



Оптимизация СИСТЕМ

для применений холодильных
машин с воздушным охлаждением

ОСНОВНАЯ
ИНФОРМАЦИЯ

ПРИМЕНЕНИЕ И ОПТИМИЗАЦИЯ ЭНЕРГОПОТРЕБЛЕНИЯ

Системы вентиляции и кондиционирования играют очень важную роль, поскольку они регулируют микроклимат в здании, одновременно являясь в нем главными потребителями электроэнергии.

Стоит напомнить, что термогигрометрический контроль основан на поддержании оптимальных значений ряда параметров, таких как:

- 1) средняя температура в помещениях;
- 2) относительная влажность воздуха;
- 3) скорость подачи и качество воздуха (см. концентрации CO_x, NO_x, SO_x);
- 4) средняя температура излучения от пограничной поверхности;
- 5) шум, создаваемый системами вентиляции и кондиционирования.

Также следует отметить, что хотя шум строго не является параметром термогигрометрических условий, он играет важную роль при создании комфортной обстановки для людей.

Чтобы выполнить эту непростую функцию, системы вентиляции и кондиционирования должны состоять из механических и электрических компонентов, связанных воедино посредством промышленной автоматизации и электронными системами управления (рис. 1).

РИС. 1: КОМПОНЕНТЫ СИСТЕМЫ ВЕНТИЛЯЦИИ И КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ

- Холодильная машина
- Насосы
- Гидравлические коллекторы
- Инерционные баки
- Фанкойлы
- Вентиляционные установки
- Трехходовые клапаны
- Водные фильтры
- Расширительные баки



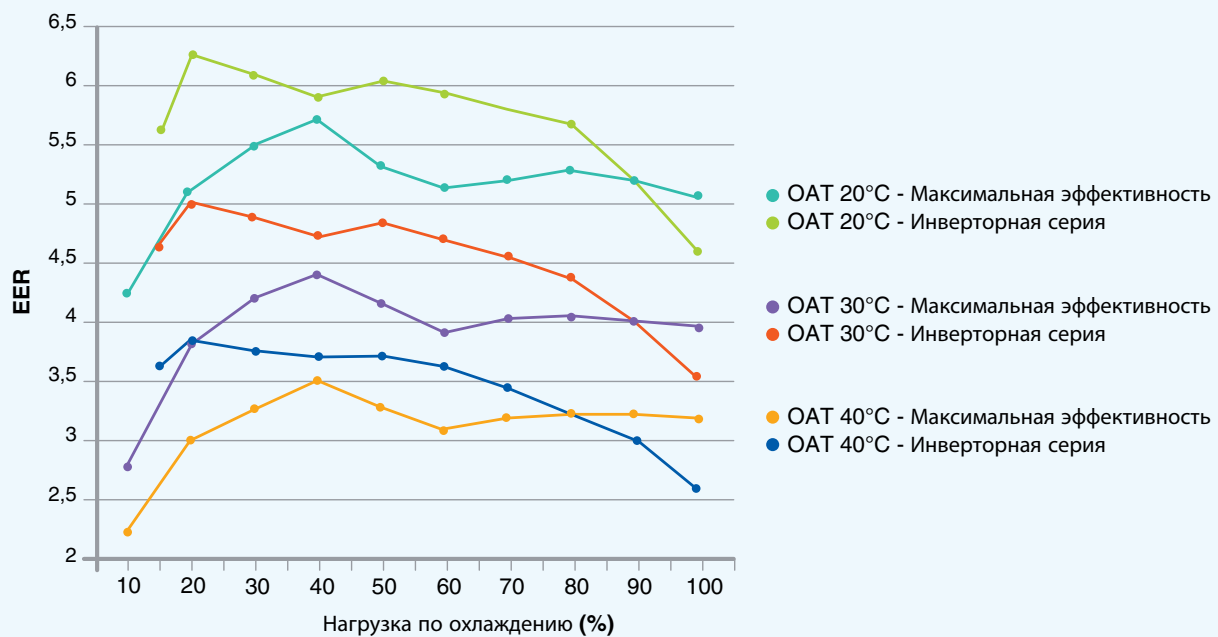
Следует отметить, что стандарты, которым должны отвечать такие системы, очень высоки, поскольку они связаны с вопросами охраны окружающей среды и энергоэффективности. Современные системы вентиляции и кондиционирования должны обеспечивать экологический комфорт для находящихся в здании людей и, в то же время, демонстрировать высокие уровни энергоэффективности.

Для соблюдения этих требований компания Daikin предлагает широкий ассортимент агрегатов, обладающих различными энергетическими характеристиками, соответствующими самым разнообразным особенностям установки и применения. Таким образом, доступны следующие холодильные машины: а) оптимизированные для работы при максимальной нагрузке; б) оптимизированные для работы при частичной нагрузке; в) предназначенные для последовательной установки или д) идеально подходящие для параллельной установки.

