

Энергетические и экономические преимущества объединения автономных источников теплоснабжения зданий с источниками холодоснабжения систем кондиционирования воздуха

Доктор техн. наук, проф. **О.Я. КОКОРИН**,
МГСУ

И.Е. ЛЕВИН,
фирма «ТрейнТехнолоджиз»

The energy and economic advantages of uniting the self-contained sources of heat supply of buildings with the sources of refrigeration supply of air-conditioning systems (SKV) are shown in the article. The example of calculation of annual expenditures for refrigeration supply of SKV from vapour-compression refrigerating machine and from absorption lithium bromide machine, working on waste heat has been considered.

За последние годы расширилось применение децентрализованных источников теплоснабжения как отдельных зданий, так и группы зданий различного назначения [1, 5]. Для нагрева воды в местных и групповых источниках теплоснабжения используют эффективные котлы на газовом топливе. Высокая степень автоматизации работы газовых котлов позволяет обеспечить их безопасность и минимизировать участие людей в эксплуатации, в том числе при необходимости изменения режимов [1].

Характерный пример современного автономного источника теплоснабжения – показанная на фото газовая крышная котельная мощностью 10 МВт, сооруженная в первом высотном здании комплекса «Москва-Сити» [1]. На нужды отопления, вентиляции и функционирования систем кондиционирования воздуха (СКВ) в холодный период года в этом здании в расчетном режиме по параметрам Б [4] затрачивается 8 МВт теплоты. На нужды горячего водоснабжения в течение года расходуется только 2 МВт теплоты. Поэтому в теплый период года часть мощности крышной котельной, составляющая 8 МВт, не используется.

Как показывают натурные наблюдения и расчеты, в жаркие дни июня – июля в Москве температура наружного воздуха превосходит расчетные параметры Б [4] и достигает $t_n = 32...34$ °С. В помещениях современных административно-общественных зданий находится достаточно много служебного оборудования,



Высотное административно-общественное здание в комплексе «Москва-Сити» с газовой крышной котельной на техническом этаже.

потребляющего электроэнергию, которая переходит в теплоту. Значительные внутренние тепловыделения и высокая температура наружного воздуха создают условия для формирования в помещениях дискомфортных для людей параметров микроклимата.

Характерно, что в административно-общественных зданиях, проекты которых не предусматривали применения СКВ, для охлаждения помещений широко применяют автономные кондиционеры оконного типа или монтируемые по раздельной схеме (сплит-системы). Пример массовой установки оконных кондиционеров в построенном здании – институт «Гидропроект», расположенный на развилке Ленинградского и Волоколамского шоссе в Москве. В новых жилых зданиях повышенной этажности постройки последних лет массовым явлением становится последующая установка жильцами автономных кондиционеров по раздельной схеме. Смонтированные на наружных стенах компрессорно-конденсаторные блоки искажают архитектурный облик здания, а из-за возможности падения они представляют собой источник потенциальной опасности для людей.

Обязательным условием энергосбережения и снижения оплачиваемой стоимости теплоты на нужды отопления и вентиляции всех видов зданий становится применение организованной приточно-вытяжной вентиляции с утилизацией теплоты вытяжного воздуха на нагрев санитарной нормы приточного наружного воздуха [4]. Вместо стихийного применения дорогих и энергоемких средств охлаждения воздуха в уже построенных зданиях энергетически, экономически и эстетически рационально предусматривать средства охлаждения помещений в проектах зданий. Системы кондиционирования воздуха выполняют все функции круглогодичного обеспечения комфортных для людей параметров воздуха в помещениях. Одной из дорогих и энергозатратных составляющих СКВ (по капитальным и эксплуатационным затратам) является источник получения холода для охлаждения приточного воздуха и служебного оборудования.

Наиболее распространены СКВ с источниками получения холода на базе парокомпрессионных холодильных машин. Энергетический показатель систем холодоснабжения с помощью таких машин СКВ имеет среднее значение $\eta_{х.ком.СКВ}$, равное 2,4 кВт холода на 1 кВт электроэнергии.

Наметившаяся тенденция к расширению применения автономного теплоснабжения зданий создает возможности для более энергетически и экономически целесообразного решения вопроса об обеспечении холодом СКВ в зданиях различного назначения путем использования теплоты от местных автономных источников.

