

Энергоэффективное хладоснабжение систем комфортного кондиционирования воздуха зданий

Лето 2010 года привлекло внимание широких общественных кругов в проблемам техники кондиционирования воздуха и смежной с ней технике хладоснабжения.

Не исключено, что эти два раздела будут инвесторами и проектировщиками переосмыслены, и возможным результатом будет повышение энергоёмкости здания за счёт развития систем кондиционирования и хладоснабжения.

Устремлённость к комфорту может существенно понизить класс энергоэффективности объектов строительства, потребовать дополнительных инвестиций в инженерные системы и загрузить электросети городов дополнительным спросом на электроэнергию в тёплый период года.

Если за интегральную характеристику энергоэффективности принять выброс CO_2 , то этот показатель может только возрастать, при сохранении традиционного подхода к выработке холода с помощью парокомпрессионных холодильных машин.

Однако, видны и некоторые перспективы в снижении выброса CO_2 с одновременным повышением качества внутреннего воздуха зданий в тёплый период года.

Электроснабжение российских городов осуществляется в большинстве случаев от городских ТЭЦ, в которых реализуется паросиловой цикл, а после модернизаций – парогазовый. В любом варианте исполнения ТЭЦ при выработке 1,0 МВт электроэнергии на ТЭЦ побочно вырабатывается высокопотенциальная теплота в количестве 0,8 – 1,7 МВт/МВт. В действительно холодные периоды эта теплота идёт на теплоснабжение городских зданий, однако с ростом температуры наружного воздуха её начинают сбрасывать в атмосферу, рис.1.



Не исключено, что экономически оправданным будет часть пара после турбины направлять для конденсации в водоаммиачные АБХМ, которые обеспечивая, например, кипение аммиака при $t_0 \approx -18^\circ\text{C}$ могут нарабатывать на ТЭЦ большие запасы водного льда.

Наработка льда может начинаться, вероятно, с конца февраля и идти непрерывно и круглосуточно до сентября включительно.

В таком подходе исходный энергетический ресурс – потенциал пара после турбины, можно условно считать бесплатным, а выброс CO_2 в атмосферу вообще нулевым, так как он уже отнесён к электрическому компоненту ТЭЦ.

ТЭЦ, даже если они размещены в городской черте, имеют значительную охранную зону, на площади которой возможно

разместить низкотемпературные склады для хранения и распределения льда по потребителям.

Таким образом, ТЭЦ принципиально могли бы стать производителями трёх энергетических ресурсов: электроэнергии, тепла и холода.

Это с одной стороны. С другой стороны крупные МФК и ТРЦ могли бы отказаться от устройства на своих объектах полномасштабных хладоцентров, заменив их на хладоцентр с мощностью $(0,2 \div 0,25)Q_0$ и устроив приёмный бункер для льда, который поступает на МФК или ТРЦ в ночное время по предварительному заказу.

Растаявший лёд и подогретая в системе кондиционирования вода (до $t_w \approx 18^\circ\text{C}$ при использовании балок активного или пассивного типа) поступает на смыв в санузлы комплекса, полив территории, мытьё подземных паркингов и стеклянных фасадов, на приготовление «вторичного холода» за счёт испарения воды в градирнях и форсуночных камерах кондиционеров.

Оценим укрупнено потребности во льде. Допустим, что кондиционируемый объём имеет площадь в 1000м^2 , а удельная потребность в холоде $q_0 = 100\text{Вт/м}^2$.

За 9 часов работы и среднем дневном коэффициенте загрузки СКВ в 0,8 потребность в холоде составит:

$$Q'_0 = F \cdot q_0 \cdot k_3^t = 1000 \cdot 0,1 \cdot 0,8 \cdot 9 \cdot 3600 = 2,6 \cdot 10^6 \text{ кДж.}$$

Оценим теплоту таяния льда и подогрев воды от $t_1 = 0^\circ\text{C}$ до $t_2 = 7^\circ\text{C}$.