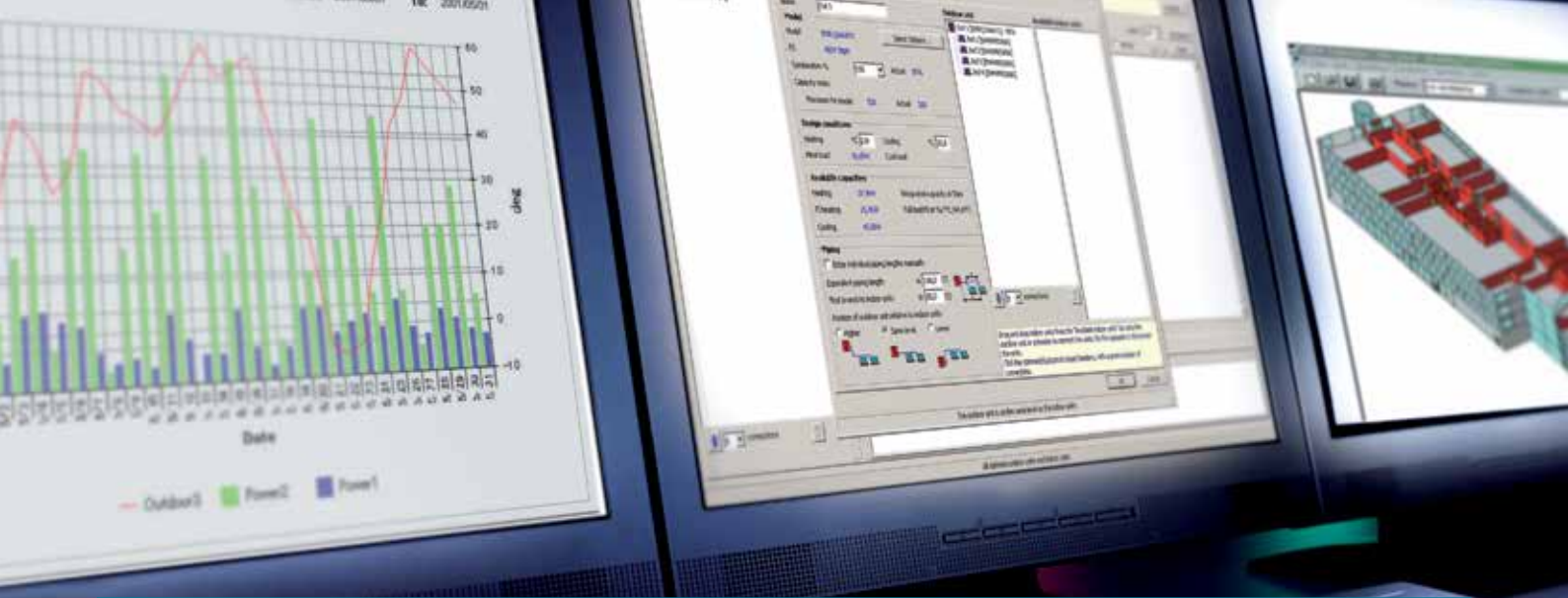
Предлагаемые блоки Daikin указаны в продуктовых каталогах компании (рис. 2):

- **ВЫСОКОЭФФЕКТИВНАЯ СЕРИЯ** со значениями EER на уровне Класса А при 100% нагрузке и с отличными результатами даже при частичной нагрузке, благодаря запатентованным технологическим решениям, связанным с разгрузкой винтовых компрессоров
- **СЕРИЯ С МАКСИМАЛЬНОЙ ЭФФЕКТИВНОСТЬЮ** со значениями EER на уровне класса А при 100% нагрузке, являющимися одними из самых высоких на рынке. Подходит для установок, требующих высокой эффективности при полной нагрузке, наряду с высокими эксплуатационными характеристиками винтовых компрессоров
- **ИНВЕРТОРНАЯ СЕРИЯ** с повышением EER по мере снижения нагрузки холодильной машины. Идеальное решение для применений, в которых оборудование работает при частичной нагрузке

РИС. 2: СРАВНЕНИЕ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ ВЫСОКОЭФФЕКТИВНЫХ И ИНВЕРТОРНЫХ МАШИН (2 КОМПРЕССОРА)



ТНВ: температура наружного воздуха



КОНФИГУРАЦИЯ УСТАНОВКИ

Для оптимизации установки важно проанализировать и оценить возможные варианты. Достижение необходимых показателей энергоэффективности возможно только путем правильного выбора типов холодильных установок в соответствии с общей конфигурацией установки и с учетом проектируемой системы циркуляции жидкости для отопления или охлаждения.

Не вдаваясь в технические подробности установки, следует напомнить, что выбор двух или более холодильных машин означает возможность выбора из двух различных гидравлических решений.

ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНАЯ КОНФИГУРАЦИЯ

РИС. 3: ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНАЯ КОНФИГУРАЦИЯ ДВУХ ХОЛОДИЛЬНЫХ МАШИН



ОСНОВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

- приоритетная нагрузка (холодильная машина 1) при равных значениях установок с холодильной машиной 2 (в отношении производства охлажденной воды)
- соответствующее увеличение потока воды, проходящей через испарители
- необходимость повышения ΔT в системе со стандартного $\Delta T=5K$ до не менее $\Delta T = 8\div 10$, чтобы ограничить увеличение падения давления в теплообменниках
- установка жидкостной байпасной системы на холодильной машине 2 на случай перевода оборудования в режим ожидания при частичной нагрузке
- единственная насосная система для охлажденной воды, часто с инверторным регулированием или состоящая из параллельных насосов, обеспечивающих необходимый для повышения надежности запас и ступенчатое управление рабочим потоком

ПАРАЛЛЕЛЬНАЯ КОНФИГУРАЦИЯ (параллельная с реверсным возвратом - рис. 5)

