



ru.depositphotos.com

Системы кондиционирования воздуха Дворца зимнего спорта «Айсберг»

Ключевые слова: кондиционирование воздуха, холодоснабжение, воздухораспределение, чиллер, приточный воздух

В этом году «Техническая библиотека АВОК» пополнилась новым изданием – «Кондиционирование воздуха. Часть 1» Михаила Григорьевича Тарабанова, вице-президента НП «АВОК», генерального директора НИЦ «Инвент». Важным достоинством данной монографии являются многочисленные примеры реализации различных решений систем кондиционирования воздуха. Один из таких примеров – Дворец зимнего спорта «Айсберг», построенный для проведения соревнований по фигурному катанию и шорт-треку на зимних Олимпийских играх в Сочи. Это уникальное и очень сложное сооружение потребовало от проектировщиков принципиально новых инженерных решений систем отопления, вентиляции, кондиционирования воздуха и теплоснабжения.

В этом номере журнала редакция предлагает читателям ознакомиться с главой из книги, посвященной системам кондиционирования воздуха этого спортивного объекта.

Многие решения были приняты в результате компромисса с архитекторами и конструкторами объекта, поскольку с самого начала проектирования заказчик поставил условие: здание должно быть сборно-разборным, чтобы после Олимпиады его можно было разобрать и перевезти в другой город. К счастью, дворец получился настолько удачным, что было принято решение сохранить его в первоначальном виде.

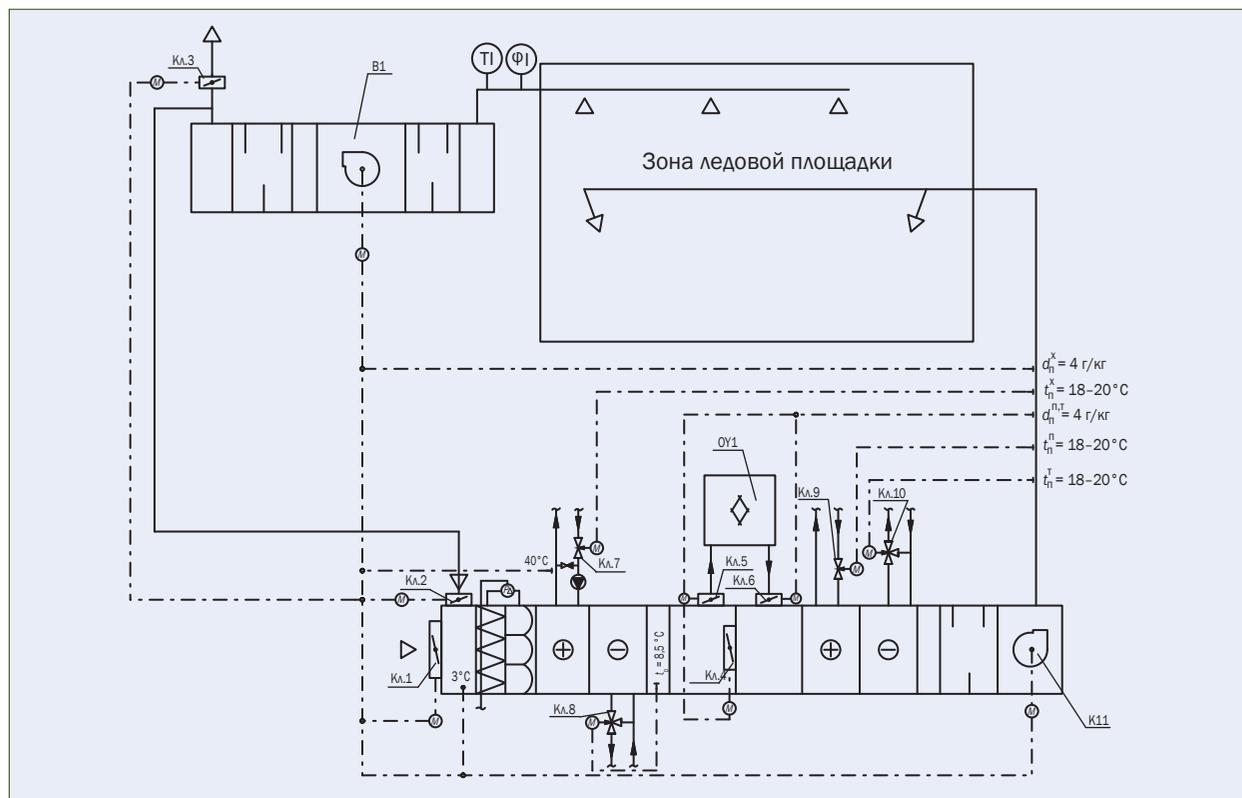
Для того чтобы описать проект и объяснить, почему были приняты те или иные решения, потребовалась бы отдельная книга. В данной статье рассмотрим лишь небольшую часть вопросов, которые пришлось решать при проектировании системы кондиционирования воздуха и холодильных центров, тем более что нормативных данных для проектирования таких уникальных объектов просто нет.

