

Влажностный баланс помещения

Проектирование систем кондиционирования воздуха на основе охлаждающих балок

В. А. Волков, канд. техн. наук., технический директор ООО «ТРОКС РУС»



Системы вентиляции и кондиционирования воздуха на основе охлаждающих балок и холодных потолков имеют ряд существенных преимуществ по сравнению с альтернативными вариантами. Однако вопрос возможного выпадения конденсата вносит некоторые затруднения как на этапе рассмотрения варианта использования таких систем, так и на этапе проектирования.

Целью проведенного исследования является рассмотрение влажностного баланса помещения для оценки возможностей системы вентиляции поддерживать параметры воздуха в помещении выше точки росы, для предотвращения выпадения конденсата, в случае использования охлаждающих балок (инжекционных доводчиков) или холодных потолков в системе поддержания микроклимата. Результаты исследования приведены в виде кратких тезисов.

Исследование выполнялось применительно к типовым офисным помещениям, в которых наиболее часто могут применяться системы с охлаждающими балками, как при новом строительстве, так и при реконструкции. Все параметры воздуха рассчитывались по формулам для барометрического давления 1 010 гПа.

Параметры внутреннего воздуха в рабочей зоне

Оптимальный выбор расчетных параметров внутреннего воздуха приобретает особое значение при проектировании систем с охлаждающими балками, так как нужно гарантировать не только оптимальную стоимость системы, но и ее надежную работу.

Требования к параметрам внутреннего воздуха, применительно к офисным помещениям можно встретить в ряде действующих и отмененных нормативных актов: СанПиН 2.2.4.548-96, ГОСТ 30494-96, ГОСТ 12.1.005-88, ГОСТ Р ЕН 13779-2007, СНиП 2.04.05-91, СНиП 41-01-2003 и т. д.

Поскольку системы с охлаждающими балками относятся к высшему классу кондиционирования воздуха, допустимые параметры во внимание не принимались.

Проанализировав эти источники, было решено рассмотреть диапазон температур от +23 до +26 °С и влажность от 30 до 70 %.

В табл. 1 и 2 приведены влагосодержание и температура точки росы для выбранных параметров воздуха.

Таблица 1
Влагосодержание внутреннего воздуха, г/кг

$t_{вп}/f_{вп}$	30	40	50	60	70
23	5,2	7,0	8,8	10,6	12,4
24	5,6	7,4	9,3	11,2	13,1
25	5,9	7,9	9,9	11,9	14,0
26	6,3	8,4	10,5	12,7	14,8

Таблица 2
Температура точки росы для внутреннего воздуха, °С

$t_{\text{вп}}/f_{\text{вп}}$	30	40	50	60	70
23	4,5	8,7	12,0	14,8	17,2
24	5,4	9,6	12,9	15,8	18,2
25	6,2	10,5	13,8	16,7	19,1
26	7,1	11,3	14,8	17,6	20,1

Поступление влаги

Основным и практически единственным источником влаговыделений в офисных помещениях являются люди. Количество влаги в первую очередь определяется режимом работы и температурой воздуха внутри помещения. На основе анализа литературы были приняты следующие параметры влаговыделения (табл. 3).

Следует отметить, что данные цифры относятся к мужчинам и являются максимальными для данной категории работы.

Таблица 3
Поступления влаги от людей

$t_{\text{вп}}$	Влаговыделения, г/ч чел.
23	101
24	108
25	115
26	122

Параметры наружного воздуха

Расчетные параметры наружного воздуха для систем вентиляции и кондиционирования принимаем согласно устаревшего СНиП 2.04.05-91* для Москвы. В данном случае точность расчетных параметров наружного воздуха не оказывает существенного влияния на результаты и выводы исследования. При температуре наружного воздуха +28,5 °С и энтальпии 54 кДж/кг относительная влажность воздуха составляет 40,8 %, а влагосодержание 9,93 г/кг.

