



Почему холодильная машина работает неэффективно?

Д. М. Денисихина, канд. физ.-матем. наук, доцент, заместитель гендиректора ООО «ММ-Технологии», LEED AP BD+C, denisikhina@mm-technologies.ru

М. В. Самолетов, исполнительный директор ООО «ММ-Технологии»

Ключевые слова: система холодоснабжения, холодильная мощность, пиковая температура, энергомоделирование, энергопотребление

При проектировании систем холодоснабжения важной задачей является правильное определение требуемой холодильной мощности и компоновки холодильных машин. Решение этой задачи непосредственно влияет как на капитальные вложения в систему, так и на ее эксплуатационные расходы. Вместе с тем, на практике встречаются случаи неэффективной работы холодильных машин. Причины этого и возможные проблемы при определении потребности здания в холоде приведены в данной статье. Также рассмотрен практический пример повышения энергоэффективности работы системы холодоснабжения за счет правильной компоновки холодильных машин.

О загрузке холодильных машин

При определении холодопроизводительности машин расчет мощности ведется на пиковую летнюю температуру, которая может наблюдаться в течение года всего несколько часов. Таким образом, мощность холодильной машины оказывается значительно больше повседневной потребности здания в холоде.

Частичная загрузка холодильной машины приводит к снижению эффективности ее работы. При этом степень снижения эффективности зависит от типа компрессора и метода регулирования производительности.

Существуют и другие возможные проблемы. Так, например, если нагрузка на систему охлаждения в какой-то период оказывается ниже минимально возможной холодопроизводительности

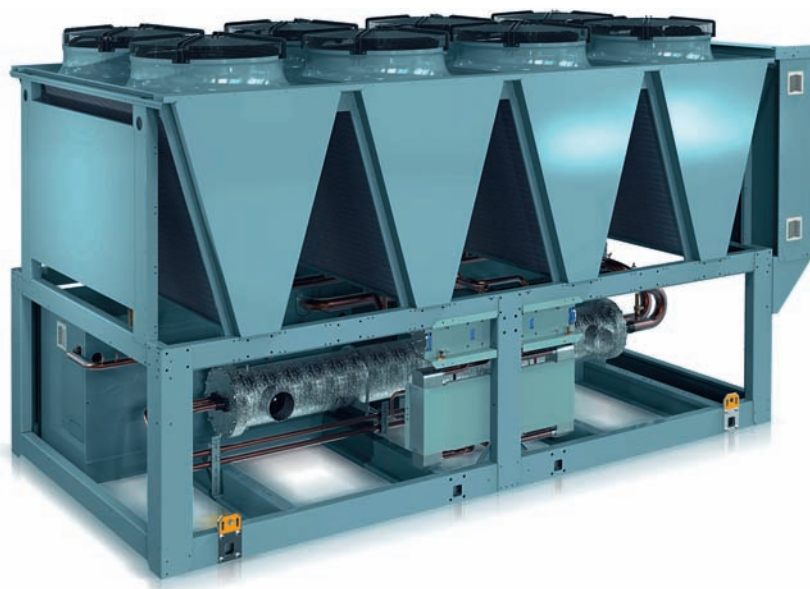
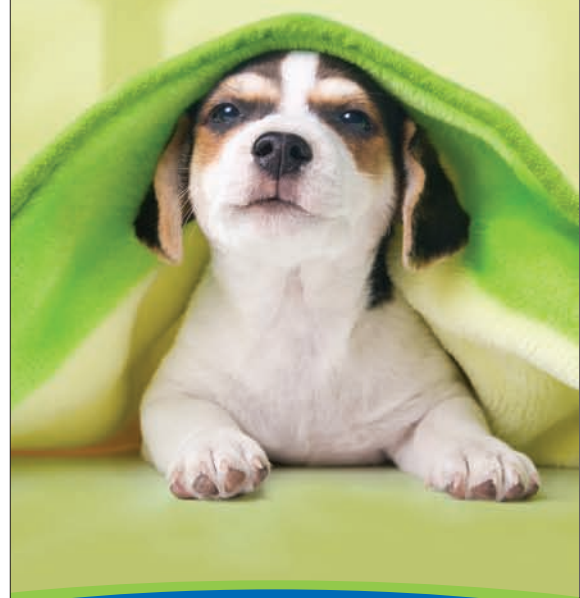
машины, то это приведет к типичному случаю ее циклического включения/выключения, что, в свою очередь, обуславливает неэффективную работу. Кроме того, такое функционирование холодильных машин является причиной ошибок в работе автоматики и приводит к повышенному износу, что повышает стоимость эксплуатации такой машины. Владелец здания, конечно, не ожидает такой работы



