

Вопрос 10. Существует упрощенное представление, что расход холода есть теплоизбытки или тепловлагоизбытки помещения (полная теплота). Правильно ли это?

Ответ. Да, но лишь отчасти. Это справедливо только для чисто рециркуляционных систем, с учетом того, происходит ли осушение воздуха, требующее лишнего холода. Из-за небольшого давления вентилятора доводчика можно не учитывать подогрев воздуха в нем. В общем случае мгновенный расход холода - нетто СКВ при текущих нагрузках ($Q_{\text{пом.явн}}$, $G_{\text{вл}}$), параметрах воздуха в помещении (t_B , i_B), наружного воздуха (G_H , t_H , i_H), расходе приточного воздуха $G_{\text{пр}}$ и его нагреве $\Delta t_{\text{пр}}$ в вентиляторе, двигателе и воздуховодах объясняет формула (1) и соответствующее построение процесса охлаждения-осушения в $i-d$ диаграмме (рис. 1). Термин **мгновенный** здесь введен сознательно, чтобы напомнить читателю о постоянном изменении основных составляющих тепловой и влажностной нагрузок обслуживаемых СКВ помещений, суточном ходе температуры и энтальпии наружного воздуха (пунктир), расходов приточного и наружного воздуха в системе.

Рис.1. Графическое представление в поле $i-d$ диаграммы о процессе охлаждения-осушения воздуха и соответствующих составляющих расхода холода в СКВ.

В общем случае расход холода – нетто (без учета потерь холода в коммуникациях) определяется четырьмя составляющими:

$$Q_{x.\text{нетто}}(\tau) = Q_{\text{пом.явн}}(\tau) + G_{\text{вл}}(\tau)i_{\text{пара}} + G_H(\tau)[i_H(\tau) - i_B] + G_{\text{пр}}(\tau)c_B\Delta t_{\text{пр}}. \quad (1)$$

Предпочтительно определение расхода холода по формуле (1), т.е. через исходные данные по А.А. Рымкевичу [1, 2], а не как общепринято - $Q_x = G_{\text{пр}}(i_C - i_K)$. Формула (1) объясняет отдельные составляющие, их доли в общей холодильной нагрузке и их суточное и годовое изменение. В частном случае, если климатические условия близки к параметрам в помещении, расход холода близок к полной теплоте в помещении, если есть осушение и к явной теплоте, если нет осушения.

Пример 1. Определить расчетную холодильную нагрузку СКВ в период 15-16 ч дня в расчетных летних условиях для С-Петербурга и доли отдельных составляющих. Исходные данные: $i_{\text{НРТ}}=51,5$ кДж/кг; $i_B=45$ кДж/кг (при $t_B=23^\circ\text{C}$, $\phi_B=50\%$), $\kappa_t=1$; $Q_{\text{пом.явн}}=50$ кВт; $G_{\text{вл}}=0,003$ кг/с; $G_{\text{пр}}=5$ кг/с; $G_{H.\text{min}}=2$ кг/с, $\Delta t_{\text{пр}}=1,5^\circ\text{C}$. Дополнительный расход холода, возникающий, если процесс охлаждения-осушения заканчивается при меньших t_K и d_K чем требуется, не учитывать.

Вычисления расчетного расхода холода- нетто проводим по формуле (1), то есть через вышеперечисленные исходные данные: $Q_{x.\text{нетто}}=50+0,003\cdot 2500+2(51,5-45)+6\cdot 1\cdot 1,5=79,5$ кВт. В данном случае, а условия могут изменяться (уменьшится i_H , $Q_{\text{пом}}$ и т.п.), в расчетной холодильной нагрузке на ассимиляцию явной теплоты приходится 62,5%, скрытой теплоты – 9,5%, снижения энтальпии наружного воздуха – 16%, на ассимиляцию теплоты при нагреве приточного воздуха ~11,5%.

Таким образом, любая (текущая или расчетная) холодопроизводительность может быть определена по исходным данным без построения процессов в $i-d$ диаграмме. При такой методике особенно удобно не столько вычисление Q_x , сколько анализ его изменения в течение суток, теплого периода и всего года. В вечерние и ночные часы энтальпия i_H изменяется (уменьшается) и поэтому расход холода снижается (рис.1), даже не принимая в расчет изменения других составляющих.

Вопрос 11. Если определение расхода холода по формуле (1) так просто, то применимы ли компьютерные расчеты холодильной нагрузки и с какой целью?

