

Климатизация электротехнических шкафов

При построении новой аппаратной инфраструктуры или реконструкции существующей на первом плане стоит цель достижения её максимальной эффективности. Пользователь ожидает, что необходимые ресурсы будут доступны круглосуточно с гарантированной надёжностью, поэтому при проектировании инфраструктуры необходимо учесть все строительные и технические требования. Контрольный список руководителя проекта можно ограничить четырьмя наиболее важными пунктами:

- шкаф;
- электропитание;
- климатизация;
- безопасность.

В данной статье автор постарается изложить материал в помощь инженеру, выбирающему оборудование для обеспечения требуемого микроклимата в шкафу.

ТИПЫ АГРЕГАТОВ ТЕПЛООБМЕНА

Для обогрева оборудования в шкафу используются устройства одного

Формулы для расчёта параметра A

Тип установки	Формула для расчёта A , m^2
Один шкаф, свободно стоящий	$A = 1,8 \cdot H \cdot (W + D) + 1,4 \cdot W \cdot D$
Один шкаф, монтируемый на стену	$A = 1,4 \cdot W \cdot (H + D) + 1,8 \cdot D \cdot H$
Крайний шкаф свободно стоящего ряда	$A = 1,4 \cdot D \cdot (H + W) + 1,8 \cdot W \cdot H$
Крайний шкаф в ряду, монтируемом на стену	$A = 1,4 \cdot H \cdot (W + D) + 1,4 \cdot W \cdot D$
Не крайний шкаф свободно стоящего ряда	$A = 1,8 \cdot W \cdot H + 1,4 \cdot W \cdot D + D \cdot H$
Не крайний шкаф в ряду, монтируемом на стену	$A = 1,4 \cdot W \cdot (H + D) + D \cdot H$
Не крайний шкаф в ряду, монтируемом на стену, под козырьком	$A = 1,4 \cdot W \cdot H + 0,7 \cdot W \cdot D + D \cdot H$

типа — нагреватели, в то время как для отвода избыточного тепла из шкафа — множество устройств различных типов. Как сориентироваться, какие агрегаты лучше применить в том или ином случае? Алгоритм выбора типа охлаждения представлен на рис. 1.

Наиболее широкое практическое применение имеют нагнетательные вентиляторы и холодильные агрегаты. Важно отметить, что в настоящее время на рынке доступны блоки «вентилятор+фильтр», при установке которых на боковую поверхность шкафа можно сохранить его защиту на уровне не ниже IP56.

Все доступные на рынке агрегаты характеризуются различной производительностью, что помогает потребителю выбрать оптимальный вариант для решения его задачи.

РАСЧЁТ ТЕПЛООВОГО БАЛАНСА ШКАФА

В области систем микроклимата для шкафов действуют несколько стандартов: IEC 60 890 (ранее МЭК 890), EN 60 814, DIN 57660 часть 500, VDE 0660 часть 500, являющиеся по сути одной и той же нормой, принятой разными институтами. Эти стандарты унифицируют принцип расчёта теплообмена шкафа.

Считается, что единственным способом теплообмена шкафа с окружающей средой является естественная конвекция. Следовательно, принципиально важным является понятие эффективной площади теплообмена шкафа. Очевидно, что способ установки шкафа: свободно стоящий, у стены, в нише — радикально влияет на теплообмен шкафа. Стандартом предусмотрена классификация типов установки шкафов и указана формула для расчёта эффективной площади теплообмена A для каждого случая (табл. 1).

В приведённой таблице использованы следующие обозначения:

- W — ширина шкафа, м;
- H — высота шкафа, м;
- D — глубина шкафа, м.