По технологическому заданию для соревнований по фигурному катанию и шорт-треку на ледовой арене на высоте 1 м от поверхности льда необходимо поддерживать температуру $+14\text{ }^{\circ}\text{C}$, относительную влажность 40%, влагосодержание 4 г/кг с. в. при подвижности воздуха не более 0,2 м/с. При указанных условиях температура точки росы



воздуха около $0\text{ }^{\circ}\text{C}$, т. е. получить такие параметры просто за счет глубокого охлаждения нельзя, т. к. для этого нужен холодоноситель с отрицательной температурой. Это неизбежно потребует периодического оттаивания воздухоохладителя и приведет к отклонению на этот период параметров воздуха от требуемых значений, что недопустимо.

Кроме того, в отечественной и зарубежной практике принято подавать приточный воздух на границу раздела между трибунами и ледовой ареной. По нашему мнению, такая схема подходит для соревнований по хоккею с шайбой, но не может



■ Рис. 1. Принципиальная схема системы кондиционирования воздуха ледовой арены

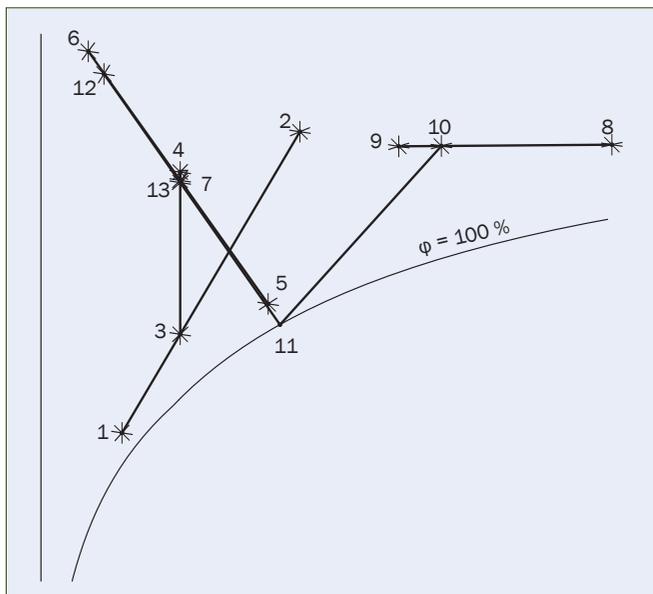


Рис. 2. I-d диаграмма процессов обработки воздуха для ледовой арены для разных периодов года: 1 – наружный воздух в холодный период; 2 – рециркуляционный воздух (из верхней зоны) в холодный период; 3 – воздух после смесительной камеры в холодный период; 4 – приточный воздух в холодный период; 5 – наружный воздух в переходный период; 6 – воздух после осушителя в переходный период; 7 – приточный воздух в переходный период; 8 – наружный воздух в теплый период; 9 – рециркуляционный воздух (из верхней зоны) в теплый период; 10 – воздух после смесительной камеры в теплый период; 11 – воздух после первого воздухоохладителя в теплый период; 12 – воздух после осушителя в теплый период; 13 – приточный воздух в теплый период