РИС. 4: ПАРАЛЛЕЛЬНАЯ КОНФИГУРАЦИЯ

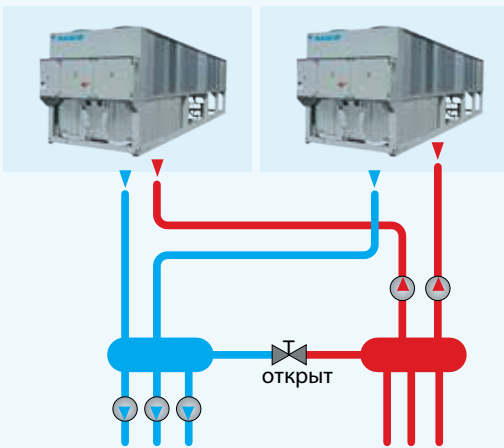
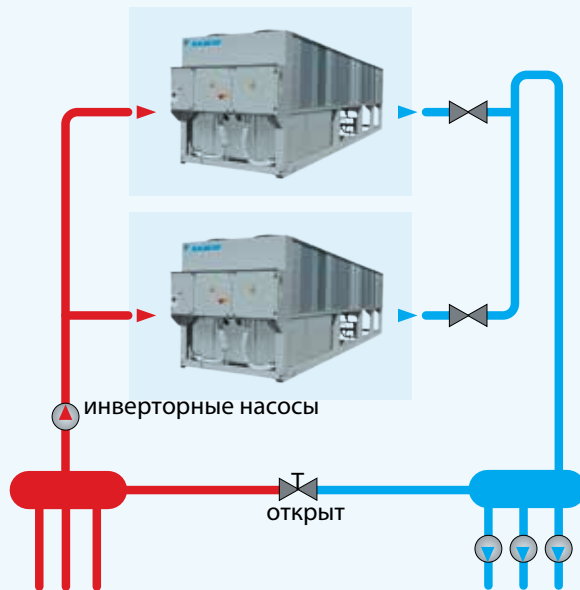


РИС. 5: ПАРАЛЛЕЛЬНАЯ КОНФИГУРАЦИЯ С РЕВЕРСНЫМ РАСПОЛОЖЕНИЕМ ТРУБОПРОВОДА ОБРАТНОГО ПОТОКА



ОСНОВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

- подающие и обратные трубопроводы для каждого устройства
- независимые насосные системы для каждой холодильной машины
- необходимость в коллекторе на стороне выпуска и возврата для обеспечения надлежащего водоснабжения для каждого блока

С одной стороны, такая конфигурация системы (наиболее распространенная во всех отношениях) обеспечивает полностью независимое управление каждой холодильной машиной и большую гибкостью, но, с другой стороны, она не позволяет оптимизировать расходы на установку, поскольку требует длинных трубопроводных систем и большего количества водонасосных станций.

Тем не менее, такую конфигурацию можно оптимизировать, если агрегаты (два или более) имеют одинаковый размер. В этом случае они обеспечивают одинаковое падение давления в испарителе.

Такая оптимизация основана на схеме трубопроводов с «параллельным реверсным возвратом» (см. рис. 5), которая предлагает следующие преимущества:

- уменьшение длины трубопроводов для подключения теплообменников
- установка одной насосной станции для охлажденной воды, часто с инверторным регулированием

При использовании теплообменников, имеющих одинаковый размер, а значит и спроектированных для одних и тех же значений падения давления, такая гидравлическая конфигурация обеспечивает естественно сбалансированное распределение потока воды между различными ответвлениями установки, т.е. между установленными холодильными машинами. Так же, как и при последовательном подключении, в этой конфигурации необходимо наличие запорного клапана на каждом ответвлении для «отсечения» находящейся в режиме ожидания холодильной машины. Это снизит расходы, связанные с работой насосов.

УПРАВЛЕНИЕ ЭНЕРГОПОТРЕБЛЕНИЕМ

В дополнение к конфигурации установки циркуляции жидкости необходимо определить способ управления энергопотреблением для каждого блока системы. Управление энергопотреблением следует рассматривать как стратегию распределения ресурсов с учетом общей требуемой производительности установки по охлаждению.

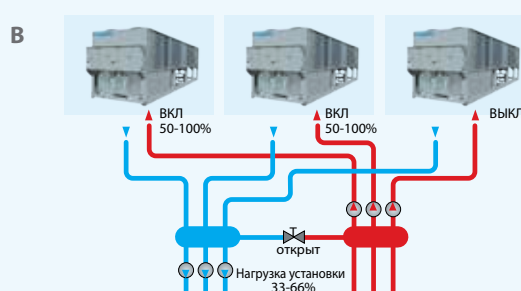
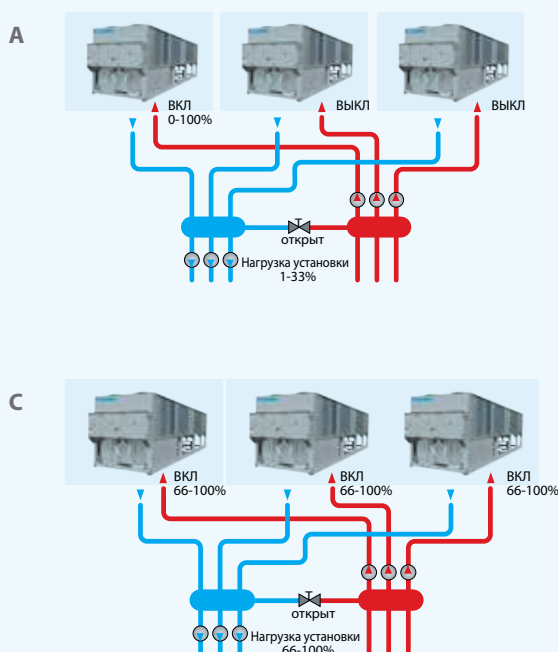
Методы управления энергопотреблением или «распределения производительности по охлаждению» можно подытожить следующим образом:

Параллельное распределение ступеней

Согласно этой стратегии агрегат, проработавший меньшее количество часов, стоит первым в очереди на включение. После включения холодильной машины она будет следовать за увеличением нагрузки, пока не достигнет максимальной, 100% производительности. При дальнейшем увеличении нагрузки в связи с ростом потребностей пользователей будет включена другая холодильная машина, которая начнет работать параллельно с первой.

В результате этой операции нагрузка по охлаждению первой холодильной машины снижается, и при параллельной установке двух одинаковых холодильных машин они начнут работу с одинаковой производительностью.