Далее для расчётов будут использоваться следующие переменные и параметры:

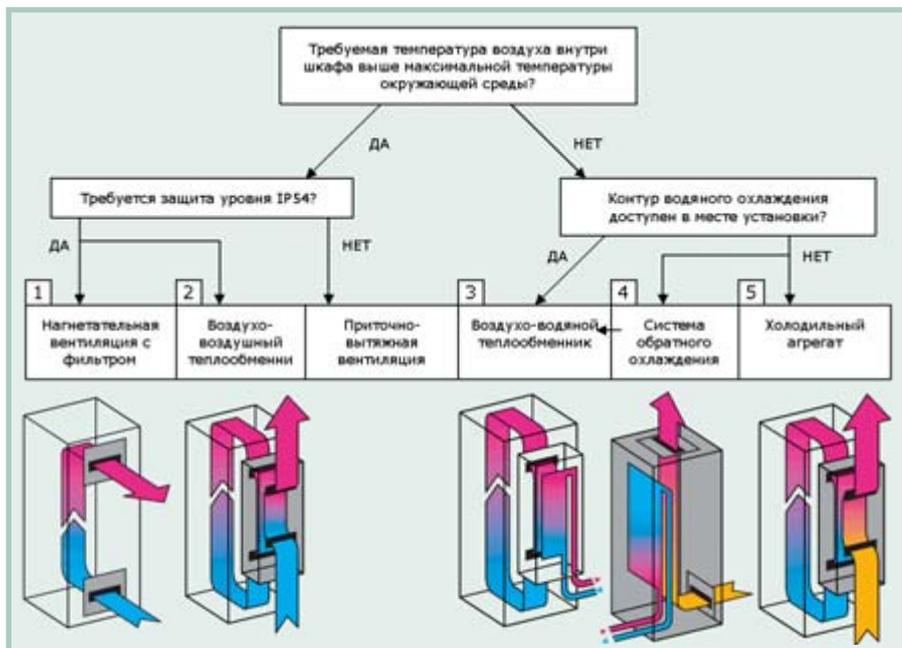


Рис. 1. Алгоритм выбора типа охлаждения

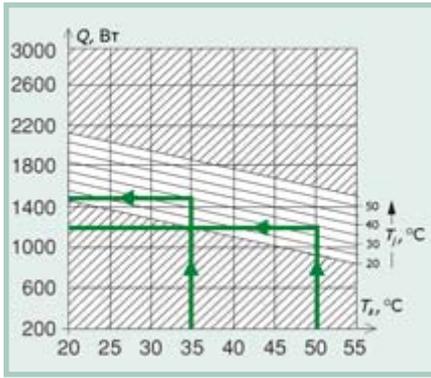


Рис. 2. Типичная диаграмма мощности холодильного агрегата

T_i — температура внутри шкафа, К;
 T_a — температура окружающей среды, К;
 $\Delta T = T_i - T_a$;
 Q_v — тепловые потери, выделяемые оборудованием внутри шкафа, Вт;
 Q_s — тепло, отводимое через поверхность шкафа, Вт; $Q_s > 0$ при $\Delta T > 0$, $Q_s < 0$ при $\Delta T < 0$;
 Q_0 — необходимая мощность охлаждения холодильного агрегата (кондиционера) шкафа или тепловая мощность обогревателя шкафа ($Q_0 < 0$), Вт;
 V — объёмный поток воздуха, м³/ч;
 A — эффективная площадь теплообмена шкафа, м²;
 k — коэффициент теплопередачи, $\frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}$; для листовой стали $k \approx 5,5$, для пластиков $k \approx 3,5$; для шкафов с двойными стенками из стального или алюминиевого листа принимают $k \approx 2,7 \div 3,0$.

Если шкаф не имеет средств климатизации, то установившаяся ($Q_v = Q_s$) разность температур между внутренним пространством шкафа и окружающей средой описывается известным уравнением теплопроводности:

$$\Delta T = \frac{Q_s}{k \cdot A} \quad (1)$$

Если полученное из (1) с помощью выражения $\Delta T = T_i - T_a$ значение T_i больше/меньше допустимого, то необходима дополнительная мощность для охлаждения/отопления шкафа: $Q_0 = Q_v - Q_s$.