С НАМИ КОМФОРТНО

КЛИМАТИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ

- Вентиляционное оборудование
- Кондиционеры
- Чиллеры и фанкойлы
- Увлажнители воздуха
- осушители воздуха
- Системы автоматики



■ Рис. 1. Чиллер с винтовым компрессором

инженерных систем, после того как инвестировал значительные средства в систему холодоснабжения.

Для решения подобных проблем можно, например, предусмотреть установку двух холодильных машин. Они могут быть одинаковой или различной мощности. Подобрать наиболее целесообразные мощности холодильных машин следует по анализу потребности здания в холоде в течение годовой эксплуатации. Одна машина должна обеспечивать работу с хорошей эффективностью при характерных для здания продолжительных нагрузках, а вторая покрывать недостающую потребность в холоде при пиковых нагрузках.

Для получения данных о потребности в холоде и об эффективности работы системы холодоснабжения в течение годовой эксплуатации здания следует учитывать большое количество факторов: непостоянные тепловыделения в здании, температура циркулирующей охлаждающей воды, температура окружающего

воздуха и другие. Все эти факторы непрерывно меняются в течение года. Только динамическое энергомоделирование проектируемого здания с достаточно подробным заданием исходных данных позволит предсказать, как оно будет функционировать в реальности. По результатам динамического моделирования проектировщик может с достаточной точностью понять, как будут работать инженерные системы и как они будут зависеть от большого количества факторов, влияющих на них в течение года.

Неточности в определении требуемой мощности холодильных машин

Помимо того что мощность холодильной машины существенно выше ее загруженности в течение основного времени работы, значение этой мощности в проекте бывает перезаложено. Причины такой перезаложенности, как правило, следующие.



Москва, улица Тимирязевская, 1, строение 4.

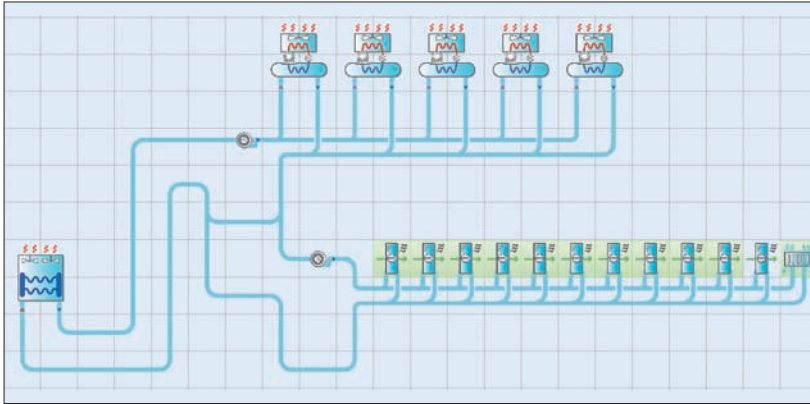
Тел.: (495) 981 1515, (499) 755 1515.

Факс: (495) 981 0117.

Санкт-Петербург, улица Разъезжая, 12, офис 43.

Тел.: (812) 441 3530. Факс: (812) 441 3535.