РИС. 6: ПРИМЕР ПАРАЛЛЕЛЬНОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ СТУПЕНЕЙ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ 3 АГРЕГАТОВ ОДИНАКОВОГО ТИПОРАЗМЕРА



A: На начальном этапе работает только одна холодильная машина в диапазоне от минимальной нагрузки до 100%.

B: При включении двух холодильных машин они распределяют между собой требуемую нагрузку, начиная с минимальной нагрузки, которая в этом случае составляет 50%.

C: Наконец, включаются все холодильные установки, которые работают параллельно и распределяют между собой нагрузку, начиная с минимальной, составляющей еще большее значение в этом случае.

Последовательное распределение ступеней с приоритетной нагрузкой

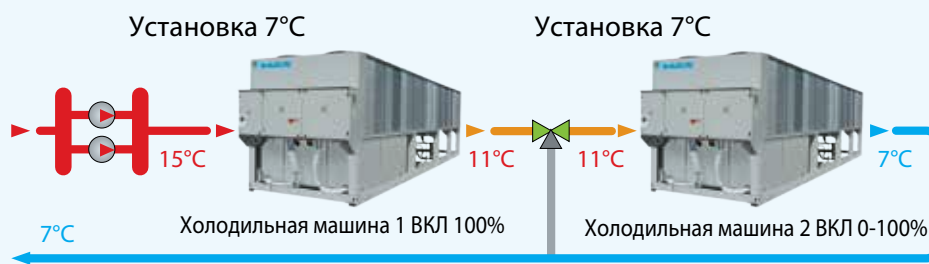
Этот способ предусматривает наличие определенной холодильной машины с функциями управления энергопотреблением, которая будет приоритетной по нагрузке, независимо от количества часов работы. В принципе, следует ожидать, что этот параметр будет выше для первого агрегата (обладающего «приоритетом») по сравнению с другими.

Важным аспектом такого распределения энергии является поддержание 100% нагрузки первого агрегата, даже если для удовлетворения всех требований (нагрузки) требуется не одна, а несколько холодильных машин. Для выполнения этого условия необходимо предоставить первому агрегату (с «приоритетом») также и гидравлический приоритет, установив его «выше по потоку».

Такое гидравлическое условие можно выполнить следующим образом:

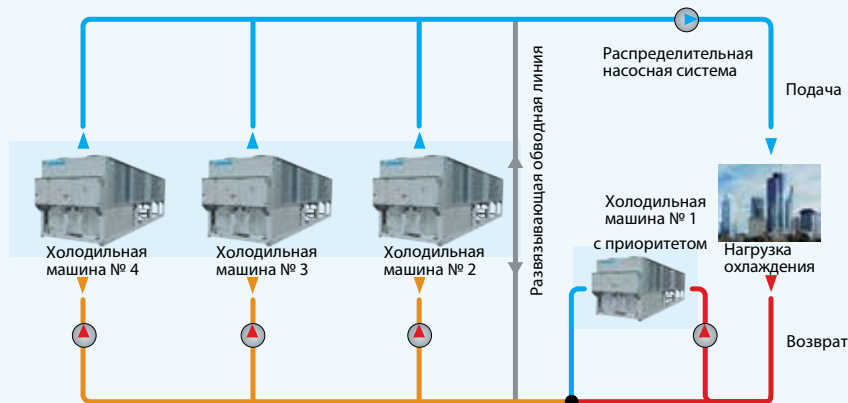
- используя «последовательную» конфигурацию для двух холодильных машин (рис. 7), в которой весь поток воды в системе всегда проходит сначала через холодильную машину 1.

РИС. 7: ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНАЯ КОНФИГУРАЦИЯ ДВУХ ХОЛОДИЛЬНЫХ МАШИН



- при наличии более двух агрегатов (в этом случае нагрузка на первичный контур установки слишком высока для того, чтобы размещать группы холодильных машин последовательно, из-за слишком большого падения давления в испарителях) – установка «приоритетных» блоков параллельно главному возвратному трубопроводу и выше по потоку (рис. 8).

РИС. 8: ПРИОРИТЕТНЫЙ АГРЕГАТ (№ 1) В ПЕРВИЧНОМ КОНТУРЕ С ДРУГИМИ ХОЛОДИЛЬНЫМИ МАШИНАМИ



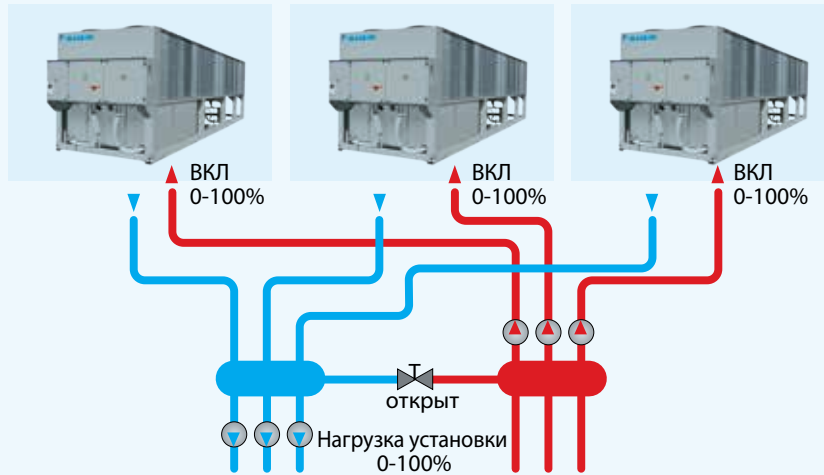
В этой конкретной установке первый агрегат (холодильная машина 1 - рис. 8) обрабатывает поток воды, возвращаемой от потребителя, в первую очередь и независимо. Установка параллельно главному трубопроводу возврата воды из системы:

- обеспечивает полное удовлетворение требованиям, если нагрузка меньше или равна производительности холодильной машины 1, и соответствующему основному потоку воды.
- позволяет предварительно снижать температуру всего потока воды, возвращающегося от потребителя. Эта температура будет доведена до значения установки путем последовательного включения других холодильных машин, установленных в «параллельной конфигурации» и контролируемых согласно способу «последовательных ступеней» управления энергопотреблением (см. рис. 6). Такое предварительное охлаждение обеспечивает 100% нагрузку для первого агрегата (с «приоритетом») при условии, что его установка совпадает с установками всех остальных холодильных машин в первичном контуре.