Параметр	Холодный период			Переходный период			Теплый период						
	Точка												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
$t, ^\circ\text{C}$	-3,0	25,0	6,1	20,0	10,0	29,1	19,3	27,8	25,0	25,6	8,5	27,4	19,1
$d, \text{г/кг с. в}$	2,4	7,4	4,0	4,0	6,5	1,4	4,0	16,4	10,3	11,5	6,85	1,81	4,0
$\varphi, \%$	80,0	37,0	68,0	27,0	85,0	6,0	28,0	68,0	52,0	56,0	100,0	8,0	29,0
$i, \text{кДж/кг с. в}$	2,9	44,0	16,2	30,2	26,5	32,8	29,6	69,5	51,2	55,1	25,8	32,1	29,3

обеспечить указанные выше параметры воздуха для фигурного катания. Вопреки общепринятому подходу специалисты НИЦ «Инвент» приняли решение подать специально подготовленный приточный воздух непосредственно на ледовую арену. Для этого над ареной на высоте более 24 м был предусмотрен кольцевой воздушный коллектор, в который подавался воздух от четырех кондиционеров производительностью по 12000 м³/ч каждый.

В качестве воздухораспределителей использовали 30 сопел, причем для каждого сопла был определен угол его установки в горизонтальной и вертикальной плоскостях. В силу определенных причин расчет был выполнен по отечественной методике, принятой еще в советское время, с использованием коэффициентов m и n . Большую помощь в расчетах оказал Е.О. Шилькрот, который предоставил значения указанных коэффициентов, определенные по его методике.

Принципиальная схема системы кондиционирования воздуха для ледовой арены и построение

процессов обработки воздуха на I-d диаграмме приведены соответственно на рис. 1 и 2.

Набор секций в установке кондиционирования воздуха позволяет нагреть, охладить, осушить и увлажнить приточный воздух, подаваемый непосредственно на ледовую арену. Для того чтобы исключить обмерзание воздухоохладителя, предусмотрены две ступени охлаждения. В первой ступени охлаждение воздуха осуществляется при положительной температуре холодоносителя, а во второй воздух охлаждается после адсорбционного осушителя при постоянном влагосодержании без конденсации влаги.

Последующее математическое моделирование, выполненное специалистами ООО «Мир техники» (Санкт-Петербург), и, что самое главное, натурные замеры параметров воздуха во дворце практически подтвердили справедливость выполненных аналитических расчетов (потребовалась лишь небольшая корректировка скорости воздуха на выходе из сопел, что не вызвало никаких затруднений, т.к. все

кондиционеры были оборудованы частотными регуляторами оборотов электродвигателей вентиляторов).

Для поддержания требуемых параметров воздуха на трибунах, вмещающих 12 000 зрителей, проектом предусмотрены 10 центральных кондиционеров с переменной первой рециркуляцией производительностью по 45 000 м³/ч каждый. Минимальный объем наружного воздуха принят 240 000 м³/ч, т. е. по 20 м³/ч на каждого зрителя.