1м^3 льда при таянии вырабатывает холод ($r_{\text{л}} = 330\text{кДж/кг}$)

$$Q'_1 = 1000 \cdot 330 = 330000 \text{ кДж.}$$

а подогрев на $\Delta t = 7^\circ\text{C}$

$$Q'_2 = 1000 \cdot 4,19 \cdot 7 = 29330 \text{ кДж.}$$

Общая холодопроизводительность 1м^3 льда составит порядка $0,36 \cdot 10^6$ кДж.

Для поддержания комфорта в помещениях с удельной нагрузкой $q_0 = 100\text{Вт/м}^2$ на площади в 1000м^2 потребуется льда

$$\frac{2,6 \cdot 10^6}{0,36 \cdot 10^6} = 7,2 \text{ м}^3.$$

Если потенциал растаявшего льда использовать с нагревом воды до $t_w \approx 25^\circ\text{C}$, то потребность с $7,2 \text{ м}^3$ льда снизится до $6,0 \text{ м}^3$ в сутки на 1000 м^2 .

Предположим, что речь идёт о среднем МФК, площадь кондиционируемых помещений которого 20000 м^2 .

Дневная потребность в холоде составит:

$$20 \cdot 2,6 \cdot 10^6 = 52 \cdot 10^6 \text{ кДж.}$$

МКФ имеет свой небольшой хладоцентр с $Q_0 = 0,2 \cdot 20000 \cdot 0,1 = 400 \text{ кДж/}$

Собственный хладоцентр работая круглосуточно, выработает холод (его ночной компонент идёт на захлаживание конструктивов здания при отключённой ночью вентиляции):

$$Q' = 400 \cdot 24 \cdot 3600 = 34,5 \cdot 10^6 \text{ кДж}$$

Потребность во льде составит

$$\frac{52 \cdot 10^6 - 34,5 \cdot 10^6}{0,36 \cdot 10^6} = 48,6 \text{ м}^3 \approx 50 \text{ м}^3$$

Теплоизолированный бункер для приёма льда будет иметь размеры $4 \times 4 \times 4 \text{ м} = 64 \text{ м}^3$.

Занимаемая бункером площадь значительно меньше полномасштабного хладоцентра с $Q_0 \approx 2000 \text{ кВт}$.

Рассмотрим плюсы и минусы общей идеи с точки зрения инвестора/девелопера.

Затраты на устройство хладоцентра, с учётом электроподключения к сетям, снижаются с $1,85 \text{ млн. \$}$ до $0,34 \text{ млн. \$}$, что даёт экономический эффект $\sim 75 \text{ \$/м}^2$.

Высвобождается площадь технических помещений комплекса под цели арендаторов.

Платежи за холод в виде водного льда идут по факту заявок на лёд и всегда оптимизируются под фактические климатические условия месяца, дня и загрузку МФК.

Возможно, что снижаются затраты на сервисное обслуживание инженерных систем.

Энергоэффективность МФК возрастает, наличие сертификата LEED или BREEAM повышает капитализацию объекта, а само инженерное решение снижает инвестиционные затраты. К минусам следует отнести зависимость МФК от поставок люда и вопрос надёжности таких поставок.

Энергомонополисты не всегда инноваторы. ТЭЦ придётся организовать отдельный бизнес по выработке и продаже льда. Проектировать и строить хладоцентр и склады, отлаживать логистику, искать на рынке покупателей и т.д. Все эти компоненты обычной предпринимательской практики не свойственны российским монополистам.

Второе – уровень доходов от продажи льда, несмотря на возможность формирования цены на него как свободной, будет мал в сравнении с доходами от продажи электроэнергии и тепла. Это обстоятельство не может стимулировать руководство ТЭЦ к инновациям, тем более с такими весьма неопределёнными целями как снижение выброса CO₂.

Администрация ждёт мнений
специалистов.
Особый интерес к тем,
которые не «за».