Параллельное распределение среди всех блоков

Этот способ управления предусматривает одновременное использование всех установленных холодильных машин, за исключением резервных. Для этого необходимо одновременное параллельное распределение полной нагрузки по охлаждению среди всех агрегатов (рис. 9).

РИС. 9: ПАРАЛЛЕЛЬНАЯ КОНФИГУРАЦИЯ С ПАРАЛЛЕЛЬНЫМ РАСПРЕДЕЛЕНИЕМ НАГРУЗКИ



Для такого способа распределения нагрузки необходимо, чтобы все холодильные машины были одинаковыми, как с точки зрения энергетических показателей, так и с точки зрения номинальной производительности по охлаждению.



ОПТИМИЗАЦИЯ ЭНЕРГОПОТРЕБЛЕНИЯ УСТАНОВКИ

Достижение самых высоких стандартов энергоэффективности при управлении системами вентиляции и кондиционирования на протяжении всего года – непростая задача, включающая ряд этапов: планирование, окончательное проектирование, монтаж и ввод в эксплуатацию, управление и поддержание в рабочем состоянии.

Этап планирования играет важную роль в обеспечении высоких уровней энергоэффективности установки вентиляции и кондиционирования, поскольку в этот момент определяется будущая энергетическая структура системы. Для того, чтобы сделать правильный выбор на данном этапе, важно выполнить следующие виды анализа:

- **анализ нагрузки холодильной машины**, связанной с потребностями потребителя, с подробной разбивкой по времени на протяжении всех 8760 рабочих часов в календарном году;
- **анализ энергопотребления холодильных машин**, необходимого для полного удовлетворения требований по нагрузке, с подробной разбивкой по времени и данными о режиме работы.

1. АНАЛИЗ НАГРУЗКИ УСТАНОВКИ ПО ЧАСАМ НА ПРОТЯЖЕНИИ ВСЕГО ГОДА

Несомненно, именно здесь начинается процесс оптимизации энергопотребления. Чем точнее и эффективнее проведенный анализ, тем лучшими будут результаты. Во многих применениях сложно оценить ожидаемую нагрузку по охлаждению. Хотя существуют более или менее точные методы определения максимальной нагрузки за год, очень сложно спрогнозировать почасовое распределение нагрузки по охлаждению. Для этого требуется большое количество информации о планируемом применении. Тем не менее, подобную задачу можно решить, если цель состоит в достижении максимальной степени энергоэффективности систем вентиляции и кондиционирования при рассмотрении только одного ее режима – охлаждения.

Во многих странах существует ряд программ расчета энергопотребления, в которых применяются стандартные процедуры тепловых расчетов и которые могут определить максимальную потребность в охлаждении летом и в отоплении – зимой для моделируемого здания. Следует отметить, что существует несколько международно признанных программ теплового моделирования. В каждой стране имеется специально созданный орган, занимающийся составлением и публикацией национальных стандартов для расчетов. Например, Министерство энергетики США (DOE) составило стандартную процедуру расчета, применимую для территории США, а в Европе законодательно установлен минимальный стандарт расчетов, однако каждая национальная организация может несколько модифицировать его, чтобы сделать расчеты более «подробными» и соответствующими особенностям региона.

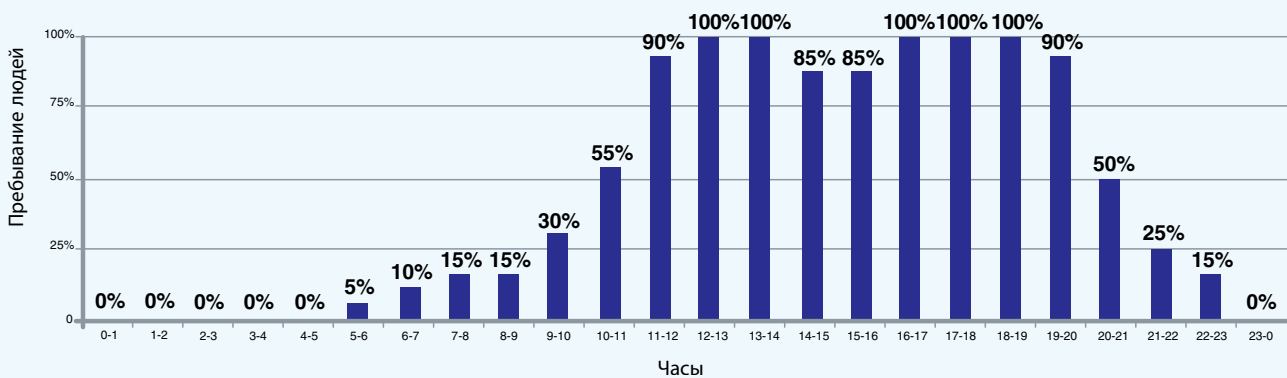
В качестве международно признанного программного обеспечения следует назвать «EnergyPlus» (выпущенный DOE). На основании введенного плана здания, программа рассчитывает тепловой баланс здания с учетом как внутренних, так и внешних теплопоступлений.

Следует отметить, что все сертифицированные или несертифицированные средства моделирования тепловой нагрузки здания предоставляют только:

- летнее значение максимальной производительности по охлаждению (летний пик в кВт)
- зимнее значение максимальной производительности по отоплению (зимний пик в кВт)
- оценку потребности в энергии (кВтч), как в режиме отопления, так и в режиме охлаждения, с разбивкой по месяцам года.