В первом высотном здании комплекса «Москва-Сити» с мощной газовой крышной котельной для обеспечения холодом СКВ сооружена холодильная станция на базе парокомпрессионных холодильных машин. Более рационально было бы для получения холода использовать часть вырабатываемой крышной котельной теплоты в количестве 8000 кВт, которая не расходуется в теплое время года. Это можно сделать с помощью абсорбционных бромисто-литиевых холодильных машин.

Фирма «Трейн» является одним из мировых лидеров в создании энергетически эффективных и надежных в работе абсорбционных бромисто-литиевых холодильных машин. Долголетний опыт конструирования, исследования и эксплуатационного обслуживания позволил фирме создать современные энергоэкономичные и надежные в работе такие машины номинальной холодопроизводительностью от 390 до 6000 кВт [3].

По результатам работы бромисто-литиевых холодильных машин типа ABSC фирмы «Трейн» на горячей воде (110/80 °С) в торговом центре «Три Кита» в Московской области [2, 3] энергетический показатель холодоснабжения СКВ $\eta_{х.абс.СКВ} = 7,6$ кВт/кВт.

Располагая летом свободной тепловой мощностью 8000 кВт от газовой крышной котельной высотного здания «Москва-Сити», можно получить в абсорбционных бромисто-литиевых холодильных машинах фирмы «Трейн», 5000 кВт·ч холода. При этом расход электроэнергии составит $5000/7,6 = 658$ кВт·ч.

Известно, что при сжигании в современных котлах 1 м³ газа вырабатывается 7 кВт теплоты. При стоимости 1 м³ газа 0,7 руб. стоимость теплоты составит $0,7/7 = 0,1$ руб/кВт. Электроэнергия в дневные часы, когда требуется холод для СКВ в административных зданиях, стоит 1,45 руб/(кВт·ч). Тогда для выработки 5000 кВт·ч холода в абсорбционных бромисто-литиевых холодильных машинах фирмы «Трейн» стоимость электроэнергии

$$C_{х.абс.СКВ} = 8000 \cdot 0,1 + 658 \cdot 1,45 = 1754 \text{ руб/ч.}$$

В традиционной схеме холодоснабжения на базе парокомпрессионных холодильных машин, принятой в высотном здании, для выработки 5000 кВт·ч холода потребуется электроэнергия в количестве $5000/2,4 = 2083$ кВт·ч. В этом случае стоимость затраченной электроэнергии составит

$$2083 \cdot 1,45 = 3020 \text{ руб}$$

В климате Москвы холодильные машины в составе СКВ работают около 1600 ч/год при среднем потреблении холода, равном 0,65 их номинальной холодопроизводительности.

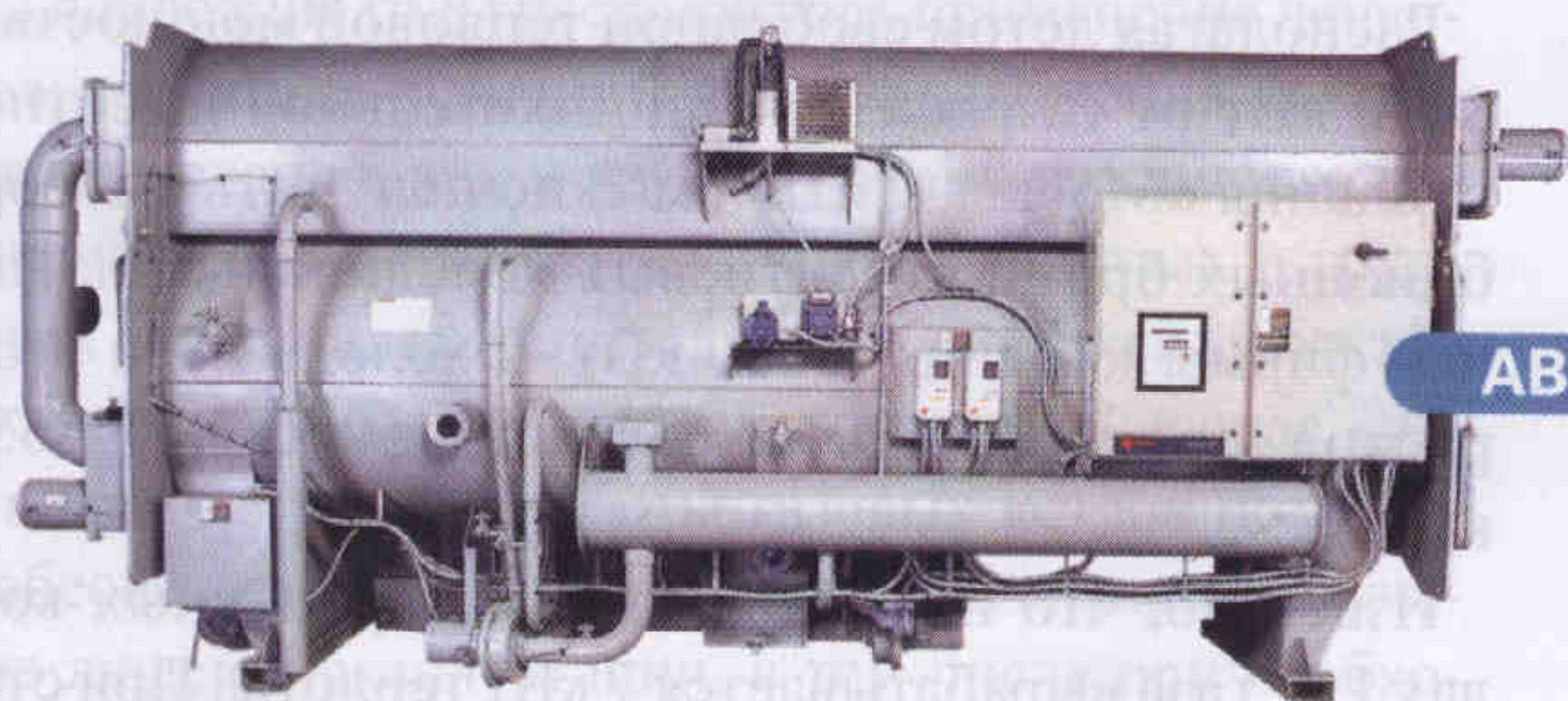
Вычислим годовые затраты на холодоснабжение