Несложная подстановка даёт итоговое выражение:

$$Q_0 = Q_v - k \cdot A \cdot (T_i - T_a) \quad (2)$$

Примеры расчётов

1. Пусть имеется свободно стоящий стальной шкаф высотой 2,0 м, шириной 0,6 м, глубиной 0,5 м, макси-

мальная температура окружающей среды равна +50°C, а максимально допустимая температура внутри шкафа равна +35°C, суммарная мощность тепловых потерь оборудования внутри шкафа составляет 700 Вт.

- 1) для указанного шкафа значение параметра $A = 4,4 \text{ м}^2$;
- 2) $\Delta T = 35 - 50 = -15 \text{ К}$;
- 3) коэффициент теплопередачи для этого шкафа $k \approx 5,5 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}$;
- 4) $Q_v = 700 \text{ Вт}$;
- 5) $Q_0 = 700 \text{ Вт} - 5,5 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}} \cdot 4,4 \text{ м}^2 \times (-15 \text{ К}) = 1063 \text{ Вт}$.

Необходимо выбрать холодильный агрегат, имеющий мощность охлаждения не ниже 1063 Вт при соотношении температур снаружи и внутри шкафа +50°C/+35°C. Очень важно при выборе агрегата оперировать не только значением мощности, но и значениями температур T_i и T_a ; это иллюстрируется типовой диаграммой тепловой мощности кондиционера, показанной на рис. 2.

Из точки $T_a = 50^\circ\text{C}$ строим вертикальную линию до характеристики, соответствующей $T_i = 35^\circ\text{C}$, и затем горизонталь до пересечения с осью значений мощности. Полученное значение ($\approx 1200 \text{ Вт}$) больше требуемого, поэтому холодильный агрегат с этой характеристикой подойдёт для решения нашей задачи.

Заметим, что выбор для расчёта именно таких значений температуры снаружи и внутри шкафа не случаен. Определение рабочих характеристик холодильных агрегатов проводится согласно стандарту DIN 3168. Этим стандартом предусмотрено два обязательных режима испытаний: «A35/A35» и «A35/A50». Первое обозначение указывает, что испытание проводится при температуре воздуха внутри шкафа +35°C и воздуха снаружи шкафа +35°C; второе указывает на температуру воздуха внутри шкафа +35°C и воздуха снаружи шкафа +50°C. Буква А в обоих обозначениях указывает, что теплоносителем является воздух (air — воздух, англ.). Встречаются различные варианты этой нотации: «A50/A35», «A 35 A 50», в немецкоязычной литературе и на оборудовании используется нотация «L 35 L 50» (Luft — воздух, нем.). Следствием таких требований стандарта является тот факт, что почти все контроллеры кондиционеров и теплооб-

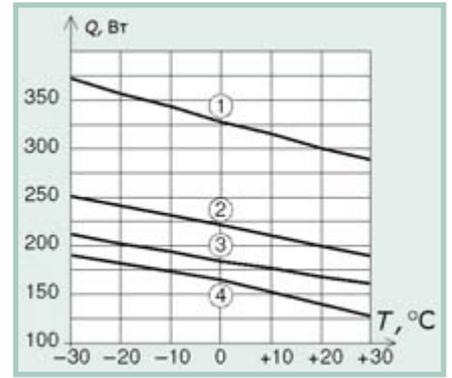


Рис. 3. Диаграмма тепловой мощности нагревателей четырёх моделей

менников имеют заводскую установку +35°C. Будьте внимательны: если в спецификации холодильного агрегата указано лишь одно значение его мощности, то это значение для условий «A35/A35». Тепловая мощность агрегата в условиях «A35/A50» будет намного ниже. По диаграмме рис. 2 легко установить, что это 1500 Вт и 1200 Вт соответственно.

Ведущие производители холодильных агрегатов снабжают свои изделия полными диаграммами мощности, благодаря чему инженер может провести корректный расчёт для любых параметров окружающей среды.

2. Рассмотрим тот же шкаф, что и ранее, при эксплуатации в зимних условиях: минимальная температура окружающей среды равна -30°C, а минимально допустимая температура внутри шкафа равна +10°C, суммарная мощность тепловых потерь оборудования внутри шкафа составляет 700 Вт.

