## СРАВНЕНИЕ ПОТРЕБЛЕНИЯ ЭНЕРГОНОСИТЕЛЕЙ И ВОДЫ

## СИСТЕМАМИ КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ ВОЗДУХА С РАЗЛИЧНЫМИ СХЕМАМИ ОБРАБОТКИ ПРИТОЧНОГО ВОЗДУХА

Сравнение энергозатрат и затрат воды на поддержание заданного микроклимата в помещениях выполнено для систем кондиционирования воздуха (СКВ), работающих по разным технологическим схемам: прямоточной системы со вторым подогревом и системы с первой рециркуляцией и управляемыми процессами охлаждения и увлажнения.

римененные аппараты обработки воздуха указаны в схемах (рис. 1). Эти два варианта обработки приточного воздуха рассматривались в помещении боулинга и в гостиных элитных квартир жилых зданий. Помещения отличаются значениями требуемых оптимальных параметров внутреннего воздуха: для боулинга температура t должна быть в пределах  $18\,^{\circ}\text{C} - 21\,^{\circ}\text{C}$ , относительная влажность  $\phi_{\text{\tiny B}} = 40 - 50\%$ , луч процесса обработки воздуха в помещении для холодного периода года  $\varepsilon^{x} = 18611 \text{ кДж/кг,}$ для теплого периода года  $\varepsilon^{\scriptscriptstyle T} = 14\,702\,{\rm к}\Delta{\rm ж}/{\rm k}{\rm r}.$ Для помещений гостиных  $t_{_{\scriptscriptstyle B}}$  лежит в интервале 20-24 °C,  $\phi_{\rm p}$  в пределах 30-50%, луч процесса обработки воздуха в помещении  $\varepsilon^{\scriptscriptstyle X}=23~890~$ к $\Delta$ ж/кг,  $\varepsilon^{\scriptscriptstyle T}=10~940~$ к $\Delta$ ж/кг. Для удобства сравнения результатов расчета расходы кондиционного воздуха приведены к 10 000 куб. м/час. Требуемый расход наружного воздуха для боулинга составляет 31%, для гостиных — 12%.

Авторы понимают, что поддерживать заданные параметры в таких помещениях было бы экономичнее с помощью системы, снимающей теплоизбытки за счет ассимиляции местными аппаратами. Однако работа, первоначально ставившая перед собой чисто академическую задачу, оказалась интересной своими результатами, так как существуют помещения, для которых применяются и прямоточные, и рециркуляционные системы с большими, чем это требуется по санитарным нормам, расходами воздуха. Предлагаемый подход определения энергопотребления системами с различными по обработке воздуха схемами позволяет найти наиболее энергоэкономичный, т. е. энергосберегающий, вариант.

Анализ работы центральных СКВ в течение года проводился с использованием і — d диаграммы влажного воздуха графоаналитическим способом по данным о границах возможных сочетаний температуры и энтальпии наружного воздуха и их повторяемостях, которые были приняты по данным указанного сборника [2]. Так как ис-

пользованная климатическая информация не позволяет выделить сочетания параметров наружной среды в различное время суток, для сравнения приняты помещения, работающие круглосуточно.

На і — d диаграмму нанесли границы зон наружного климата в Москве (рис. 2). Каждой зоне наружного климата отвечает определенная последовательность обработки воздуха, а границы зон определяют значения параметров наружного воздуха, при которых следует переходить с одного режима обработки воздуха на другой. При построении использованы рекомендации [1]. В этих границах (рис. 2) выделены зоны для упомя-

нутых выше систем в помещении боулинга, а в подрисуночной подписи перечислены аппараты, задействованные в обработке воздуха для каждой погодной зоны. В таблице 1 приведены продолжительности наблюдения сочетаний температуры наружного воздуха и энтальпии в каждой зоне, а значит, и длительности обработки приточного воздуха, соответствующей этой зоне.

Следует отметить, что для прямоточной схемы расход приточного воздуха  $G_{\pi}$  постоянен в течение года и больше минимально необходимого расхода наружного воздуха. В СКВ с первой рециркуляцией и управляемыми процессами охлаждения и увлаж-

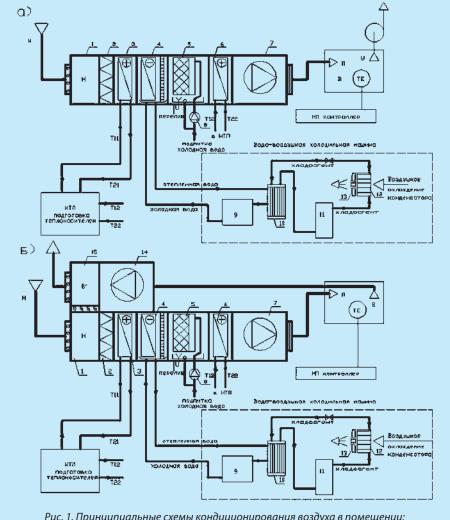


Рис. 1. Принципиальные схемы кондиционирования воздуха в помещении: а) прямоточная СКВ с двумя подогревами; б) СКВ с первой рециркуляцией и управляемыми процессами увлажнения и охлаждения:

1 — приемный блок; 2 — блок фильтра; 3 — блок воздухонагревателя первого подогрева; 4 — блок воздухоохладителя; 5 — блок сотового увлажнения; 6 — блок воздухонагревателя второго подогрева; 7 — вентиляторный блок; 8 — насос для подачи воды в блок увлажнения; 9 — насосный центр; 10 — испаритель; 11 — компрессор; 12 — конденсатор; 13 — вентилятор охлаждения конденсатора; 14 — вытяжной вентилятор; 15 — блок приемный смесительный.

нения расход  $G_{_{\! R}}$  постоянен, но расход наружного воздуха может изменяться от минимального значения  $G_{_{\! R}}^{^{_{\! MUH}}}$  до максимального  $G_{_{\! R}}^{^{_{\! MAKC}}}\!=G_{_{\! R}}.$ 

Для каждого кондиционера осуществлен подбор всех аппаратов обработки воздуха, насосов и холодильных машин и выполнен расчет потребления энергии и воды ими для каждой зоны. Из таблицы 1 видно, что для рециркуляционной системы, обслуживающей помещения с меньшей необходимой долей наружного воздуха, продолжительность работы первого подогрева в зоне 1 снижена. В таблице 2 указаны мощности всех аппаратов обработки наружного воздуха, требуемые для работы в каждой из выделенных зон.

В таблице 3 приведены годовые расходы энергоносителей и воды прямоточными СКВ и СКВ с первой рециркуляцией в каждой погодной зоне с учетом повторяемости сочетания параметров наружной среды для обеих групп помещений.

Для прямоточной со вторым подогревом СКВ характерно потребление теплоты во всех зонах обработки, кроме 4-й. В 5-й, 6-й и 7-й зонах требуется потребление искусственного холода, в этих же зонах ис-

пользовано два альтернативных процесса (охлаждение и нагревание), что противоречит экономии энергии. Вода на увлажнение воздуха нужна в зонах 1, 2 и 5. Для схемы обработки воздуха с первой рециркуляцией и управляемым процессом характерно потребление теплоты в зонах 1, 3, 9, 10, 11, 12 и 13. В зонах 7, 8, 9 и 10 требуется потребление искусственного холода. Потребление воды на увлажнение воздуха необходимо в зонах 1, 2 и 6.

Из всего вышеизложенного можно сделать следующие выводы.

1. Внутренние тепло- и влаговыделения в помещениях значительно влияют на продолжительность работы в одинаковых по обработке воздуха зонах и на количество зон регулирования. Например, в схеме с первой рециркуляцией и управляемым процессом в гостиных не задействована зона 3.

2. Прямоточная система уступает системе с рециркуляцией для обоих помещений. Расчетные мощности всех аппаратов обработки приточного воздуха меньше в схеме с рециркуляцией и управляемыми процессами увлажнения и охлаждения и ниже потребление энергоносителей. В СКВ, рассчитанных на 10 000 куб. м/ч обрабатываемого возду-

ха, для прямоточной схемы с двумя подогревами в сумме годовые затраты на энергоносители и воду составляют 363 546 руб./г. для боулингов и 336 004 руб./г. для гостиных, в то вре-

мя как для схемы с одной рециркуляцией и управляемыми процессами увлажнения и охлаждения они равны 151 847 руб./г. для боулингов и 89 885 руб./г. для гостиных. Такое соотношение годовых затрат подтверждает большую экономичность замены прямоточной СКВ на рециркуляционную с управляемыми процессами увлажнения и охлаждения для помещений с меньшим требуемым расходом наружного воздуха.

3. Применение климатической информации в виде статистического распределения сочетаний температуры и энтальпии наружного воздуха позволяет достаточно подробно оценить энергопотребление и расход воды системами кондиционирования воздуха и выбрать наиболее подходящий и энергоэкономичный вариант. Можно также, определив продолжительность работы каждого аппарата в течение года, оценить целесообразность установки того из них, у которого продолжительность работы меньше.

Е. Г. МАЛЯВИНА, к. т. н., профессор кафедры отопления и вентиляции; Н. А. МИХАЛЬЦОВА, Е. А.ТАРАСОВА, инженеры. МГСУ

## Литература

 Белова Е. М. «Центральные системы кондиционирования воздуха в зданиях». — М., «Евроклимат», 2006 г.