Подача свежего воздуха

Итак, в системах с охлаждающими балками количество подаваемого свежего воздуха должно быть достаточным, чтобы снять имеющееся влагопоступление и обеспечить санитарную норму, в данном случае 60 м³/ч на человека.

Воздух может подаваться как охлажденный до температуры внутреннего воздуха в помещении, так и с более низкими температурами, при соответствующих схемах воздухораспределения. Подавать свежий воздух с температурой наружного воздуха, как это часто практикуют сейчас в системах с фэнкойлами и VRV, нецелесообразно, в первую очередь экономически.

Направление луча процесса

В нашей практике периодически встает вопрос о том, как изобразить процесс ассимиляции влаги приточным воздухом на j-d диаграмме для подобных систем.

Начальной точкой процесса будет служить параметры приточного воздуха, конечной точкой – расчетные параметры внут-

реннего воздуха, так как вентиляция осуществляется перемешиванием, за исключением случая применения вытесняющей вентиляции совместно с холодными потолками. Как известно, направление луча процесса обработки воздуха в помещении определяется тепловлажностным соотношением. При использовании охлаждающих балок или холодных потолков мощность охлаждения будет регулироваться автоматически, с целью поддержания постоянной температуры внутреннего воздуха в помещении. В результате количество теплоизбытков, приходящихся на долю приточного воздуха, будет точно таким, как требуется для поддержания предложенного луча процесса.

Подготовка приточного воздуха

Рассмотрены три варианта подготовки приточного (свежего) воздуха.

Вариант 1. В первом случае в приточной установке воздух может быть охлажден до температуры +23...+26 °С, при постоянном влагосодержании 9,93 г/кг.

Из табл. 1 и 2 видно, что использовать наружный воздух без предварительного осушения в данных системах возможно только при температуре внутреннего воздуха выше +25 °С при влажности 60 %. Из табл. 1 и 2 следует, что использование таких расчетных параметров внутреннего воздуха также нецелесообразно, потому что для температуры +26 °С и относительной влажности 60 % температура мокрого термометра будет 17,6 °С, а это означает, что рекомендуемая температура подаваемой холодной воды в системе должна быть более +19 °С, что экономически абсолютно нецелесообразно.

Таким образом, использование системы подачи приточного воздуха с охлаждением наружного воздуха до температуры воздуха в рабочей зоне невозможно.

Вариант 2. Во втором варианте может быть подача переработанного до минимально возможной температуры воздуха,



DID 632

Воздушно-водяные системы TROX – многофункциональное и энергоэффективное решение для оптимального климата

- ✓ Низкие затраты на обслуживание в течение всего жизненного цикла.
- ✓ Простой монтаж, подключение и ввод в эксплуатацию.
- ✓ Интеграция в любой дизайн и возможность перепланировки помещений.
- ✓ Разнообразие моделей и цветовых решений.

без выполнения процесса осушения. В этом случае процесс пойдет с конденсацией влаги и мы получим воздух с меньшим влагосодержанием, чем в предыдущем варианте.

При охлаждении воздуха на 5-рядном теплообменнике до +14 °С при температуре воды 7/12 °С относительная влажность воздуха будет 92,5 % и влагосодержание 9,26 г/кг.

Накладывая данные табл. 1 и 2, получаем, что в данном случае мы можем выбрать расчетные параметры внутреннего воздуха, представленные в табл. 4.

Таблица 4
Возможные расчетные параметры при охлаждении приточного воздуха до +14 °С

$t_{вп}$	$f_{iвп}$, %	$d_{вп}$, г/кг	г/ч чел.	L , м ³ /ч	T_w , °С
1	2	3	4	5	6
23	60	10,6	101	62	16,8
24	60	11,2	108	45	17,8
25	50	9,9	115	149	15,8
26	50	10,5	122	81	16,8

Для выбранных параметров рассчитан минимальный расход воздуха, колонка (5), необходимый для ассимиляции влаги. А в колонке (6) приведена рекомендуемая температура холодной воды для подачи в охлаждающие балки.

