



ТЕХНОЛОГИЯ КОСВЕННОГО ОХЛАЖДЕНИЯ

В системах отопления, вентиляции и кондиционирования адиабатическое испарение обычно ассоциируется с увлажнением воздуха, однако в последнее время данный процесс приобретает растущую популярность в самых разных странах мира и все чаще применяется для «естественного» охлаждения воздуха.

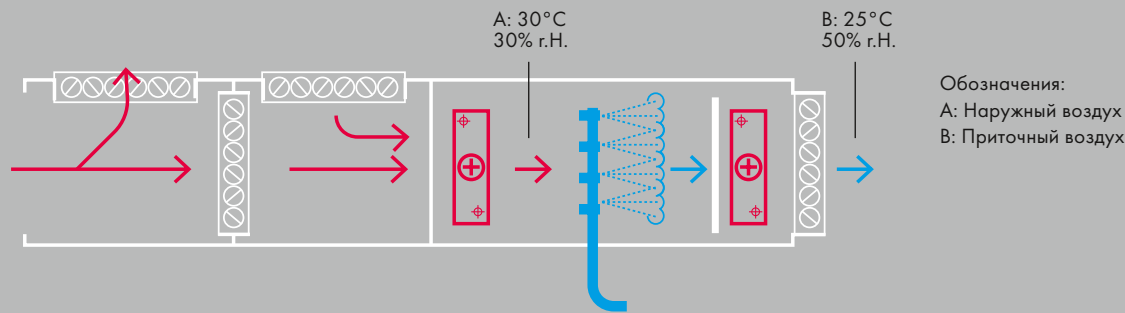
ЧТО ТАКОЕ ИСПАРИТЕЛЬНОЕ ОХЛАЖДЕНИЕ?

Испарительное охлаждение лежит в основе одной из самых первых придуманных человеком систем охлаждения пространства, где охлаждение воздуха происходит за счет естественного испарения воды. Данное явление очень распространено и встречается повсеместно: одним из примеров может быть ощущение холода, которое вы испытываете, когда вода испаряется с поверхности вашего тела под воздействием ветра. То же самое происходит и с воздухом, в котором распыляется вода: поскольку данный процесс

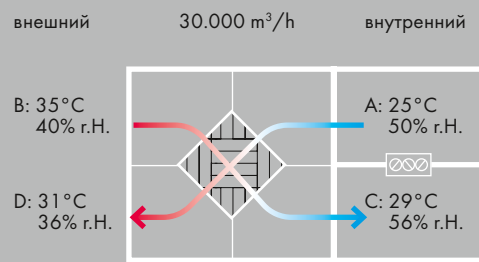
происходит без внешнего источника энергии (именно это и означает слово «адиабатический»), тепло, необходимое для испарения воды, берется из воздуха, который, соответственно, становится холоднее.

Использование такого способа охлаждения в современных системах кондиционирования обеспечивает высокую холодопроизводительность при низком электропотреблении, поскольку в этом случае электричество расходуется только для поддержания процесса испарения воды. В то же время в качестве охладителя вместо химических составов используется

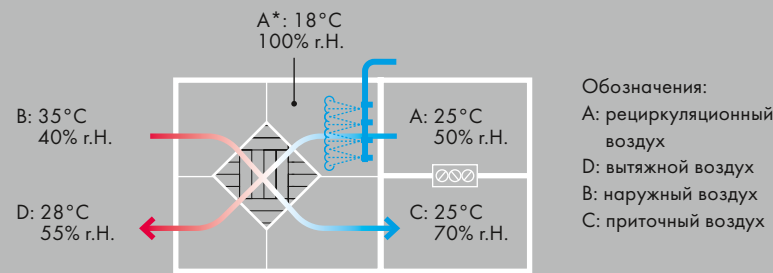
СХЕМА ВЕНТИЛЯЦИОННОЙ УСТАНОВКИ С СИСТЕМОЙ ПРЯМОГО ИСПАРИТЕЛЬНОГО ОХЛАЖДЕНИЯ



ТЕПЛОБМЕН В ПЛАСТИНАТОМ ТЕПЛОБМЕННИКЕ



ТЕПЛОБМЕН В ПЛАСТИНАТОМ ТЕПЛОБМЕННИКЕ ПРИ КОСВЕННОМ ОХЛАЖДЕНИИ



обычная вода, что делает испарительное охлаждение более выгодным экономически и не наносит вреда экологии.

ВИДЫ ИСПАРИТЕЛЬНОГО ОХЛАЖДЕНИЯ

Существует два основных способа испарительного охлаждения – прямое и косвенное.

ПРЯМОЕ ИСПАРИТЕЛЬНОЕ ОХЛАЖДЕНИЕ

Прямое испарительное охлаждение – это процесс снижения температуры воздуха в помещении с помощью его непосредственного увлажнения. Другими словами, за счет испарения распыленной воды происходит охлаждение окружающего воздуха. При этом задача влаги осуществляется либо непосредственно в помещении с помощью промышленных увлажнителей и форсунок, либо за счет насыщения приточного воздуха влагой и его охлаждения в секции вентиляционной установки.