- 1) $A = 4,4 \text{ м}^2$;
- 2) $\Delta T = +10 - (-30) = +40 \text{ К}$;
- 3) $k \approx 5,5 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}$;
- 4) $Q_v = 700 \text{ Вт}$;
- 5) $Q_0 = 700 \text{ Вт} - 5,5 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}} \cdot 4,4 \text{ м}^2 \times (+40 \text{ К}) = -268 \text{ Вт}$.

$Q_0 < 0$, поэтому в рассматриваемом случае необходим обогреватель шкафа. Нагреватели, аналогично холодильным агрегатам, характеризуются диаграммами тепловой мощности (рис. 3). Модели обогревателей обозначены цифрами от 1 до 4.

Однако на практике этими диаграммами почти никогда не пользуются, за исключением случаев, когда необходимо экономить каждый ампер. В кратких характеристиках обогревателя всегда указано одно значение его мощности; обычно это значение при +20°C. Поскольку при понижении

температуры тепловая мощность растёт, выбрать обогреватель просто: достаточно лишь убедиться, что тепловая мощность, указанная в спецификации прибора, превышает требуемую.

Представленный метод расчёта теплообмена стандартизован для шкафов, установленных в помещении, то есть исходит из того, что отсутствует движение воздуха снаружи шкафа. Для шкафов, установленных на улице, где возможно движение воздуха, применяют тот же метод расчёта, а для учёта больших тепловых потерь необходимо удвоить значение коэффициента теплопередачи k .

Активная вентиляция

Блоки вентилятор+фильтр (ВФ) являются наиболее экономным средством отвода тепла. Предпосылками для их использования являются:

- температура воздуха вне шкафа ниже температуры воздуха внутри него;
- относительно чистый окружающий воздух, иначе слишком часто придётся менять фильтры.

Для расчёта объёмного потока V , необходимого для отвода тепловой мощности Q_v применяется следующее выражение:

$$V = f \cdot \frac{Q_v}{\Delta T}, \quad (3)$$

где f — коэффициент, зависящий от высоты над уровнем моря следующим образом:

Высота над уровнем моря, м	$f, \text{ м}^3 \cdot \frac{\text{К}}{\text{Вт} \cdot \text{ч}}$
0–100	3,1
100–250	3,2
250–500	3,3
500–750	3,4
750–1000	3,5

Обычно достаточно пользоваться диаграммой, построенной по формуле (3) для $f = 3,1 \text{ м}^3 \cdot \frac{\text{К}}{\text{Вт} \cdot \text{ч}}$ и показанной на рис. 4.

Обратите внимание, что в характеристиках блоков ВФ обычно указывается производительность для свободного потока, без учёта противодавления воздуха, возникающего при установке в шкаф также и выходного фильтра. При установке одного выходного фильтра совпадающего с блоком ВФ размера реальная производительность вентилятора падает в среднем на 25-30%. Уменьшить падение

производительности помогает установка двух фильтров или одного фильтра следующего в модельном ряду типоразмера. Дальнейшее увеличение площади выходного фильтра существенной прибавки производительности не даёт.

Рекомендуется всегда устанавливать вентиляторы так, чтобы они нагнетали воздух в нижнюю часть шкафа и комплектовать шкаф выходными фильтрами в верхней части. Блоки ВФ поставляются производителями собранными именно в виде нагнетающего модуля. В шкафу создаётся избыточное давление чистого воздуха, предотвращающее попадание грязного воздуха внутрь через возможные дефекты уплотнения шкафа. Тем не менее в случае необходимости вентилятор легко перемонтировать, развернув его на 180°, чтобы обеспечить вытяжку воздуха из шкафа.

Как правило, блоки ВФ имеют уровень защиты IP54 стандартно. При установке фильтров тонкой очистки (опция), способных задерживать частицы с поперечником более 10 мкм, уровень защиты достигает IP55, а при установке ещё и специального брызгозащитного козырька — IP56.