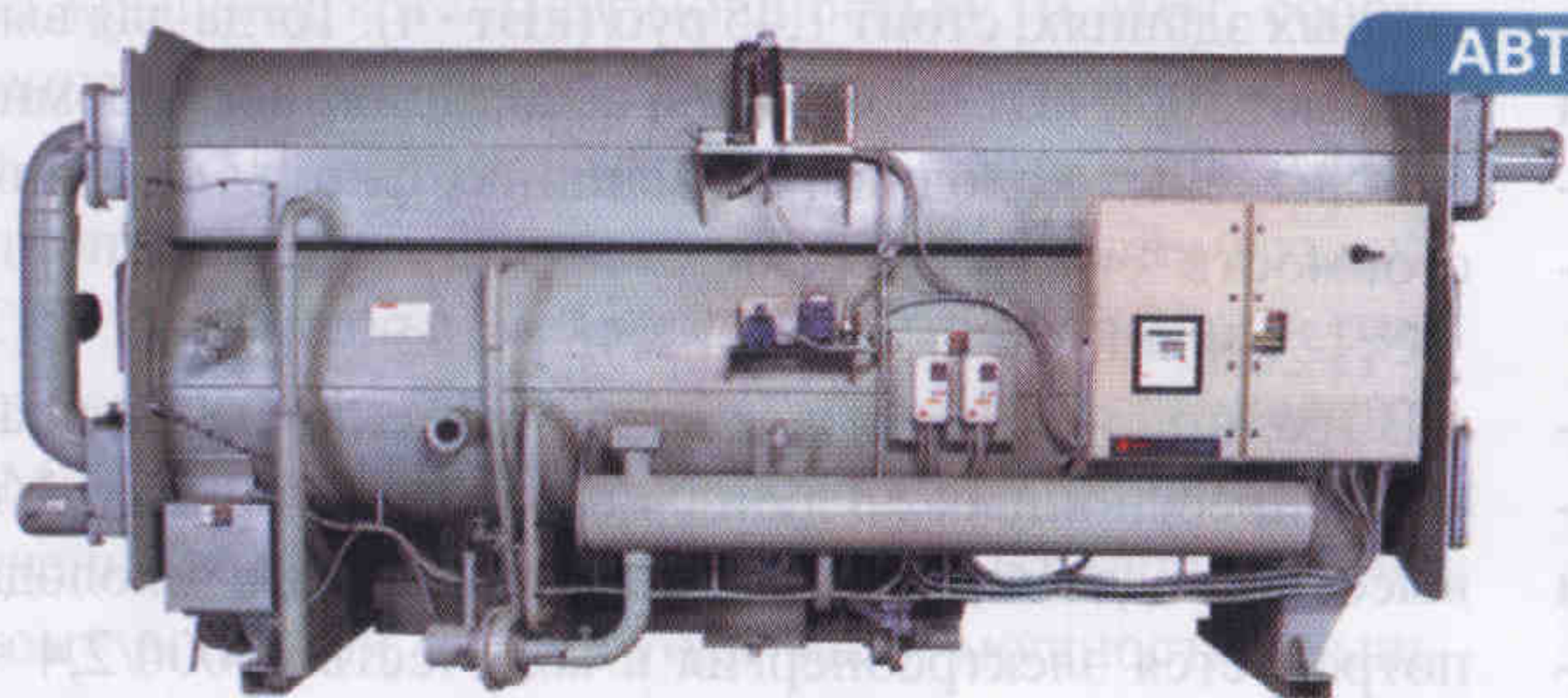
TRANE®



Абсорбционная одноступенчатая холодильная машина (400...1630 кВт)



Абсорбционная одноступенчатая холодильная машина (2000...4800 кВт)
Система Horizon™



Абсорбционная двухступенчатая холодильная машина (1300...6000 кВт)
Система Horizon™

Россия, 105821, Москва, Окружной проезд, 15
Тел.: (095) 742-00-09, 913-87-36, 365-06-41, 365-20-63
Факс: (095) 365-44-69
e-mail: yak@trane.fr www.trane.ru

СКВ от абсорбционных бромисто-литиевых холодильных машин фирмы «Трейн»:

расход теплоты

$$\sum Q_{\text{т.абс}} = 8000 \cdot 1600 \cdot 0,65 = 8320000 \text{ кВт} \cdot \text{ч/год};$$

стоимость теплоты

$$\sum C_{\text{абс.}} = 8320000 \cdot 0,1 = 832000 \text{ руб/год};$$

расход электроэнергии

$$\sum N_{\text{абс.СКВ}} = 658 \cdot 1600 \cdot 0,65 = 684320 \text{ кВт} \cdot \text{ч/год};$$

стоимость электроэнергии

$$\sum C_{N_{\text{абс.СКВ}}} = 684320 \cdot 1,45 = 992264 \text{ руб/год};$$

суммарная годовая стоимость энергии, затраченной на выработку холода для СКВ:

$$\sum \sum C_{\text{х.абс.СКВ}} = \sum C_{\text{т.абс.}} + \sum C_{N_{\text{абс.СКВ}}} = 832000 + 992264 = 1824264 \text{ руб/год}.$$

В традиционной СКВ с холодоснабжением от парокомпрессионных холодильных машин годовые затраты составляют:

расход электроэнергии

$$\sum N_{\text{х.ком.СКВ}} = 2083 \cdot 1600 \cdot 0,65 = 2166320 \text{ кВт} \cdot \text{ч/год};$$

стоимость затраченной электроэнергии

