

Адиабатика: какую систему выбрать?

Александра Эрлих,
генеральный директор,
«ПрофАйТи-Кул»

Анна Галкина (Васильева),
руководитель
консультационного
центра,
«ПрофАйТи-Кул»

Благодаря своей эффективности и малому энергопотреблению системы адиабатического охлаждения наилучшим образом подходят для организации круглогодичного фрикулинга в ЦОДе. Нужно только правильно выбрать тип системы и параметры ее работы.

Развитие индустрии производства ИТ-оборудования открывает новые возможности для организации системы охлаждения ЦОДа. Если буквально несколько лет назад мы и представить себе не могли систему охлаждения без компрессорной части или фреонового контура, то сегодня использование таких систем становится не просто возможным, а зачастую наиболее целесообразным. Температура в машинных залах ЦОДов, рекомендуемая для работы ИТ-оборудования, с каждым годом повышается, а значит, на все большей территории можно устанавливать в дата-центрах системы охлаждения с круглогодичным фрикулингом*.

Попробуем разобраться, что необходимо для реализации подобной системы.

Что говорит теория...

По сути, любая система охлаждения не холод создает, а переносит тепло от более нагретой среды к менее нагретой. Привычные системы охлаждения с кондиционерами и чиллерами переносят тепло от ИТ-оборудования из машинного зала на улицу, чтобы передать его уличному воздуху.

Процессы переноса тепла описываются законом Фурье:

$$\vec{q} = -\lambda \operatorname{grad} T, \text{ где}$$

\vec{q} – вектор плотности теплового потока,
 λ – коэффициент теплопроводности (удельная теплопроводность),
 T – температура.

Минус в правой части показывает, что тепловой поток направлен противоположно вектору T (т.е. в сторону скорейшего убывания температуры).

Получается, что для передачи тепла из машинного зала на улицу необходимо, чтобы температура воздуха на улице была хотя бы на 1°C

ниже, чем в машинном зале. На самом деле разница должна быть несколько больше, чем 1°C, поскольку в любой системе всегда присутствуют потери, которые зависят от ее организации и используемого оборудования и влияние которых по приблизительным оценкам эквивалентно 3°C. Чем больше разность температур между машинным залом и улицей, тем интенсивнее проходит процесс теплопередачи, иными словами, тем меньше «железа» и энергии нужно, чтобы охладить машинный зал.

Таким образом, чтобы создать максимально эффективную систему с минимальной стоимостью, необходимо увеличить разность температур между машинным залом и улицей. Для этого нужно повысить температуру в машинном зале или снизить максимальную для региона строительства ЦОДа температуру воздуха, поступающего с улицы, а лучше и то и другое.

С увеличением температуры в машинном зале все более или менее понятно, и индустрия движется в этом направлении, но что делать с максимальной температурой воздуха, поступающего с улицы?

Снизить температуру уличного воздуха можно с помощью систем адиабатического охлаждения. Такие системы подразумевают охлаждение воздуха за счет испарения воды.

Системы адиабатического охлаждения позволяют снизить температуру поступающего воздуха на 3–12°C в зависимости от организации системы, региона и способа испарения воды и, по сути, являются панацеей для регионов с сухим и жарким климатом.

Реализовать систему адиабатического охлаждения можно разными способами, из которых сегодня наиболее распространены два:

1. На основе РАД-панелей (матов) из специального пористого материала. Материал обильно смачивается водой, и воздух, проходя через него, насыщается влагой. При этом температура воздуха снижается.

* А. Эрлих. Круглогодичный фрикулинг в России, или Готовых рецептов нет. «ИКС» № 4'2019, с. 28.

2. При помощи форсунок, которые распыляют воду. Возможны два варианта:

- вода распыляется в воздух, при этом только часть воды испаряется, насыщая воздух и снижая его температуру, а остальное выпадает в осадок или уносится боковым ветром;
- вода распыляется на поверхность и испаряется с поверхности, снижая температуру воздуха.

Эффективность системы адиабатического охлаждения зависит от того, насколько удастся охладить воздух за счет испарения воды, и ее можно рассчитать по формуле:

$$\text{Эффективность [\%]} = \frac{(T_1 - T_2)}{(T_1 - T_{\text{м.т.}})} \quad , \text{ где}$$

T_1 – температура воздуха до адиабатического охладителя,

T_2 – температура воздуха после адиабатического охладителя,

$T_{\text{м.т.}}$ – уличная температура воздуха по мокрому термометру.

Эффективность системы адиабатического охлаждения оказывает решающее влияние на производительность теплообменного агрегата, потому что он, в свою очередь, сконструирован как устройство с воздушным охлаждением с температурой воздуха, достигаемой после адиабатического охлаждения. Эта температура одновременно является и температурой переключения на влажный режим.