Поставляются специальные версии вентиляторов с питанием от постоянного тока (24 или 48 В), а также вентиляторы, не нарушающие электромагнитную защиту шкафа при их установке.

Воздухо-воздушные теплообменники

Воздухо-воздушные теплообменники являются самыми простыми и экономичными агрегатами теплоотвода после вентиляторов. Предпосылками для их использования являются:

- температура воздуха вне шкафа ниже температуры воздуха внутри него;
- загрязнённая или агрессивная окружающая среда.

Наличие двух независимых несообщающихся воздушных контуров, наружного и внутреннего, полностью изолирует содержимое шкафа от внешней среды. Эти агрегаты незаменимы там, где окружающая среда загрязнена мелкодисперсной пылью, аэрозолями, парами растворителей, едких веществ.

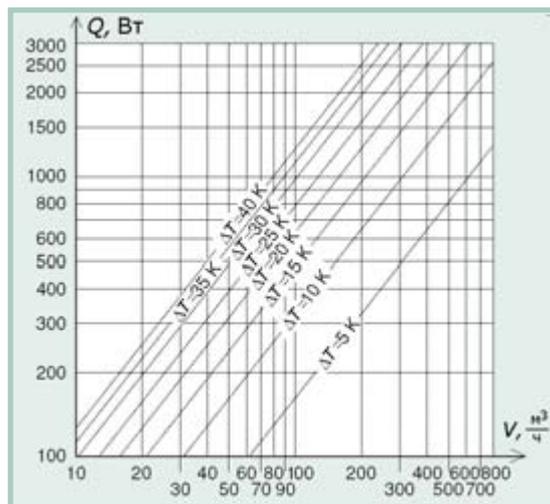


Рис. 4. Диаграмма теплоотвода блока вентилятор+фильтр

Эти теплообменники характеризуются фактически одним параметром — нормированной тепловой производительностью q_w , Вт/К. Чтобы правильно выбрать теплообменник, достаточно убедиться, что выполняется неравенство:

$$q_w > \frac{Q_0}{\Delta T} \quad (4)$$

Типичные значения параметра q_w современных воздухо-воздушных теплообменников лежат в пределах 15-90 Вт/К.

Воздухо-водяные теплообменники

Воздухо-водяные теплообменники незаменимы, если:

- необходимо рассеять большое количество избыточного тепла из сравнительно малого объёма, в том числе из шкафов, образующих ряд;
- непосредственное рассеяние тепла в окружающий воздух нежелательно или невозможно из-за малого объёма помещения или экстремальных значений температуры окружающей среды (от +1 до +75°С);
- воздух помещения сильно загрязнён, поэтому использование обычного холодильного агрегата невозможно.

Для того чтобы при установке теплообменника не нарушалась защита шкафа, эти приборы имеют уровень защиты IP55 стандартно, по заказу изготавливаются изделия с уровнем защиты до IP65.

Согласно требованию стандарта DIN 3168 теплообменники характеризуются параметром «полезная охлаждающая мощность», Вт. Типичное обозначение на приборе или в документа-

ции выглядит так: A 35 W 10, 200 l/h, 600 W. Это означает, что при температуре воздуха (A — англ., L — нем.) внутри шкафа +35°C, воды (W — water, англ., Wasser, нем.) на входе в теплообменник +10°C и скорости обмена 200 л/ч (l/h) теплообменник имеет полезную охлаждающую мощность 600 Вт. Типичная тепловая диаграмма воздухо-водяного теплообменника показана на рис. 5.

Подбор теплообменника проводится точно так же, как и подбор холодильного агрегата.

Температура воды на входе теплообменника может лежать в пределах от +1 до +30°C. Естественно, обязательно использовать только специально подготовленную воду. Детализацию требований к подготовке воды можно получить у производителя или продавца оборудования.