Учитывая требуемую санитарную норму подачи свежего воздуха 60 м³/ч, можно сделать теоретический вывод о возможности применения такой системы, при этом рекомендуемые параметры внутреннего воздуха должны быть +23...+24 °С при влажности 60 %. При этом температура подаваемой воды может быть +16,5...+17,5 °С.

Однако на практике влагосодержание наружного воздуха может достигать более высоких значений, что необходимо проверить по данным метеонаблюдений.

Вариант 3. В случае использования процесса осушения воздуха за счет переохлаждения с последующим подогревом у нас есть возможность получить воздух с достаточно низким влагосодержанием. Поэтому при выборе параметров внутреннего воздуха основной задачей будет обеспечить возможность подачи к охлаждающим балкам или холодным потолкам достаточно холодной воды, порядка +16 °С. Таким требованиям соответствуют параметры внутреннего воздуха, приведенные в колонках (1, 2, 3) табл. 5.

«ТРОКС РУС» – официальное представительство немецкого концерна TROX GmbH, лидера по разработке и производству высококлассного оборудования и систем для индустрии вентиляции и кондиционирования.

TROX® TECHNIK
The art of handling air

121357, Москва, ул. Верейская, д. 29, к.154, оф. 14
Тел. +7 495 221-51-61
Факс +7 495 221-51-71
E-mail: info@trox.ru
www.trox.ru

Таблица 5
Рекомендуемые расчетные параметры при температуре холодной воды +16 °С

Воздух в помещении			1 чел.	1 чел.	Приточный воздух		
$t_{вп}$	$f_{iвп}$, %	$d_{вп}$, г/кг	м ³ /ч	г/ч	d г/кг	t	%
1	2	3	4	5	6	7	8
23	57	10,0	60	101	8,6	14	86
24	54	10,0	60	108	8,5	14	85
25	51	10,0	60	115	8,4	14	84
26	48	10,0	60	122	8,3	14	83

Были рассчитаны параметры подаваемого воздуха для обеспечения поддержания влажностного баланса, которые также представлены в табл. 5. Колонка (4) – минимальный расход приточного воздуха по санитарной норме. В колонке (6) рассчитано максимальное влагосодержание приточного воздуха, которое находится в диапазоне от 8,6 до 8,3 г/кг. Требуемое влагосодержание можно обеспечить при охлаждении воздуха на ребристом теплообменнике вода/воздух до температуры порядка +10 °С (точное значение зависит от конструкции теплообменника). Далее приточный воздух может быть подогрет до температуры +14 °С на нагревательном теплообменнике, например за счет сбросного тепла холодильной машины, колонка (7, 8).

Однако с точки зрения оптимизации затрат на оборудование самый правильный вариант использования еще более холодной воды с температурой +14 °С (табл. 6).

Таблица 6
Рекомендуемые расчетные параметры при температуре холодной воды +14 °С

Воздух в помещении			1 чел.	1 чел.	Приточный воздух		
$t_{вп}$	$f_{iвп}$, %	$d_{вп}$, г/кг	м ³ /ч	г/ч	d г/кг	t	%
1	2	3	4	5	6	7	8
23	49	8,8	60	101	7,4	14	75
24	47	8,8	60	108	7,3	14	73
25	44	8,8	60	115	7,2	14	72
26	41	8,8	60	122	7,1	14	71

Получить требуемые параметры приточного воздуха также можно используя охлаждающий теплообменник с параметрами воды +7/12 °С, но его размеры должны быть несколько большими.

Выводы

1. При использовании систем на базе охлаждающих балок или холодных потолков необходимо осуществлять процесс осушения воздуха.

2. Для осушения воздуха за счет охлаждения на водовоздушном ребристом теплообменнике необходим источник холодной воды с параметрами +7/12 °С или ниже.

3. Представлены таблицы с расчетными параметрами внутреннего воздуха в помещении и параметрами обработанного приточного воздуха для обеспечения работы системы с охлаждающими балками без угрозы образования конденсата. Данные приведены для офисных помещений, из расчета подачи не менее 60 м³/ч свежего воздуха на человека. ○