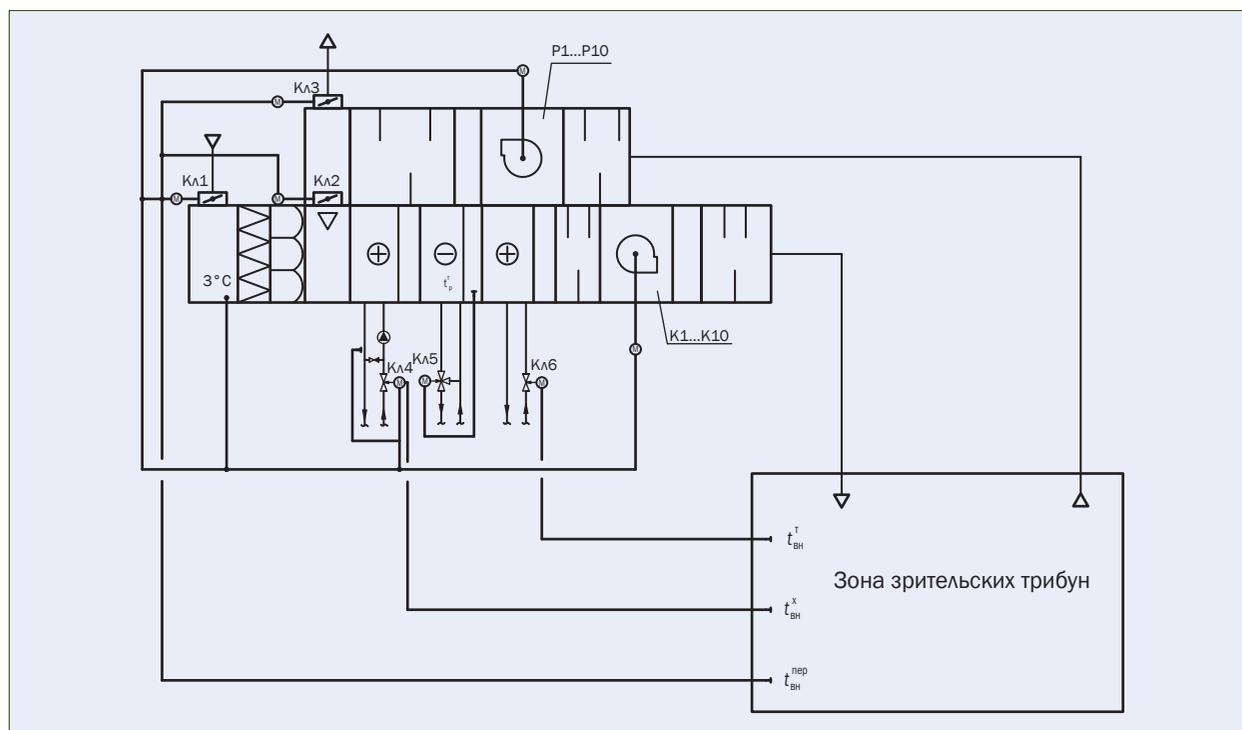
Подача приточного воздуха для нижнего яруса трибун осуществляется у пола через решетки, установленные под каждым креслом. В верхнюю зону трибун приточный воздух подается сверху вниз через вихревые воздухораспределители закрученными струями. Удаление воздуха осуществляется через линейные жалюзийные решетки, установленные в верхней зоне трибун.

Принципиальная схема системы кондиционирования воздуха для зоны трибун и построение процесса обработки воздуха для разных периодов года показаны соответственно на рис. 3 и 4.

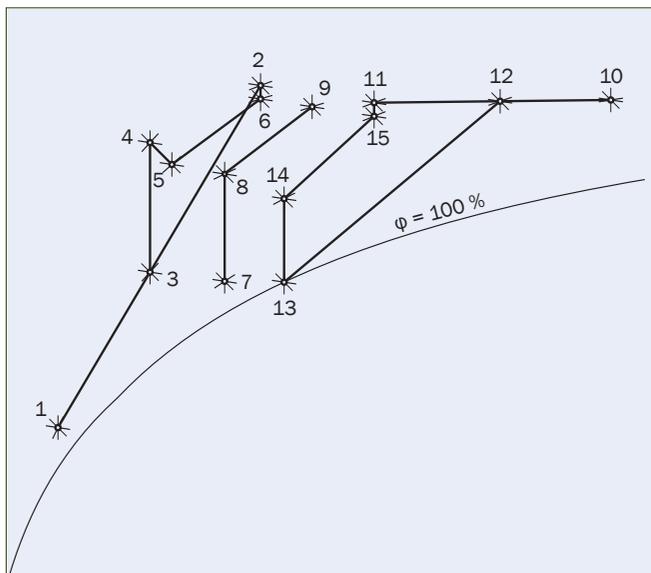
Для холодоснабжения системы кондиционирования воздуха и приготовления льда в проекте приняты чиллеры с водяным охлаждением конденсаторов, несмотря на высокую относительную влажность

наружного воздуха. Такой выбор был продиктован конструкторами объекта, поскольку в здании не было предусмотрено место для размещения более тяжелых и громоздких чиллеров с воздушным охлаждением. Всего в ледовом дворце запроектированы четыре хладоцентра. В первом, расположенном на отметке 0,000, установлены два низкотемпературных чиллера с двухступенчатыми поршневыми компрессорами для заливки льда. Их холодопроизводительность подобрана таким образом, что оба чиллера работают только в режиме заливки, а в режиме поддержания работает один чиллер. Здесь же установлены чиллеры с винтовыми компрессорами для холодоснабжения фэнкойлов, установленных в многочисленных служебных помещениях.