СИСТЕМЫ ОБРАТНОГО ОХЛАЖДЕНИЯ

Системы обратного охлаждения (СОО) используются там, где требуется очень высокая мощность охлаждения:

- охлаждение машин и механизмов, приводов, лазеров;
- охлаждение жидкостей, газов;

- рассеяние тепла от воздухо-водяных теплообменников;
- централизованные/интегрированные системы охлаждения.

Системы обратного охлаждения характеризуются главным параметром — мощностью охлаждения. Согласно стандарту эта характеристика нормируется всегда при фиксированных условиях: температура окружающего воздуха +32°C и температура на входе +18/+20°C при использовании в качестве теплоносителя воды/масла соответственно.

Серийно в виде готовых к подключению аппаратов поставляются системы мощностью примерно от 1 до 200 кВт, по заказу возможно изготовление и более производительных систем. Аппараты обратного охлаждения обычно имеют уровень защиты не выше IP44, так как не предназначены для установки в загрязнённых помещениях.

Сравнительно новым является непосредственное применение СОО без воздухо-водяных теплообменников в ИТ-приложениях. Не секрет, что современные процессоры рассеивают очень большую мощность, более 50 Вт/см². Процессоры и дисковые накопители дают максимальный вклад в

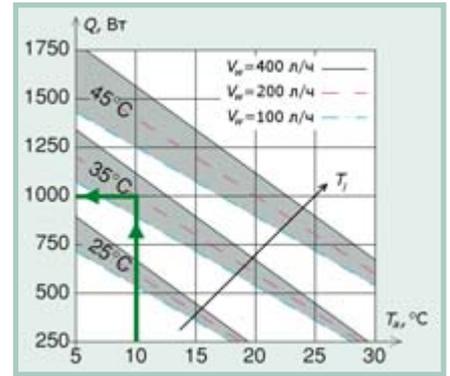


Рис. 5. Тепловая диаграмма воздухо-водяного теплообменника

тепловые потери серверов. Решение с отводом тепла от процессора и накопителей специальным радиатором с циркуляцией теплоносителя и его последующим охлаждением в СОО оказывается эффективнее, чем использование бесконечного числа вентиляторов для отвода тепла сначала от его источника в корпус сервера, затем в шкаф, затем из шкафа в окружающий воздух. Продолжающаяся гонка производительности ведёт к тому, что система распределения жидкого теплоносителя скоро станет такой же обязательной для каждого ИТ-шкафа, как сейчас система распределения кабелей.

О ПРОБЛЕМЕ ВЛАЖНОСТИ ВНУТРИ ШКАФА

Неизбежным побочным эффектом использования холодильного агрегата (кондиционера) или теплообменника для охлаждения шкафа является осушение воздуха. В процессе выхода на заданный тепловой режим воздух в шкафу постепенно остывает, и часть водяного пара конденсируется на змейке испарителя или теплообменника. Образующийся конденсат необходимо удалять из шкафа, все средства для этого входят в комплект поставки оборудования. Количество образующегося конденсата зависит от относительной влажности воздуха, температуры и объёма воздуха в шкафу, температуры змейки испарителя.

Количество конденсата, который выделится, можно вычислить с помощью простой формулы и диаграммы Мольера $h-x$. Диаграмма предназначена для определения содержания водяного пара в воздухе и изображена на рис. 6.

Количество выделившегося конденсата вычисляется по следующей формуле:

$$M = V \cdot \rho \cdot \Delta x \quad (5)$$

Здесь M — масса выделившейся воды, г, V — объём воздуха в шкафу, м^3 , ρ — плотность воздуха, $\text{кг}/\text{м}^3$, Δx — разность массовых долей воды на кг сухого воздуха, г/кг.

Пример

После закрытия двери хорошо знакомого нам шкафа ($2,0 \times 0,6 \times 0,5 \text{ м}$; $V \approx 0,6 \text{ м}^3$) холодильный агрегат начинает охлаждать воздух внутри шкафа при следующих начальных условиях: температура воздуха $+35^\circ\text{C}$, относительная влажность 70% .