...и о чем свидетельствует практика

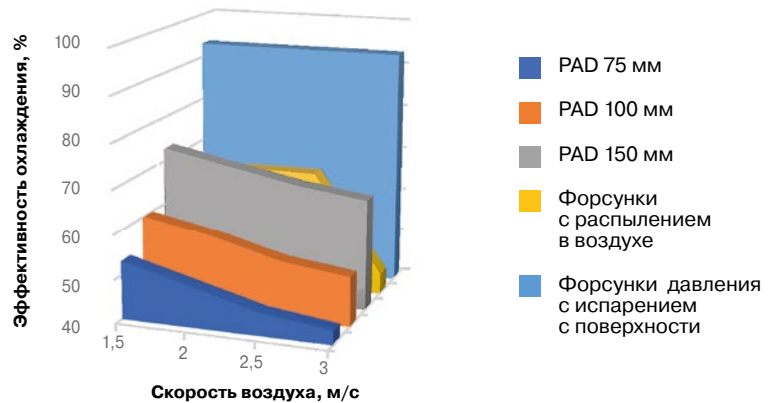
К сожалению, для агрегатов на основе адиабатического охлаждения в настоящее время нет ни единых процедур тестирования, ни сертификатов независимых организаций, подтверждающих их производительность. Поэтому коллегами из Германии было проведено исследование продукции более 10 производителей систем адиабатического охлаждения.

В ходе исследования изучалось влияние на эффективность адиабатического охлаждения следующих факторов:

- скорости движения охлаждаемого воздуха;
- сопротивления по воздуху (потери давления со стороны воздуха);
- расхода воды на орошение;
- температуры воды, используемой для орошения.

Исследование проводилось при температуре воздуха по сухому термометру 35°C, по мокрому термометру 22°C и нормальном атмосферном давлении.

Максимальную эффективность в исследовании продемонстрировали системы адиабатического охлаждения с использованием форсунок (рис. 1). При этом испарительное охлаждение с



▲ Рис. 1. Эффективность охлаждения в зависимости от скорости воздуха для различных адиабатических систем

поверхности оказалось самым эффективным и мало зависящим от скорости движения воздуха. При распылении воды в воздух эффективность ниже, при скорости воздуха до 2,5 м/с она остается практически неизменной, а при дальнейшем росте скорости эффективность охлаждения заметно снижается.

Эффективность адиабатического охлаждения при использовании PAD-панелей зависит в первую очередь от их толщины: чем панель толще, тем она эффективнее. С увеличением скорости прохождения воздуха через PAD-панель эффективность охлаждения снижается.

Производители панелей, как правило, декларируют эффективность охлаждения при скорости воздуха в диапазоне 0,5–3 м/с. В процессе исследования выяснилось, что половина производителей сильно переоценивает эффективность своих панелей. На рис. 2 сплошными линиями показаны графики эффективности охлаждения, заявленной четырьмя разными производителями PAD для панелей толщиной 150 мм, а пунктиром – реальные графики эффективности, полученные экспериментально.

Заявляемые характеристики форсунок (пропускная способность, параметры купола раскрытия струи и др.) куда менее эфемерны и легко проверяются.

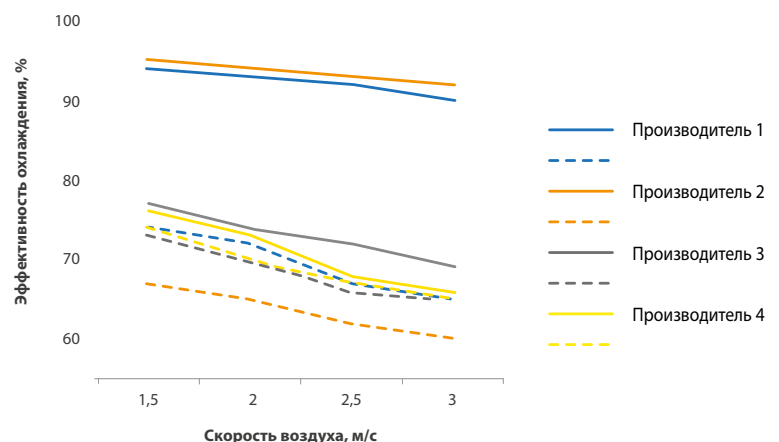


Рис. 2. Декларируемая и экспериментальная эффективность охлаждения в зависимости от скорости воздуха для PAD 150 мм ▼