Ответ. Виды и конкретные технические решения систем холодоснабжения чрезвычайно разнообразны. Чтобы найти наилучшее место каждому из них, нужно «проследить» холодильную нагрузку в течение летних расчетных суток, средних за теплый период суток, годовую нагрузку для систем, потребляющих холод и зимой. В таких расчетах нужно учитывать как изменение климатических параметров, так и внутренние тепло- и влаговыделения, их изменение по часам суток и в течение года. В этом случае можно рассчитывать только на компьютерную программу.

Приведем пример такого расчета, выполненного в компании ООО «Проект Оптимум» и сопровождаемого соответствующими графиками [2]. Здание офисно-торгового комплекса (СПб, Владимирский пр., 21) условно представлено двумя удаленными блоками и соединяющей их «вставкой» с ориентацией на разные стороны света и затенением нижних этажей соседними зданиями. Основные характеристики объекта: площадь застройки – 1471 м², число этажей – 8 (3 нижние – торговые, остальные 5 – офисные), объем подземной части – 3200 м³, надземной – 39200 м³, общая площадь всех этажей – 12100 м², из них торговых – 4230 м², офисов – 5280 м², зала кафе – 500 м², суммарная площадь вертикальных ограждений – 5200 м², в том числе и светопроемов разной ориентации – 1870 м². Расчет указал на значительную долю теплоты радиации (350 кВт, 40%) в максимальной холодильной нагрузке здания. В расчетах учитывали режим работы торговых помещений 10 – 22 ч, персонал – 250 чел, офисов – 9 – 19 ч, персонал 600 чел.; прогнозируемая посещаемость торгового комплекса до 3000 чел/сут в рабочие дни, до 8500 чел/сут в выходные.

Результаты расчета холодильной нагрузки СКВ здания по месяцам отдельно в выходные и рабочие дни и по часам показаны на рис. 2. Из него следует, что холодильная нагрузка сильно меняется и это надо учитывать при выборе принципиальных решений СХС (расчетной холодопроизводительности, числа водоохлаждающих машин, аккумуляции холода в баке, использовании теплоты конденсаторов и др.).

Рис.2. Холодильная нагрузка помещений офисно-торгового комплекса по месяцам года и часам суток в будние и выходные дни.

Вопрос 12. Хотел бы получить наглядное представление о различных источниках холода и вариантах «безмашинного» охлаждения воздуха. Сложность заключается в том, что эти зависимости определяются многими факторами.

Ответ. Мы понимаем ваши трудности и сопровождаем наш ответ графиком (рис. 3). На нем показаны основные зависимости в функции температуры наружного воздуха, например среднемесячная радиация, повторяемость температур (ч/год) сухого и мокрого термометров (с интервалом 1°C), величина холодильной нагрузки и т.д.

Рис. 3. График годовых теплоизбытков объекта и годовых режимов потребления холода центральными СКВ с рециркуляцией и водовоздушными СКВ. Эти величины показаны в верхней части графика в зависимости от наружной температуры.

После изучения этих зависимостей вы можете сделать ряд выводов. Например, центральная СКВ с рециркуляцией не требует холода, пока $t_H < t_{np}$. Водовоздушная система (WAS) использует холод круглый год, если не предусмотрены специальные решения. За счет испарительного охлаждения наружного воздуха в условиях Москвы можно реализовать снижение температуры на ~ 800 (ч $\cdot^{\circ}\text{C}$)/год (заштрихованная область). Другими мерами снижения холода, получаемого от холодильных машин, являются охлаждение хладоносителя-рассола наружным воздухом, использование артезианской воды, природного льда, его аккумуляция и др. Конкретные решения зависят от условий на объекте, капитальных и эксплуатационных затрат и др. факторов.

Литература.

1. А.А. Рымкевич. Системный анализ оптимизации общеобменной вентиляции и кондиционирования воздуха. Изд. 1. Стройиздат. М.: 1990 –300 с.; Изд. 2. С-Пб. 2003 –272 с.
2. А.Г. Сотников. Процессы, аппараты и системы кондиционирования воздуха и вентиляции. /Теория, техника и проектирование на рубеже столетий. СПб.: АТ-Publishing. Т. I, 2005. – 504 с. Т. II, ч. 1, 2006. – 420 с. Т. II, ч. 2, 2007. – 512 с.