Воздух, содержащий x_1 грамм воды на килограмм сухого воздуха, проходит вблизи змейки испарителя с температурой поверхности $+18^\circ\text{C}$ (хладагент R134a испаряется при этой температуре), охлаждается до точки росы и осушается до содержания x_2 г воды на кг сухого воздуха. По диаграмме определяем $\Delta x = 24 - 13 = 11 \text{ г}/\text{кг}$. Пусть $\rho = 1,2 \text{ кг}/\text{м}^3$, тогда $M = 0,6 \text{ м}^3 \times 1,2 \text{ кг}/\text{м}^3 \cdot 11 \text{ г}/\text{кг} = 7,9 \text{ г}$. Другими словами, если шкаф полностью герметичен, то при выходе на режим выделится всего около 8 мл воды, и больше конденсат выделяться не будет! Естественно, шкаф с защитой IP55 не может быть полностью герметичен, по-

этому внутри шкафа будет поступать свежий воздух и осушаться, что будет сопровождаться постоянным выделением конденсата. Плохо уплотнённые кабельные вводы, повреждённые уплотнители дверей, уплотнители индикаторов, смонтированных на поверхностях шкафа, приводят к излишнему поступлению свежего воздуха. Например, для рассмотренного примера утечка воздуха в объёме $5 \text{ м}^3/\text{ч}$ приведёт к выделению конденсата в объёме $80 \text{ мл}/\text{ч}$, который нужно будет отводить и утилизировать.

Кроме того, диаграмма Мольера наглядно поясняет очень важное явление: выпадение конденсата на содержимом охлаждаемого шкафа при его открытии. Пусть установившаяся температура воздуха внутри шкафа равна $+30^\circ\text{C}$, допустим, что такую же температуру имеют большинство элементов оборудования шкафа. Пусть условия окружающей среды таковы: $+40^\circ\text{C}$ при относительной влажности 60% . При открытии шкафа без предварительного повышения температуры в нём произойдёт поступление свежего воздуха и его резкое охлаждение на поверхностях установленного в шкафу оборудования с выпадением конденсата. Именно во избежание выпадения конденсата холодильные агрегаты в практических применениях часто работают в режимах типа «A35/A35», то есть не охлаждают воздух в шкафу до температуры ниже наружной, а только отводят избыток тепла от внутреннего оборудования. Только при таких режимах можно гарантировать, что открытие шкафа в любой момент времени не приведёт к выпадению конденсата на его внутренних поверхностях.

Казалось бы, чем суше воздух в шкафу, тем лучше — электроника не терпит воды. Однако излишнее осушение воздуха тоже таит в себе опасность: на деталях оборудования происходит накопление статических электрических зарядов. При обычной влажности заряды стекают через воздух на заземлённые элементы, а в очень сухом воздухе может произойти разряд, выводящий из строя электронные компоненты. Поэтому в критических приложениях, например в биллинговых системах, других системах реального времени, ис-

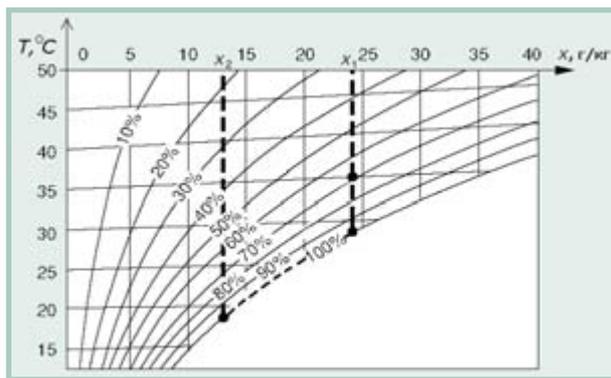


Рис. 6. Диаграмма Мольера $h-x$

пользуют централизованные системы кондиционирования серверных помещений с поддержанием температуры и влажности в заданных пределах.