$$\sum C_{N_{\text{х.ком.СКВ}}} = 2166320 \cdot 1,45 = 3141164 \text{ руб/год}.$$

Годовая экономия оплаты за энергию при использовании теплоты газовой крышной котельной для работы абсорбционных бромисто-литиевых холодильных машин фирмы «Трейн» по сравнению с традиционным холодоснабжением от парокомпрессионных холодильных машин

$$\Delta \sum C_{\text{х.СКВ}} = \sum C_{N_{\text{х.ком.СКВ}}} - \sum \sum C_{\text{х.абс.СКВ}} = 3141164 - 1824264 = 1316900 \text{ руб/год}.$$

Большое значение для сооружения системы электроснабжения здания имеет снижение подводимой к нему электрической мощности от центральных систем электроснабжения. Для СКВ с холодоснабжением от абсорбционных бромисто-литиевых холодильных машин фирмы «Трейн» снижение расхода электроэнергии по сравнению с традиционным решением (применение парокомпрессионных холодильных машин) составляет

$$\Delta N_{\text{х.СКВ}} = N_{\text{х.ком.СКВ}} - N_{\text{х.абс.СКВ}} = 2083 - 658 = 1425 \text{ кВт} \cdot \text{ч}.$$

Такое снижение подводимой электрической мощности позволит значительно сократить затраты на электрические кабели, трансформаторную подстанцию и другое оборудование. Сокращение затрат на энергоснабжающее оборудование будет сопос-

тавимо с повышением стоимости абсорбционных бромисто-литиевых холодильных машин по сравнению с парокомпрессионными холодильными машинами одинаковой номинальной холодопроизводительности.