www.ARKTIKA.ru



■ Рис. 2. Схема системы холодоснабжения с пятью холодильными машинами

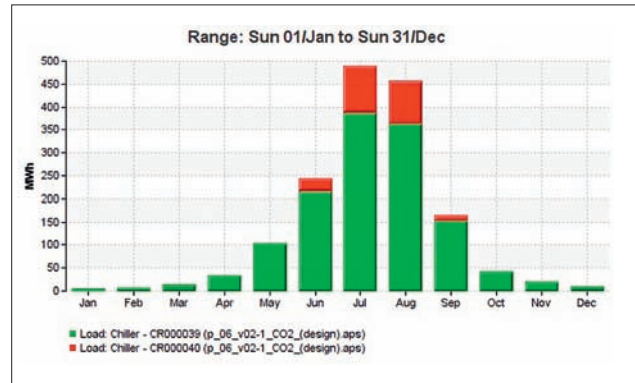
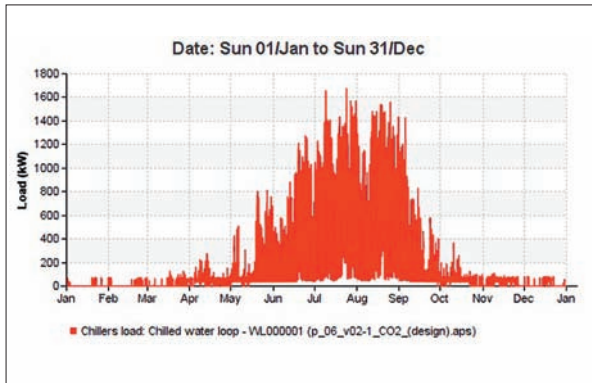
Во-первых, расчет теплопоступлений от солнечной радиации в объем здания проводится с сильными упрощениями. Так, не учитываются сложная геометрическая форма остекления, эффекты затенения

и самозатенения, тепловая инерционность конструкций.

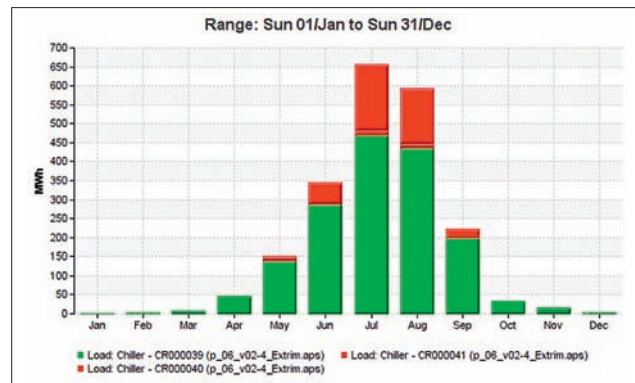
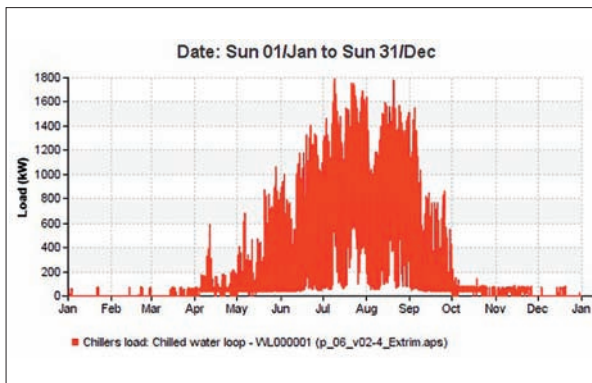
Во-вторых, при определении общей нагрузки на холодильные машины здания суммируются максимальные значения теплопоступлений для каждого

помещения. То есть не учитывается тот факт, что пиковые значения по помещениям наблюдаются в разное время. Так, в реальности солнце не светит на здание с юга, востока и запада одновременно. Люди и нагрузки от оборудования могут мигрировать из одной зоны в другую, например, во время обеденного перерыва в офисе. Они не находятся одновременно в максимально возможном количестве.

Отметим, что определение максимальных нагрузок для каждого помещения необходимо для подбора мощности окончательных охлаждающих устройств для данных помещений. Таким образом, сумма пиковых значений



■ Рис. 3. Нагрузка на систему холодоснабжения доводчиков и выработка холода каждой из пяти холодильных машин в течение года для нормальных погодных условий



■ Рис. 4. Нагрузка на систему холодоснабжения доводчиков и выработка холода каждой из пяти холодильных машин в течение года для экстремальных погодных условий

теплопоступлений по помещениям почти всегда будет больше, чем требуемая мощность холодильных машин.