2. Сизов А. М. «Форма представления климатических данных в виде двухмерных комплексов для проектирования систем кондиционирования воздуха». // «Вентиляция и кондиционирование воздуха». Сб. №7. — Рига: Изд-во РПИ, 1975, с. 116–123.

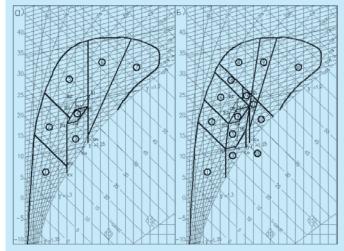


Рис. 2. Алгоритм функционирования СКВ.

а) прямоточная СКВ: 1— нагрев в воздухонагревателе первой ступени (ВН1), адиабатное увлажнение и нагрев в воздухонагревателе второй ступени (ВН2); 2— адиабатное увлажнение и нагрев в ВН2; 3— нагрев в ВН2; 4— отсутствие обработки; 5— сухое охлаждение в поверхностном воздухоохладителе (ПВО) до i<sub>m</sub>, увлажнение при i<sub>m</sub>= const и нагревание в ВН2; 6— «мокрое» охлаждение в ПВО и нагрев в ВН2; 7— нагрев в ВН1, охлаждение в ПВО и снова нагрев в ВН2.

6) СКВ с рециркуляцией: 1 — смешение G<sup>MMH</sup> наружного воздуха (н. в.) с рециркуляционным (р. в.), нагрев в ВН1 и адиабатное увлажнение; 2 — смешение переменного расхода н. в. с р. в. и адиабатное управляемое увлажнение; 3 — смешение G<sup>MMH</sup> н. в. с р. в. и нагрев в ВН2; 4 — отсутствие обработки; 5 — смешение переменного расхода н. в.; 6 — адиабатное управляемое увлажнение; 7а — управляемое сухое охлаждение до t n — управляемое охлаждение до t n — управляемое охлаждение и осушение воздуха до t n — смешение G m — смешение G m н. в. с р. в., охлаждение смеси в ПВО, нагрев в ВН2; 10 — смешение С м н. в. с р. в., охлаждение в пво, нагрев до луча ε о политропное охлаждение и осушение смеси; 11 — охлаждение G m н. в. в ПВО, нагрев в ВН2; 12 — G m н. в. в ВН2; н. в. в ВН2 до луча ε о охлаждение в ПВО;

13 — смешение переменного расхода н. в. с р. в. и нагрев в ВН2.

Табл. 1. Продолжительность работы в зоне регулирования

СКВ	Зона	Наименование помещения						
	регули-	боулинг		гостиные				
	рования	Повторяемость (%)	ч/год	Повторяемость (%)	ч/год			
	1	52,14	4 569	44,88	3 931			
a Z	2	7,72	676	5,05	442			
CK	3	13,84	1 212	30,26	2 651			
Прямоточная СКВ с двумя подогревами	4	5,54	485	4,7	413			
ото.	5	3,8	333	4,4	385			
умя Умя	6	3,36	294	3,36	294			
CAB	7	13,6	1 191	7,35	644			
	Итого	100	8 760	100	8 760			
	1	53,85	4 717	9,49	831			
MM	2	0,58	51	33,42	2 928			
емь	3	14,72	1 289	_	_			
вля кде	4	0,89	78	4,7	413			
тпр хлау	5	3,65	320	34,47	3 020			
, и у У и ў	6	1,41	124	3,45	302			
цией ния	7a	0,39	34	0,4	35			
/JJRL {He}	76	0,87	76	1,54	135			
1рк) злах	8	0,86	75	0,63	55			
уець и уғ	9	2,28	200	0,89	78			
oй p	10	6,14	538	2,7	236			
СКВ с первой рециркуляцией и управляемыми процессами увлажнения и охлаждения	11	5,27	462	1,82	158			
СП	12	7,14	625	4,44	389			
CKB	13	1,95	171	2,05	180			
	Итого	100	8 760	100	8 760			





Табл. 2. Средние значения мощностей аппаратов обработки воздуха и приготовления хладоносителя