Иногда по условиям задачи не требуется обогрев шкафа в холодное время года: устанавливаемое в шкаф оборудование работает в расширенном температурном диапазоне. Тем не менее для предотвращения выпадения конденсата при охлаждении шкафа следует установить нагревательный элемент, снабдив его гидростатом или термостатом. Возможен другой подход к этой проблеме: использовать шкафы большого объёма, двустенные, с дополнительной теплоизоляцией, то есть любым способом повысить тепловую инертность системы.

Важные выводы:

- всегда старайтесь максимально герметизировать шкаф;
- никогда не устанавливайте контроллер кондиционера или теплообменника на поддержание внутри шкафа температуры ниже реально необходимой;
- используйте концевые выключатели для отключения холодильного агрегата (теплообменника) при открытой двери шкафа;
- при необходимости поддерживать внутри шкафа температуру ниже наружной обязательно используйте автоматику, чтобы дверь шкафа можно было открыть только после отключения холодильного агрегата (теплообменника) и повышения температуры внутри шкафа;
- используйте комплексные автоматизированные системы мониторинга и управления микроклиматом шкафа.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Несколько простых рекомендаций, следование которым поможет избежать сложных проблем и больших затрат.

Выбирайте агрегаты с запасом по тепловой мощности на 20% относительно расчётной не только для компенсации погрешностей расчёта, но и для более быстрого выхода на стационарный тепловой режим.

Всегда используйте термостаты, контроллеры кондиционеров и теплообменников, контроллеры скорости вентиляторов. Эти простые устройства автоматики не только не допустят перегрева или переохлаждения воздуха в шкафу, но и сэкономят электроэнергию, снизят уровень шума от работающих агрегатов.

По возможности вместо одного обогревателя большой мощности используйте несколько приборов меньшей мощности, разместив их в разных местах шкафа. Смонтируйте на нагреватели специальные вентиляторы или установите универсальные вентиляторы внутри шкафа для перемешивания воздуха с целью добиться ровного распределения температуры.

Избегайте «термопробок» и «застойных мест». Не пытайтесь направить тёплый воздух вниз — циркуляция воздуха в шкафу должна быть организована по направлению снизу вверх. Ни один вентилятор в шкафу

не должен оказаться ниже уровня подачи холодного воздуха от кондиционера или теплообменника. Кондиционеры или теплообменники, монтируемые на потолок шкафа, обязательно доукомплектовать рукавами для подачи холодного воздуха в нижнюю часть шкафа.

Не устанавливайте оборудование в шкаф так, чтобы оно оказалось отделено от кондиционера монтажной панелью.

Не устанавливайте оборудование в шкафу на расстоянии менее 20 см от входных или выходных патрубков кондиционера.

Расстояние от внешней поверхности кондиционера до стены помещения или до поверхности соседнего кондиционера при монтаже на шкафы, образующие ряд, должно составлять не менее 40 см.

Трубка для отвода конденсата должна быть проложена с уклоном только вниз. При наращивании трубки не допускается уменьшение её поперечного сечения.

Что ещё?

Прогресс не стоит на месте, новинки в области климатизации шкафов

анонсируются буквально каждый месяц. Совсем недавно стояла проблема кондиционирования шкафов, устанавливаемых на пищевых производствах. Сейчас кондиционеры, изготавливаемые из нержавеющей стали, в том числе и со степенью защиты NEMA 4x, поставляются серийно.

Для шкафов, устанавливаемых на улице, предлагается система поддержания микроклимата, основанная на геотермальном эффекте. Под землёй укладывается воздухопровод-петля, оба конца которой открываются внутрь шкафа. В шкафу установлен лишь вентилятор, который прокачивает воздух из шкафа через подземный воздухопровод, охлаждая его летом и подогревая зимой. Решение очень экономично — используется тепловая энергия нашей планеты. Система не имеет контакта с внешней средой и может быть установлена в местах с высоким уровнем загрязнения.

Следите за публикациями в «СТА»! ●

**Автор — сотрудник
фирмы ПРОСОФТ
Телефон: (495) 234-0636
E-mail: info@prosoft.ru**