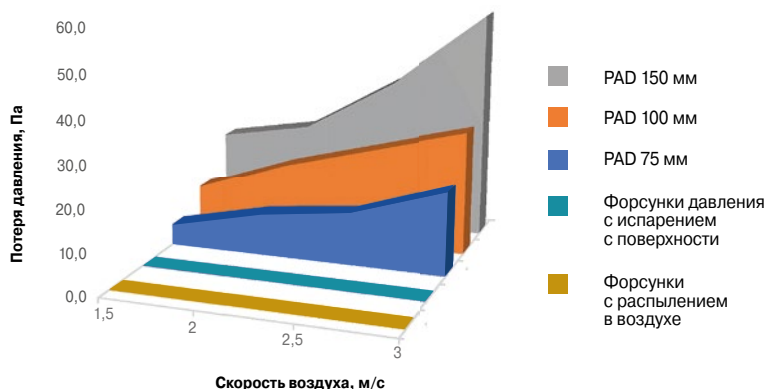


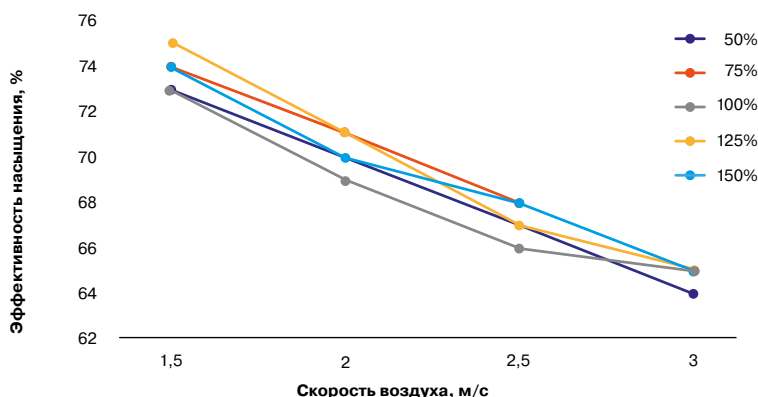
Рис. 3. ▲ Потери давления в системах адиабатического охлаждения в зависимости от скорости воздуха

Другой немаловажной характеристикой является сопротивление по воздуху той или иной системы адиабатического охлаждения. Эта характеристика не влияет напрямую на эффективность адиабатики, но оказывает огромное влияние на энергопотребление системы охлаждения в целом. Чем больше сопротивление потоку воздуха в адиабатической системе охлаждения, тем больше электроэнергии затратит вентилятор для его преодоления.

Системы с использованием форсунок не создают дополнительного сопротивления по воздуху, чего нельзя сказать о PAD-панелях (рис. 3). Как видно из графика, в системах с использованием PAD сопротивление потоку воздуха и связанный с ним рост энергопотребления тем больше, чем больше толщина и соответственно эффективность панели.

Поскольку система адиабатического охлаждения в большинстве случаев является неотъемлемой частью оборудования, бывает достаточно сложно ее демонтировать, скажем, на зимний период. В случае форсуночного орошения в этом нет необходимости. Если же вы отдали предпочтение PAD, готовьтесь к трудностям. Даже если производителем предусмотрена возможность снять панели, вам понадобится квалифицированный и физически сильный персонал, который сможет снять PAD-

Рис. 4. ▲ Эффективность насыщения в зависимости от скорости воздуха при разном расходе воды, используемой для орошения ▼



панели на зиму и установить их снова на лето. В противном случае система с PAD-панелями, работая лишь несколько часов в году, будет требовать дополнительного электроснабжения постоянно, создавая сопротивление потоку воздуха, которое вентиляторам необходимо будет преодолевать.

При изменении расхода воды в диапазоне 50–150% от номинальных 100%, рекомендуемых производителями адиабатических систем охлаждения PAD, эффективность насыщения от скорости воздуха зависит незначительно (рис. 4).

В системах с использованием форсунок при изменении расхода воды эффективность насыщения остается также почти неизменной. Но при повышении расхода воды свыше 100% увеличивается объем дренажа.

Изменение температуры распыляемой воды эффективность насыщения меняет незначительно (см. таблицу). Настолько незначительно, что совершенно не оправдывает затрат на получение охлажденной воды для орошения.

Температура воды, °С	Эффективность насыщения, %	Изменение эффективности насыщения, %
36	66	-2,94
30	66	-2,94
20	68	0,00
14	69	1,47
7	70	2,94

▲ Эффективность насыщения в зависимости от температуры распыляемой воды

Итак, в ходе исследования было установлено, что наиболее эффективной является форсуночная система испарительного адиабатического охлаждения. Эта система не создает дополнительного сопротивления потоку воздуха, а значит, не требует дополнительной электроэнергии. Поэтому она оптимальна для обеспечения круглогодичного фрикулинга в ЦОДе.

Наибольшее влияние на системы испарительного адиабатического охлаждения оказывает скорость воздуха: чем она меньше, тем эффективнее система. Температура используемой воды почти не влияет на эффективность охлаждения, а расход воды в первую очередь влияет на объем дренажа, но мало сказывается на эффективности охлаждения.

Результаты исследования справедливы при применении адиабатического охлаждения в любом из компонентов климатической системы: чиллерах, конденсаторах, драйкулерах, системах вентиляции и т.д. ИКС