Кроме того, к уже завышенному значению требуемой мощности холодильных машин добавляют еще и завышенный запас. Для того чтобы корректно оценить требуемую мощность холодильных машин здания, учесть неодновременность пиковых нагрузок по помещениям, сложность геометрических форм и инерционности здания, а также все нюансы «жизни» объекта и его инженерных систем, проводится ряд расчетов, основанных на методах энергетического моделирования. Кроме того, моделирование позволяет найти решения по сокращению энергопотребления всего объекта и сделать более эффективной работу холодильных машин, в частности.

Моделирование проводится при нормальных погодных условиях, а также при экстремально жарком лете. Все погодные данные основаны на 10-летней статистике наблюдения в районе места непосредственного строительства. На основе этих данных формируются «погодные файлы», которые содержат почасовые изменения всех параметров, влияющих на функционирование объекта.

Пример правильного подхода к выбору мощности холодильных машин

В рассматриваемом ниже примере в проекте изначально было заложено пять холодильных машин мощностью по 1,4 МВт каждая (рис. 2). Холодильные

машины в зависимости от холодильной нагрузки включаются каскадно.

Проведенное энергомоделирование показало, как работают холодильные машины в течение годовой эксплуатации объекта. На рис. 3 показаны нагрузка на систему холодоснабжения и выработка холода каждой из пяти холодильных машин для нормальных погодных условий, а на рис. 4 – для экстремально жаркого лета.

Из рис. 3, 4 видно, что загруженность большинства холодильных машин в течение года мала. Работают в основном две из пяти машин. Кроме того, видно, что пиковая нагрузка в экстремально жаркое лето составляет 1,8 МВт, что всего на 30% больше мощности одной из пяти машин в каскаде. Работа этих двух машин неэффективна. Продолжительную часть времени (холодного периода) нагрузка на машину составляет менее 7%. Такая маленькая нагрузка приводит к неустойчивому режиму работы холодильной машины, т.е. к ее циклическому включению/выключению.

Был предложен более эффективный вариант с установкой трех основных холодильных машин по 650 кВт холода каждая. Моделирование показало, что такой вариант приводит к сокращению энергопотребления холодильными машинами на 10% (рис. 5).

На рис. 5 видно, как уменьшилось энергопотребление холодильными машинами для каждого месяца в течение расчетного года. В денежном эквиваленте общая экономия при этом составляет около 500 тыс. руб. в год для нормального режима. Для экстремального