Для холодоснабжения системы кондиционирования воздуха запроектированы второй, третий и четвертый хладоцентры, расположенные на техническом этаже на отметке +20,700. При выборе мест для расположения хладоцентров и при выборе холодопроизводительности каждой холодильной машины также пришлось учитывать ограничения по массе, установленные конструкторами здания. Более того, конструкторы потребовали от проектировщиков НИЦ «Инвент» указать на планах технического этажа с точностью до 1 см



■ Рис. 3. Принципиальная схема системы кондиционирования воздуха зоны трибун



■ Рис. 4. I-d диаграмма процессов обработки воздуха для зоны трибун для разных периодов года: 1 – наружный воздух в холодный период; 2 – рециркуляционный воздух в холодный период; 3 – воздух после смешительной камеры; 4 – воздух после первого подогрева в холодный период; 5 – приточный воздух (после увлажнителя) в холодный период; 6 – воздух в зоне трибун в холодный период; 7 – наружный воздух в переходный период; 8 – приточный воздух (после первого подогрева) в переходный период; 9 – воздух в зоне трибун в переходный период; 10 – наружный воздух в теплый период; 11 – рециркуляционный воздух в теплый период; 12 – воздух после смешительной камеры в теплый период; 13 – воздух после воздухоохладителя в теплый период; 14 – приточный воздух (после второго подогрева) в теплый период; 15 – воздух в зоне трибун в теплый период

Параметр	Холодный период						Переходный период			Теплый период					
	Точка														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
$t, ^\circ\text{C}$	-3,0	25,0	9,8	19,5	18,1	24,0	10,0	18,0	24,0	27,8	25,0	26,5	10,8	16,8	24,0
$d, \text{г/кг с. в}$	2,36	7,4	4,6	4,6	5,18	7,4	6,5	6,5	8,75	16,4	10,3	13,45	8,0	8,0	10,3
$\varphi, \%$	80,0	37,0	62,5	32,5	40,0	40,0	85,0	51,0	47,0	68,0	52,0	61,0	100,0	67,0	55,0
$i, \text{кДж/кг с. в}$	2,86	44,0	21,5	31,3	31,3	43,0	26,5	34,5	46,3	69,5	51,3	62,0	30,9	37,1	50,2

месторасположение точек опоры каждого чиллера и нагрузку в каждой точке, т.к. они должны были усилить конструкции под каждой такой точкой.

Для охлаждения оборотной воды от первого хладоцентра в проекте предусмотрены четыре крупные закрытые вентиляторные градирни, которые могут работать и в зимнее время. Для оборотного водоснабжения второго, третьего и четвертого хладоцентров, которые работают только в теплый период года, на кровле дворца установлены 34 небольшие открытые вентиляторные градирни. Такое количество градирен обусловлено требованием конструкторов, ограничивших массу единичной градирни в рабочем положении, т.е. с водой, значением не более 650 кг. Кстати, градирни имеют небольшую высоту, и их не видно не только вблизи, но и на значительном удалении от дворца.

Кроме указанных холодильных центров для охлаждения внутренних лестниц, расположенных непосредственно у остекленных фасадов здания, предусмотрены системы VRV с воздушным

охлаждением наружных блоков. Такие системы менее инерционны, нежели системы «чиллер – фэнкойл», а небольшая масса и габариты единичных наружных блоков позволили разместить их на кровле здания.

Все принятые проектные решения успешно прошли проверку временем, причем не только во время проведения Олимпийских игр, но и в последующие весенние, летние и осенние месяцы 2014 года.

За время проведения Олимпийских игр ни одна спортивная делегация, ни один тренер или спортсмен не высказали замечаний по качеству льда или по параметрам воздуха. Более того, известная в России и за рубежом тренер фигуристов Т.А. Тарасова в телевизионном интервью заявила, что «Айсберг» – это лучший в мире каток из всех, на которых она побывала за свою долгую спортивную и тренерскую карьеру. ■

Информацию о приобретении книги можно получить на сайте www.abookbook.ru и по тел. +7 (495) 621-80-48