Tun CKB	Наим. помещения	Зона регулирования	Ср. мощность воздухонагревателя 1-го подогрева, Qт 1, Вт	Ср. мощность воздухонагревателя 2-го подогрева, Qт 2, Вт	Ср. расход воды на испарение в увлаж- нителе, W кг/ч	Ср. мощность насоса для увлажнителя, Вт	Ср. мощность воздухоохладителя, Ох, Вт	Ср. мощность насоса для испарителя, Вт	Ср. мощность компрессора, Вт	Мощность вентилятора охлаждения конденсатора, кВт	Мощность вентилятора СКВ, кВт
Z		1	39 115	27 939	33	12,1	_	_	_	_	4
3aM		2	_	26 542	22	8,5	_	_	_	_	4
be	боулинг	3	_	22 019	_	_	_	_	_	_	4
Прямоточная СКВ с двумя подогревами	15/	4	_	_	_	_	_	_	_	_	4
2	9	5	_	13 970	6	8,5	19 460	56	5 800	2,1	4
₩.		6	_	22 351	_	_	25 020	72	7 450	2,1	4
4B)		7	5 587	23 747	_	_	33 360	97	9 900	2,1	4
ВС		1	36 143	36 317	25,4	8,5	_	_	_	_	4
중	۵.	2		30 737	10,2	6		_	_	_	4
Тая	гостиные	3	_	22 355	_	_	_	_	_	_	4
l ho.	E	4	_	_	_	_	_	_	_	_	4
MO	0	5	_	13 899	15,3	6	13 899	60	2 900	0,44	4
P P		6	_	13 899	_	_	25 021	107	5 200	0,44	4
		7	8 338	13 899	_		27 805	119	5 795	0,44	4
π.		1	8 381	_	4	_	8,5	_	_	_	4
王		2	_	_	19	_	8,5	_	_	_	4
X		3	_	16 764	_	_	_	_	_	_	4
X Ta	боулинг	4	_	_	_	_	_	_	_	_	4
Z		5		_					_		4
		6		_	15	_	8,5	_	_	_	4
Æ		7a	_	_		8 340	_	65	2 480	0,9	4
l ag		76		_		2 780		8	840	0,9	4
- yB		8		_	_	11 120		32	3 320	0,9	4
aMe		9	_	19 460	_	11 120	_	32	3 320	0,9	4
ecc		10	_	11 175	_	11 120	_	32	3 320	0,9	4
Пос		11		22 350	_	25 020		72	7 060	0,9	4
СКВ с первой рециркуляцией и управляемыми процессами увлажнения и охлаждения		12	_	8 381	_	12 510	_	36	3 740	0,9	4
₩ Q		13		4 191					_		4
Jew		1	2 777	_	3,1	_	6,1	_	_	_	4
B 75		2	_	_	2	_	6,1		_		4
рбп		3		_					_		
Z		4	_	_	_	_	_	_	_	_	4
Je v		5	_	_	_	_	_	_	_	_	4
E E	ē	6	_	_	11	_	6,1	_	_	_	4
Ž.	гостиные	7a	_	_	_	15 369	_	66	3 200	0,31	4
E P	OCT	76		_	_	6 987	_	31	1 455	0,31	4
bei	Ľ	8		_	_	19 460	_	84	4 055	0,31	4
30 Ň		9	_	2 790	_	19 460	_	84	4 055	0,31	4
lepe		10	2 777	_	_	16 782	_	72	3 500	0,31	4
C		11	_	5 561	_	11 122	_	48	2 315	0,31	4
CKB		12	19 460	_	_	16 683	_	71	3 480	0,31	4
		13	13 899	_	_	_	_	_	_	_	4

Табл. 3. Годовые расходы теплоты, электроэнергии и воды

Тип СКВ	Наим. помещения	Зона регулирования	Расход теплоты на 1-й подогрев, ГДж/год	Расход теплоты на 2-й подогрев, ГДж/год	Расход воды на увлажнение, кг/год	Расход злектроэнергии насосом увлажнителя, кВт-ч	Расход холода, ГДж/год	Расход электроэнергии насосом испарителя, кВт-ч	Расход электроэнергии компрессором, кВт-ч	Расход электроэнер- гии вентилятором охлаждения конденсатора, кВт-ч	Расход электроэнергии вентилятором СКВ, кВт-ч
	боулинг	1	644	459	150 777	55,28	_	_	_	_	18 276
		2	_	65	14 872	5,75	_	_	_	_	2 704
Σ		3	_	96	_	_	_	_	_	_	4 848
eBa		4	_	_	_	_	_	_	_	_	1 940
с двумя подогревами		5	_	17	1 998	2,8	23,3	18,7	1 931,4	699,3	1 332
Į Į		6	_	24	_	_	26,5	21,3	2 190,3	617,4	1 176
\ \		7	24	102	_	_	142,7	116,1	11 790,9	2 501,1	4 764
l By		Итого	668	762	167 647	63,9	192,5	156,2	15 912,6	3 817,8	35 040
CF	гостиные	1	512	515	99 917	33,4	_	_	_	_	15 724
Прямоточная СКВ		2	_	49	4 493	2,7	_	_	_	_	1 768
		3	_	213	_	_	_	_	_	_	10 604
호		4	_	_	_	_	_	_	_	_	1 652
MOT		5	_	19,2	5 871	2,3	19,2	22,9	1 116,5	45,8	1 540
l lpg[		6	_	14,8	_	_	26,5	31,3	1 528,8	94	1 176
		7	20	32,2	_	_	64,5	76,7	3731,98	306,6	2 576
		Итого	532	843	110 282	38	110	131	6 377	446	35 040