Следует заметить, что в условиях прямого испарительного охлаждения неизбежно значительное повышение влажности приточного воздуха внутри помещения, поэтому для оценки применимости данного способа рекомендуется брать за основу формулу, известную как «показатель температуры и дискомфорта». По формуле вычисляется комфортная температура в градусах Цельсия с учетом влажности и показаний температуры по сухому термометру (таблица 1). Забегая вперед, отметим, что система прямого испарительного охлаждения применяется только в тех случаях, когда уличный воздух в летний период имеет высокие значения температуры по сухому термометру и низкий абсолютный уровень влажности.

КОСВЕННОЕ ИСПАРИТЕЛЬНОЕ ОХЛАЖДЕНИЕ

Для повышения эффективности испарительного охлаждения при высокой влажности уличного

воздуха рекомендуется сочетать испарительное охлаждение с рекуперацией тепла. Данная технология известна как «косвенное испарительное охлаждение» и подходит практически для любой страны мира, включая страны с очень влажным климатом.

Общая схема работы приточно-вентиляционной системы с рекуперацией заключается в том, что горячий приточный воздух, проходя через специальную теплообменную кассету, охлаждается за счет прохладного воздуха, удаляемого из помещения.

Принцип работы косвенного испарительного охлаждения заключается в установке системы адiabатического увлажнения в вытяжном канале приточно-вытяжных центральных кондиционеров, с последующей передачей холода через рекуператор приточному воздуху.

Как показано на примере, за счет использования пластинчатого рекуператора уличный воздух в системе вентиляции охлаждается на 6 °С. Применение испарительного охлаждения вытяжного воздуха увеличит разность температур с 6 °С до 10 °С без роста потребления электроэнергии и уровня влажности в помещении.

Применение косвенного испарительного охлаждения эффективно при высоких теплопритоках, например в офисных и торговых центрах, ЦОДах, производственных помещениях и т.д.

Преимущества прямого испарительного охлаждения

- Низкие затраты на организацию системы охлаждения помещения.
- Возможность использования в качестве системы увлажнения в зимний период.

Недостатки прямого испарительного охлаждения

- Необходимость использования систем обратного осмоса, во избежание появления солевой взвеси в воздухе.
- Увеличение нагрузки на систему кондиционирования при их совместном использовании.
- Невозможность использования в условиях высокой влажности уличного воздуха.

Преимущества косвенного испарительного охлаждения

- Значительная экономия – потребление электроэнергии примерно на два порядка ниже по сравнению с традиционными системами охлаждения.
- Охлаждение приточного воздуха происходит без увлажнения.
- Нет необходимости использовать системы обратного осмоса.
- Низкие эксплуатационные расходы в течение всего срока службы системы.

Недостатки косвенного испарительного охлаждения

- Невозможность использовать для увлажнения в зимний период.

ПОКАЗАТЕЛИ ДИСКОМФОРТА ПО ТЕМПЕРАТУРЕ И ВЛАЖНОСТИ

Таблица 1

	25%	30%	35%	40%	45%	50%	55%	60%	65%	70%	75%	80%	85%	90%	95%	100%
42°	48	50	52	55	57	59	62	64	66	68	71	73	75	77	80	82
41°	46	48	51	53	55	57	59	61	64	66	68	70	72	74	76	79
40°	45	47	49	51	53	55	57	59	61	63	65	67	69	71	73	75
39°	43	45	47	49	51	53	55	57	59	61	63	65	66	68	70	72
38°	42	44	45	47	49	51	53	55	56	58	60	62	64	66	67	69
37°	40	42	44	45	47	49	51	52	54	56	58	59	61	63	65	66
36°	39	40	42	44	45	47	49	50	52	54	55	57	59	60	62	63
35°	37	39	40	42	44	45	47	48	50	51	53	54	56	58	59	61
34°	36	37	39	40	42	43	45	46	48	49	51	52	54	55	57	58
33°	34	36	37	39	40	41	43	44	46	47	48	50	51	53	54	55
32°	33	34	36	37	38	40	41	42	44	45	46	48	49	50	52	53
31°	32	33	34	35	37	38	39	40	42	43	44	45	47	48	49	50
30°	30	32	33	34	35	36	37	39	40	41	42	43	45	46	47	48
29°	29	30	31	32	33	35	36	37	38	39	40	41	42	43	45	46
28°	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43
27°	27	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41
26°	26	26	27	28	29	30	31	32	33	34	34	35	36	37	38	39
25°	25	25	26	27	27	28	29	30	31	32	33	34	34	35	36	37
24°	24	24	24	25	26	27	28	28	29	30	31	32	33	33	34	35
23°	23	23	23	24	25	25	26	27	28	28	29	30	31	32	32	33
22°	22	22	22	22	23	24	25	25	26	27	27	28	29	30	30	31

- Менее 29: комфортная зона либо небольшой дискомфорт
- От 30 до 34: незначительный дискомфорт
- От 36 до 39: ощутимый дискомфорт
- От 40 до 45: сильный дискомфорт, сильные нагрузки на организм не рекомендуются
- От 46 до 53: опасный дискомфорт, любые нагрузки на организм не рекомендуются
- Более 54: очень опасный дискомфорт, существует вероятность теплового удара

КЕЙС:

Оценка затрат косвенной системы адиабатического охлаждения по сравнению с охлаждением с использованием чиллеров.