ЦЕНТРАЛЬНЫЕ КОНДИЦИОНЕРЫ



РЕШЕТКИ И ДИФFUЗОРЫ



РЕГУЛЯТОРЫ РАСХОДА ВОЗДУХА



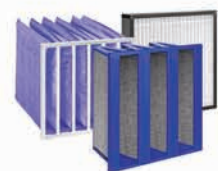
ВОЗДУШНО-ВОДЯНЫЕ СИСТЕМЫ



ПРОТИВОПОЖАРНЫЕ КЛАПАНЫ



ФИЛЬТРЫ



ВЕНТИЛЯТОРЫ

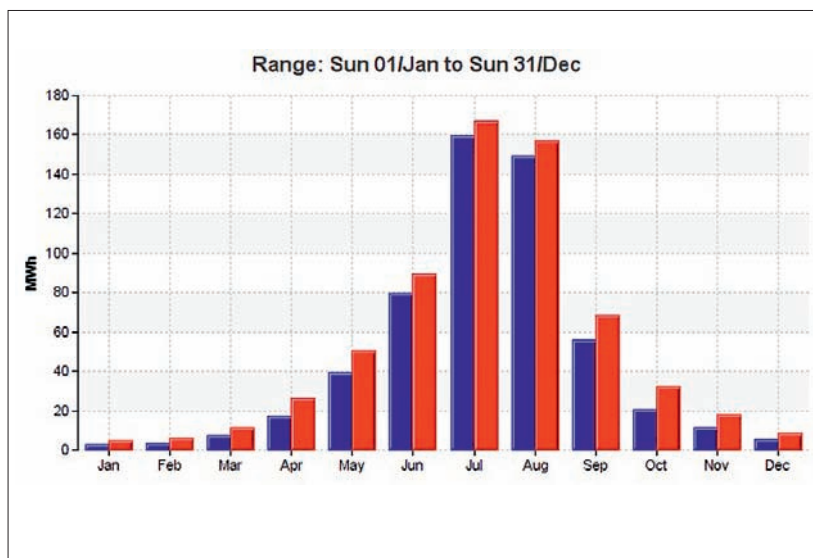


Реклама

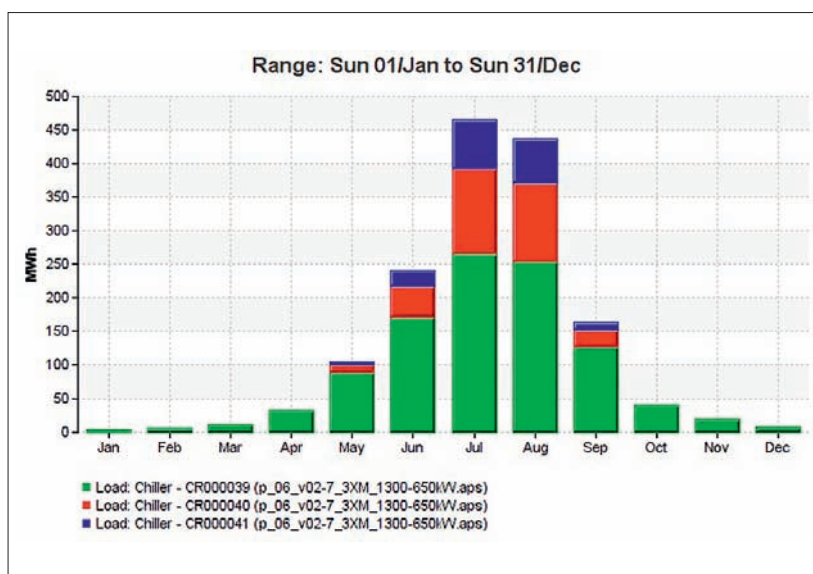
**ПОЛНЫЙ КОМПЛЕКС РЕШЕНИЙ
ДЛЯ ВЕНТИЛЯЦИИ
И КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ
ВОЗДУХА**

НЕМЕЦКОЕ КАЧЕСТВО

www.trox.ru



■ Рис. 5. Сравнение энергопотребления системой холодоснабжения в проектном решении и при установке трех холодильных машин по 650 кВт в течение года для нормальных погодных условий



■ Рис. 6. Выработка холода при установке трех холодильных машин по 650 кВт в течение года для нормальных погодных условий

режима (жаркое лето) повышение энергоэффективности несколько меньше.

Если посмотреть на работу холодильных машин (рис. 6), то видно, что их загрузка стала более равномерной. Все три машины используются продолжительное время и работают не на минимальных мощностях.

Таким образом, рассмотренный пример показывает, как методы энергомоделирования помогают подобрать мощности каждой холодильной машины, обеспечивающие ее эффективную эксплуатацию. Первая в каскаде машина стала работать большее время при средних нагрузках, в то время как раньше

работала при минимальных. Вторую в каскаде машину стали включать с мая по сентябрь, и работать она также стала при средних нагрузках, то есть удалось предотвратить постоянные циклы включения/выключения. Когда же нагрузка приближается к пиковым значениям, включают третью машину.

В данном примере рассматривались одинаковые по мощности холодильные машины в каскаде. Это было связано с постоянным изменением очередности работы машин в каскаде с целью равномерной выработки ресурса у всех машин. Однако, анализируя характер нагрузки в холодный период (см. рис. 3, 4), можно обнаружить, что холодильная машина продолжительное время вынуждена работать при нагрузке не выше 200 кВт. Соответственно, можно было еще больше увеличить эффективность работы системы холодоснабжения, подобрав первую в каскаде машину мощностью 200 кВт. Так, в холодный период постоянно работала бы «маленькая машинка», в переходный и теплый подключались бы вторая и третья «большие машины».

Такая перекомпоновка в распределении мощности позволяет заметно снизить энергопотребление холодильными машинами, задать им более стабильный режим работы, увеличить отказоустойчивость и продлить срок их службы.

Моделирование, выполняемое во время стадии «проект», помогает определить возможные опасности при дальнейшей эксплуатации, а также проверить и существенно улучшить энергоэффективность проектируемого здания. ■