий приток свежего воздуха:

$$312.5 \times 10 \text{ м}^3/\text{час} = 0.87 \text{ м}^3/\text{сек}$$

Влагосодержание вытяжного воздуха по h,x-номограмме = 14.3 г/кг

Плотность воздуха = 1.2 кг/м<sup>3</sup>

Влагосодержание наружного воздуха, исходя из усредненных данных для данного периода года с влажностью 98 % = 11.6 г/кг

Количество влаги, удаляемой посредством вентиляции:

$$W_v = 0.87 \times 1.2 \times \frac{(14.3 - 11.6)}{1000} \times 3600 = 10.1 \text{ кг/час}$$

Следовательно, требуемая нагрузка осушения должна быть:

$$W_d = 62.5 - 10.1 = 52.4 \text{ кг/час}$$

Для данной величины подходят только осушители модели AF (производительность AF-ES при заданных условиях = 55 кг/час). (См.

Руководство по проектированию осушителей AF) Для упрощения расчетов ниже приводится таблица с указанием интенсивности испарения для бассейнов большой площади.

**Таблица интенсивности испарения для бассейнов большой площади (свыше 100 м<sup>2</sup>) (коэффициент занятости бассейна a = 0.5)**

Интенсивность испарения с поверхности бассейна (г/м <sup>2</sup> )															
Температура воздуха °С/ Относительная влажность % RH															
Темпер. воды	°С	24		25		26		27		28		29		30	
	% RH	50	60	50	60	50	60	50	60	50	60	50	60	50	60
22		204	182	197	174	190	165	182	156						
23		217	194	209	187	203	178	194	169	187	158				
24		230	208	223	200	216	191	208	182	118	172	192	162		
25				235	213	229	204	221	195	213	185	205	175	196	164
26						244	219	236	210	228	200	220	190	211	179
27								250	223	243	215	235	205	226	194
28										259	230	250	221	241	209
29												268	238	259	227
30														277	244

## 4. УПРОЩЕННЫЕ ФОРМУЛЫ ДЛЯ ПОДБОРА ОСУШИТЕЛЕЙ

### (правило "большого пальца")

В определенных условиях, когда возможны некоторые допуски при расчете требуемой нагрузки осушения, или для ее приблизительной оценки используется эмпирическая формула, которая называется "правило большого пальца". Рассмотрим ее для конкретных областей использования осушителей.

**Обозначения:**

Q - требуемая нагрузка осушения (кг/час или г/час)

V - объем помещения, м<sup>3</sup>

### 4.1 ОСУШЕНИЕ ВОЗДУХА

$$Q = V \times 1.5 \text{ (г/час)}$$

**УСЛОВИЯ:**

Кратность обмена = 0.5

Интенсивность осушения = 2.5 г/м<sup>3</sup> x час

Температура воздуха = 20 °C

### 4.2 СУХОЕ ХРАНЕНИЕ

$$Q = V \times 1.2 \text{ (г/час)}$$

**УСЛОВИЯ:**

Кратность обмена = 0.3

Интенсивность осушения = 2.5 г/м<sup>3</sup> x час

Температура воздуха = 20 °C

### 4.3 ПРОСУШКА

(ликвидация аварийных проливов и просушка новых зданий)

$$Q = V \times 2.0 \text{ (г/час)}$$

**УСЛОВИЯ:**

Такие же, как и для сухого хранения, но добавляя к интенсивности осушения 0.8 г/м<sup>3</sup> x час, чтобы учесть испарение воды из влажных материалов.

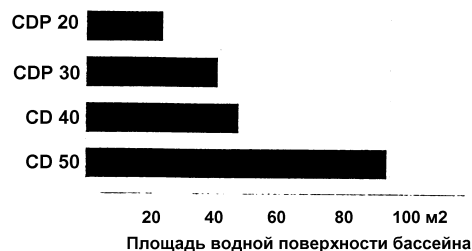
Время просушки: 6 - 10 дней.

**Модели и количество осушителей, применяемые в зависимости от типа и площади здания**

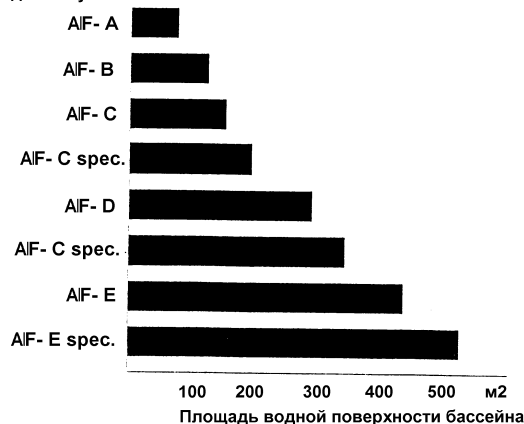
	CD 1100 CDB 1000 CDB 1100	CD 1800 CDB 1700 CD 1900	CD 2400
Квартиры площадью до 80 м <sup>2</sup>	1	1	1
Отдельные дома площадью до 120 м <sup>2</sup>	2	1	1
Квартиры площадью более 80 м <sup>2</sup>	3	2	1
Отдельные дома площадью более 120 м <sup>2</sup>	4	3	2
Офисы площадью 100 - 200 м <sup>2</sup>			
Офисы площадью 200 - 300 м <sup>2</sup>			

## 4.4 ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ СУШКА

Модель осушителя



Модель осушителя



### Сушка древесины:

См. п. 3.5.2.4

### Сушка меховых шкур:

Q = 1 г/час для одной шкурки

## 4.5 ПЛАВАТЕЛЬНЫЕ БАССЕЙНЫ

Небольшие частные бассейны:

$$Q = A_B \times 75 \text{ г/час}$$

Бассейны большой площади:

$$Q = A_B \times 150 \text{ г/час}$$

A<sub>B</sub> = площадь бассейна (м<sup>2</sup>)

**УСЛОВИЯ:**

Минимальный приток наружного воздуха = 10 м<sup>3</sup>/час x м<sup>2</sup> · A<sub>B</sub>

(Приток наружного воздуха снижает требуемую нагрузку осушения)

Температура воздуха = t<sub>воды</sub> + 2 К

Относительная влажность воздуха = 60% RH

При использовании этих экспериментальных данных и рабочих условиях осушения 28 °C/60% можно руководствоваться нижеприведенными диаграммами (Рис. 64), которые показывают возможность установки конкретной модели осушителя в зависимости от площади бассейна.