Ни одна из этих программ не в состоянии обеспечить информацию, необходимую для проведения точного анализа энергопотребления холодильных машин, т.е. определить почасовое распределение производительности по охлаждению, требуемой от установки на протяжении всего года. Однако данную задачу можно довольно-таки просто решить, исходя из предоставленной программным обеспечением оценки энергопотребления за месяц и сделав ряд предположений на основании таких параметров, как использование здания в течение недели, почасовое распределение эндогенной нагрузки (включающей пребывание людей в здании в те или иные часы – рис. 10), и других важных переменных, которые проектировщик установки знает или может спрогнозировать.

РИС. 10: ПРИМЕР ПОЧАСОВЫХ ДАННЫХ О ПРИСУТСТВИИ В ЗДАНИИ ЛЮДЕЙ



Среди этих переменных – погодные данные по часам, а именно: температура снаружи ($T_{\text{сух.терм.}}$) и относительная влажность (RH%). Эти сведения можно получить из интернета благодаря наличию множества погодных сайтов. Данные, связанные с требуемой почасовой производительностью по охлаждению, вместе с известными почасовыми показателями EER холодильных машин дают возможность составить точную и эффективную энергетическую модель установки на весь год. Это очень полезно для оценки энергетических характеристик предложенной конфигурации системы вентиляции и кондиционирования, особенно по сравнению с другими решениями.

2. АНАЛИЗ ЭНЕРГОПОТРЕБЛЕНИЯ ХОЛОДИЛЬНЫХ МАШИН ПО ЧАСАМ

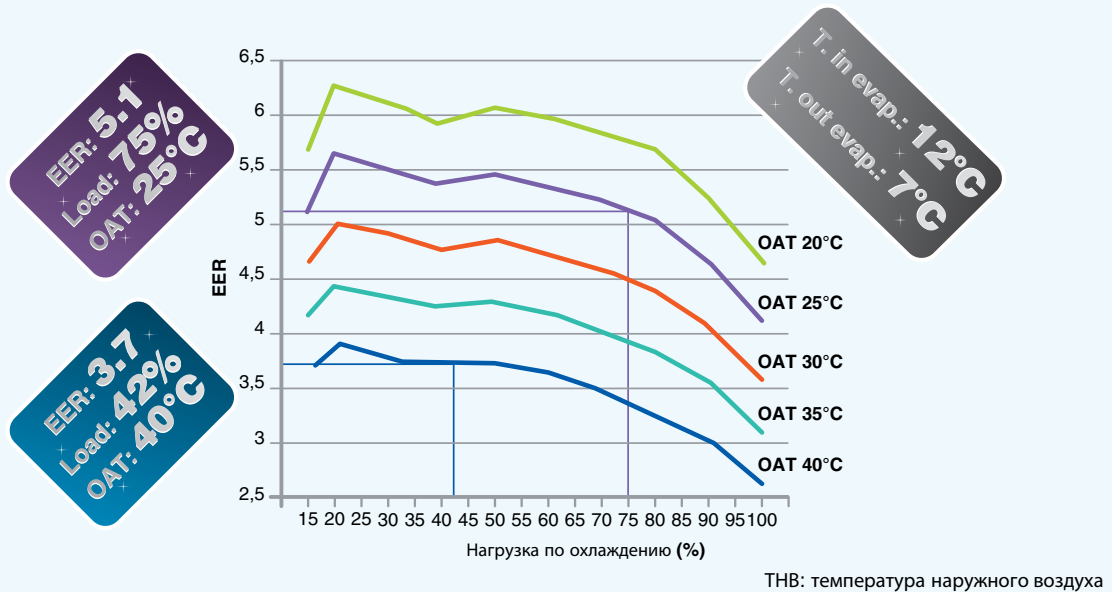
Оценка почасового распределения производительности по охлаждению для всех 8760 часов в году вряд ли бы имела смысл, если бы не было необходимости в изучении достоверных, **подробных и точных данных о почасовой энергоэффективности холодильных машин**. Такая информация о почасовых значениях EER холодильных машин должна быть доступна в соответствии с основными переменными, от которых зависит энергоэффективность любой холодильной машины:

- **температура охлажденной воды**, фактически полученной в качестве полезного результата
- **температура наружного воздуха** для холодильных машин с воздушным охлаждением или **температура воды на входе конденсатора** – для водоохлаждаемых
- **процент нагрузки** агрегата по отношению к 100% производительности холодильной машины

Важно иметь в распоряжении информацию о производительности холодильных машин, чтобы направлять запросы данных, как указано на рис. 11, где проиллюстрирован пример агрегата с воздушным охлаждением и двумя условиями работы с различной нагрузкой и наружной температурой. Поскольку каждый направляемый запрос должен содержать сведения как о нагрузке, так и о наружной температуре, для моделирования и сравнения различных холодильных машин потребуются значительные объемы данных по энергоэффективности.

Этот объем увеличивается еще больше, если цель анализа энергопотребления состоит в сравнении различных типов холодильных машин при использовании разных стратегий распределения нагрузки.

РИС. 11: ПРИМЕР ХАРАКТЕРИСТИК ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ ХОЛОДИЛЬНОЙ МАШИНЫ



В принципе, количество данных о производительности и энергоэффективности (значения EER), необходимых для проведения анализа энергопотребления, столь велико, что только программа расчета способна обработать их в разумные сроки и представить в формате (например, в виде таблиц Excel), пригодном для дальнейшего анализа. Вот почему стоит отметить дополнительные преимущества, предоставляемые производителем холодильных машин (представленной консультантами по вопросам энергопотребления, специалистами, проектировщиками, конечными потребителями и специалистами по системам вентиляции и кондиционирования), благодаря созданию программного обеспечения (даже если оно предназначено только для местных торговых представителей), позволяющего получать точные энергетические показатели для любой предлагаемой для продажи холодильной машины.