Применение абсорбционных бромисто-литиевых холодильных машин фирмы «Трейн» обеспечивает по сравнению с парокомпрессионными холодильными машинами следующие дополнительные преимущества.

► Максимально упрощаются эксплуатационное обслуживание и визуальный контроль [2]. Не требуется масла для смазки движущихся частей. Вакуум-насосы и насосы для циркуляции рабочего раствора смазываются и охлаждаются дистиллированной водой. Летучим компонентом рабочего вещества является вода, которая при нарушении герметичности системы и испарении не может нанести вреда окружающей среде.

► Отсутствуют дорогостоящие механизмы, содержащие пары трения, что снижает стоимость монтажа и обслуживания, увеличивает срок службы оборудования, который превышает 50 лет.

Система автоматического контроля абсорбционных холодильных машин фирмы «Трейн» предусматривает:

- контроль температуры охлажденной воды, что позволяет изменять холодопроизводительность холодильных машин в соответствии с потребностями СКВ в холоде;
- предотвращение замерзания охлаждаемой воды в испарителе холодильной машины и предохранение абсорбера от кристаллизации бромистого лития, обеспечивающие безопасность и надежность работы;
- применение насосов с электронным регулированием частоты вращения рабочих колес, что сокращает до 60 % годовой расход электроэнергии в режимах суточного и годового изменения потребности воздухоохладителей в СКВ в холоде.

В России имеется опыт успешного использования абсорбционных холодильных машин фирмы «Трейн» в СКВ крупных зданий. Так, например, в Московской области в торговом комплексе «Три Кита» осуществлено строительство автономной теплоэлектростанции (АТЭС) на газовом топливе [3]. От сгорания газа в двигателях внутреннего сгорания обеспечивается вращение генератора, вырабатывающего электроэнергию в количестве 5800 кВт, необходимом для функционирования торгового комплекса. Система жидкостного охлаждения двигателей внутреннего сгорания, циркулирующего масла и отходящих дымовых газов позволяет получать теплоту в количестве 5900 кВт в виде горячей воды (110 °С), которая зимой используется на нужды отопления и горячего водоснабжения. Тради-

ционно в летние дни горячая вода системы охлаждения двигателя сбрасывается в атмосферу через градирню. Так как торговый комплекс нуждается в летнем охлаждении помещений, то для повышения энергетической эффективности работы АТЭС было принято решение применить две абсорбционные холодильные машины, работающие на сбросной теплоте от системы охлаждения двигателя и дымовых газов [2]. В результате затраты электроэнергии на выработку 1 кВт·ч холода составили 0,1315 кВт·ч. Энергетический показатель холодоснабжения СКВ от работы абсорбционных холодильных машин на сбросной теплоте возрастает до $\eta_{х. абс СКВ} = 1/0,1315 = 7,6$ кВт холода на 1 кВт электроэнергии.

В зарубежной практике в административно-общественных зданиях значительных размеров широко применяют АТЭС на газовом топливе в сочетании с абсорбционными холодильными машинами. При этом оборудование АТЭС располагается на крыше. Абсорбционные холодильные машины могут быть размещены на нижних этажах и присоединены к трубопроводам, по которым зимой горячая вода поступает в системы отопления и вентиляции здания.

Строительство высотных зданий в комплексе «Москва-Сити» и других районах Москвы, а также в других регионах страны продолжается. Поэтому излагаемые в статье энергоэффективные и экономичные решения по комплексному энерго-, тепло- и холодоснабжению зданий могут оказаться полезными инвесторам и проектантам. Авторы готовы оказать необходимую консультативную помощь в реализации предлагаемых энергоэффективных методов функционирования зданий различного назначения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Большаков М.Г. Крышные и подвальные котельные // АВОК. 2000. № 2.
2. Кокорин О.Я., Кронфельд Я.Г., Левин И.Е. Применение абсорбционных холодильных машин в системах кондиционирования воздуха // Холодильная техника. 2001. № 7.
3. Системы кондиционирования воздуха, отопления и вентиляции с энергоснабжением от собственного источника / О.Я. Кокорин, В.В. Комиссаров, Я.Г. Кронфельд, С.Р. Безуматов // Холодильная техника. 2001. № 8.
4. СНиП 2.04.05—91*. Отопление, вентиляция и кондиционирование. ТУП ЦПП, 1998.
5. Шарипов А.Я. Энергоэффективные и энергосберегающие технологии в системе теплоснабжения жилого района Куркино г. Москвы // Энергосбережение. 2001. № 5.