На примере офисного центра с постоянным пребыванием 2000 человек.

Условия расчета:

Уличная температура и влажосодержание	+32°C, 10, 12 г/кг (показатели взяты для г. Москвы)
Температура воздуха в помещении	+20 °C
Вентиляционная система	4 приточно-вытяжные установки производительностью 30 000 м ³ /ч (подача воздуха по санитарным нормам)
Мощность системы охлаждения с учетом вентиляции	2500 кВт
Температура приточного воздуха	+20 °C
Температура вытяжного воздуха	+23 °C
Эффективность рекуперации по явному теплу	65%
Централизованная система охлаждения	Система чиллер-фанкойл с температурой воды 7/12°C.

РАСЧЕТ

Для расчета вычисляем относительную влажность воздуха на вытяжке.

При температуре в системе охлаждения 7/12 °C точка росы вытяжного воздуха с учетом внутренних влаговыделений составит +8 °C.

Относительная влажность воздуха на вытяжке составит 38%.

	Без косвенного охлаждения	С косвенным охлаждением
Температура приточного воздуха после рекуператора	26,2 °C	20,2 °C
Требуемая холодильная мощность (4 установки)	249,2 кВт (62,3 кВт × 4)	8,04 кВт (2,01 кВт × 4)
Капитальные затраты	49 840 €* Стоимость чиллера мощностью охлаждения 249,2 кВт, исходя из цены 200 € за 1 кВт холодильной мощности.	30 280 € Стоимость 4 стоек увлажнения Optimist производства Carel (Италия).
Потребление электроэнергии	83 кВт	1,5 кВт
Эксплуатационные затраты	7,48 € за 1 час эксплуатации	0,343 € за 1 час эксплуатации

* Необходимо учитывать, что стоимость монтажа системы холодоснабжения с учетом всех затрат существенно выше по сравнению с системами косвенного охлаждения.

КАПИТАЛЬНЫЕ ЗАТРАТЫ

Для анализа берем стоимость оборудования – чиллеров для системы холодоснабжения и системы увлажнения для косвенного испарительного охлаждения.

Капитальные затраты на охлаждение приточного воздуха для системы с косвенным охлаждением.

Стоимость одной стойки увлажнения Optimist производства Carel (Италия) в приточно-вытяжной установке составляет 7570 €.

Капитальные затраты на охлаждение приточного воздуха без системы косвенного охлаждения.

Стоимость чиллера мощностью охлаждения 62,3 кВт составляет примерно 12 460 €, исходя из стоимости 200 € за 1 кВт холодильной мощности. Необходимо учитывать, что стоимость монтажа системы холодоснабжения с учетом всех затрат существенно выше по сравнению с системами косвенного охлаждения.

ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ ЗАТРАТЫ

Для анализа принимаем стоимость водопроводной воды 0,4 € за 1 м³ и стоимость электроэнергии 0,09 € за 1 кВт/ч.

Эксплуатационные расходы на охлаждение приточного воздуха для системы с косвенным охлаждением.

Расход воды на косвенное охлаждение составляет 117 кг/ч для одной приточно-вытяжной установки, с учетом

потерь 10% примем ее как 130 кг/ч. Потребляемая мощность системы увлажнения составляет 0,375 кВт для одной приточно-вытяжной установки. Итоговые затраты в час составляют 0,343 € за 1 час эксплуатации системы.

Эксплуатационные расходы на охлаждение приточного воздуха без системы косвенного охлаждения.

Требуемая холодильная мощность составляет 62,3 кВт на одну приточно-вытяжную установку. Холодильный коэффициент берем равным 3 (соотношение мощности охлаждения к потребляемой мощности). Итоговые затраты в час составляют 7,48 € за 1 час эксплуатации.

ВЫВОД

Использование косвенного испарительного охлаждения позволяет

- снизить капитальные затраты на охлаждение приточного воздуха на 39%.
- снизить энергопотребление на системы кондиционирования здания с 729 кВт до 647 кВт, или на 11,3%.
- снизить эксплуатационные расходы на системы кондиционирования здания с 65,61 €/час до 58,47 €/час, или на 10,9%.

Таким образом, несмотря на то, что охлаждение свежего воздуха составляет примерно 10–20% от общей потребности в охлаждении офисных и торговых центров, именно здесь имеются наибольшие резервы в повышении энергоэффективности здания без существенного роста капитальных затрат.

Статья подготовлена специалистами компании «ТЕРМОКОМ-Инжиниринг». Информационные материалы предоставлены Carel (Италия).