РИС. 12: ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ТЕРМОДИНАМИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ДЛЯ ХОЛОДИЛЬНЫХ МАШИН DAIKIN



Имеющиеся данные об энергетических характеристиках холодильных машин (для каждого значения нагрузки, теплового профиля испарителя и температуры воздуха снаружи) вместе с требуемой для этих агрегатов почасовой производительностью по охлаждению позволяют выполнить точное почасовое энергетическое моделирование для конкретной конфигурации установки. Это моделирование предоставляет подробную информацию о количестве энергии, потребляемой установкой в данной конфигурации, и, соответственно, об уровне ее эффективности.

Это действенный подход, позволяющий определить наилучшее решение, соответствующее требованиям конкретного применения. Цель состоит в составлении схемы эффективности, которую можно будет использовать для выбора наилучшей гидравлической конфигурации для различных типов установленных холодильных машин.



НЕКОТОРЫЕ ПРИМЕРЫ РЕШЕНИЙ

Важно отметить, что энергетические исследования, целью которых является оптимизация части установки вентиляции и кондиционирования, отвечающей за охлаждение, всегда опираются на уникальный и эффективный подход к анализу. Этот подход требует технических навыков, усилий, времени и наличия информации. Если некоторые данные отсутствуют или должны быть определены в проекте, специалист, руководствуясь своими знаниями, опытом и «здоровым смыслом», сможет определить/спрогнозировать их для сравнительного анализа.

Далее приведены основные этапы описанного подхода, общие для всех рассматриваемых случаев. Первым шагом на пути к оптимизации является сбор данных о погоде по часам для рассматриваемого местоположения.

Эти данные рассчитываются на основании наблюдений за последние 2-3 года или путем усреднений. К счастью, подобные сведения не так сложно собрать, благодаря наличию погодных сайтов, которые зачастую бесплатны.

Необходимые данные для моделирования энергетических характеристик холодильной машины:

1) почасовые значения относительной влажности (RH%) наружного воздуха для расчета энтальпии для обработки воздуха в вентиляционной установке и соответствующей температуры по влажному термометру ($T_{\text{вл.т.}}$) в градирне в случае использования водяного охлаждения

2) почасовые значения температуры наружного воздуха по сухому термометру ($T_{\text{сух.т.}}$)



ПОЧАСОВЫЕ
ЗНАЧЕНИЯ
ОТНОСИТЕЛЬНОЙ
ВЛАЖНОСТИ



ПОЧАСОВЫЕ
ЗНАЧЕНИЯ
ТЕМПЕРАТУРЫ
НАРУЖНОГО
ВОЗДУХА
ПО СУХОМУ
ТЕРМОМЕТРУ

Затем следует задать некоторые параметры для моделируемой строительной конструкции:

- наружная геометрия – для расчета общего объема здания и общей площади наружной поверхности, через которую передается тепло;
- общая площадь бетонных и стеклянных наружных поверхностей и их уровень прозрачности;
- подробные сведения о бетонных и стеклянных наружных поверхностях (например, двойной или тройной стеклопакет) для определения и, при необходимости, расчета коэффициента общей теплопередачи рассматриваемой поверхности ($\text{Вт}/\text{м}^2 \text{ К}$).



После этого следует определить дополнительные параметры, такие как: общее количество людей в помещениях, количество воздуха на одного человека, удельные внутренние нагрузки ($\text{Вт}/\text{м}^2$), связанные с освещением и электроприборами, а также другие виды нагрузок.

И, наконец, необходимо определить временной профиль использования строения в течение года и по неделям, а также профиль прогнозируемого распределения нагрузки в процентах.

Не вдаваясь в подробности, следует спрогнозировать почасовое распределение (24 часа в сутки) для типичных рабочих дней, субботы и воскресенья. Также важно определить те недели в году, к которым применимы такие ежедневные профили, и, при необходимости, скорректировать процентные значения для остальных (из 52 недель в году).

Очевидно, важно знать тарифы на энергоносители, такие как природный газ (или жидкое топливо), стоимость кВтч электроэнергии и кубометра воды.



Рассмотрим вышеупомянутые применения. В самом начале выбираем конфигурации установки, которые посчитаем наиболее подходящими для профиля производительности по охлаждению в течение года, полученного в результате моделирования.

Такие конфигурации затем будут смоделированы для почасового анализа, охватывающего все и каждый из 8760 часов в год, с тем, чтобы выбрать ту из них, которая (теоретически) обеспечит наивысший уровень энергоэффективности на протяжении года.

Чтобы лучше пояснить этот процесс и обозначить потенциальные преимущества установки, рассмотрим три случая, относящиеся к вариантам применения в трех различных городах Европы:

МАДРИД – ТОРГОВЫЙ ЦЕНТР

АФИНЫ – БОЛЬШОЕ ОФИСНОЕ ЗДАНИЕ

ЛОНДОН – БОЛЬНИЦА

1. ТОРГОВЫЙ ЦЕНТР В МАДРИДЕ

На схеме (рис. 13) представлено типичное коммерческое здание с большими магазинами. Климат в месте расположения – южно-средиземноморский с признаками континентального ввиду нахождения Мадрида в центре полуострова.

РИС. 13: СХЕМА МОДЕЛИРУЕМОГО ТОРГОВОГО ЦЕНТРА В МАДРИДЕ



ТАБЛИЦА 1: ХАРАКТЕРИСТИКИ ЗДАНИЯ

Описание	Значение	Единицы измерения
Площадь основания здания	16 500	м ²
Площадь поверхности крыши	16 500	м ²
Высота здания	16	м ²
Площадь непрозрачной поверхности	8500	м ²
Площадь прозрачной поверхности (крыша + боковые стены)	1300	м ²
Расположение магазинов	2 этажа - цокольный этаж (частично)	
Площадь магазинов	35 000	м ²
Тепловая нагрузка (освещение)	5	Вт/м ²
Тепловая нагрузка (посетители)	140	Вт/чел.
Первичный воздух	10	л/(с чел.)
Макс. вместимость здания	3500	чел.

Основные геометрические данные приведены в табл. 1 вместе с некоторыми сведениями, относящимися к внутренним нагрузкам. Они необходимы для теплового моделирования почасового распределения производительности по охлаждению.

Здание не массивное, светлое, используется в основном в коммерческих целях. Значения, связанные с общей теплопередачей наружных стен, приведены в табл. 2:

ТАБЛИЦА 2: ТЕПЛОВЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ СТЕН ПО ПЕРИМЕТРУ

Описание	Значение	Единицы измерения
Общий коэффициент пропускания бетонной поверхности	0,7	Вт/(м ² К)
Общий коэффициент пропускания стеклянной поверхности	3,5	Вт/(м ² К)

И, наконец, для модели задали следующие значения, связанные с использованием здания и пребыванием в нем людей по часам и неделям:

- 18 часов в сутки: 12 часов – открыто для посетителей, 6 часов работы по снабжению и обслуживанию
- наивысшие показатели пребывания в помещениях людей – по субботам и воскресеньям (рис. 13)
- наивысшие показатели пребывания в помещениях людей – в середине дня, с небольшим снижением во время обеденного перерыва (рис. 12 и 13)
- учитывая важную функцию здания, не будет лишним учесть сезонные особенности пребывания в нем людей и профилей использования, которые в данном случае оказываются одинаковыми на протяжении всего года.

РИС. 12: ПОКАЗАТЕЛИ ЕЖЕДНЕВНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ И ПРЕБЫВАНИЯ В ПОМЕЩЕНИЯХ ЛЮДЕЙ В РАБОЧИЕ ДНИ

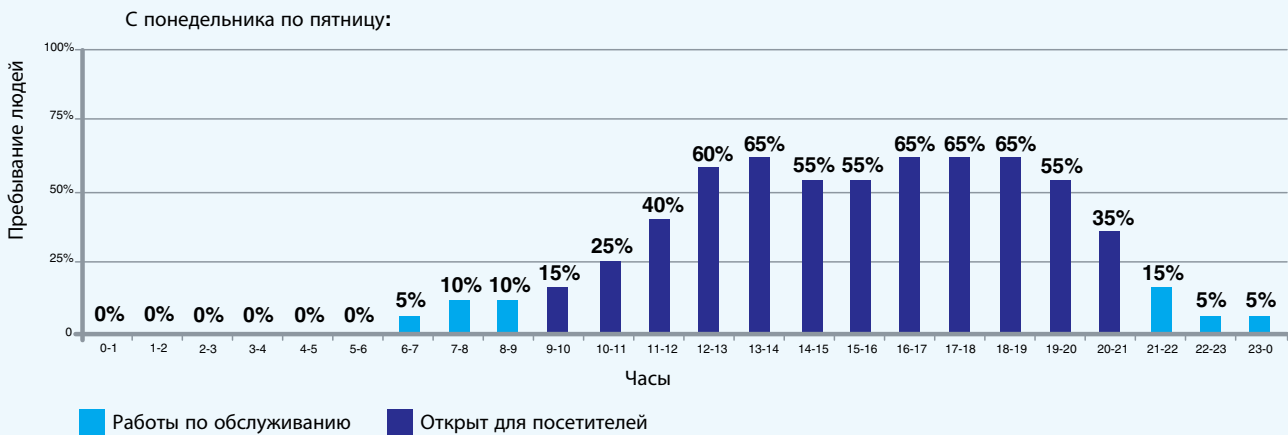
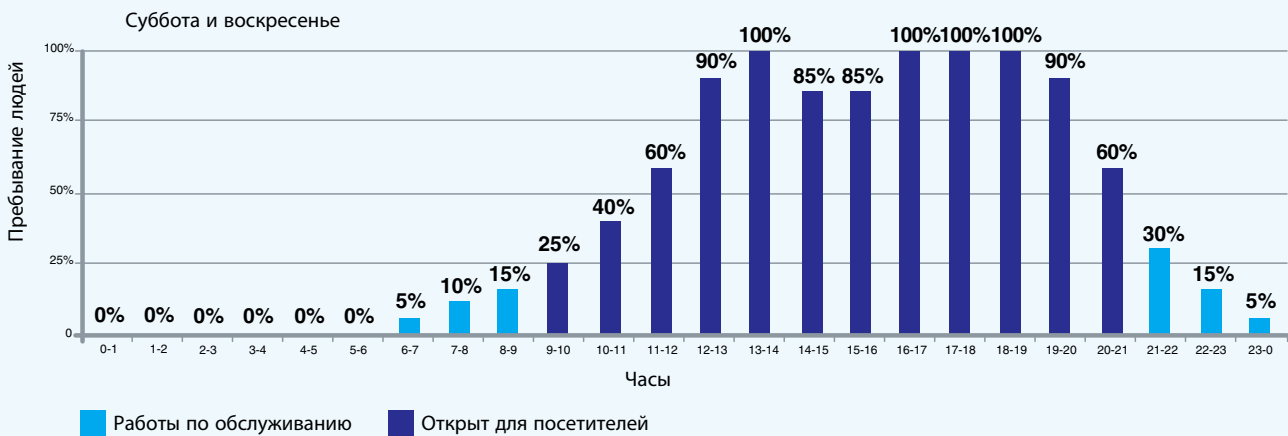
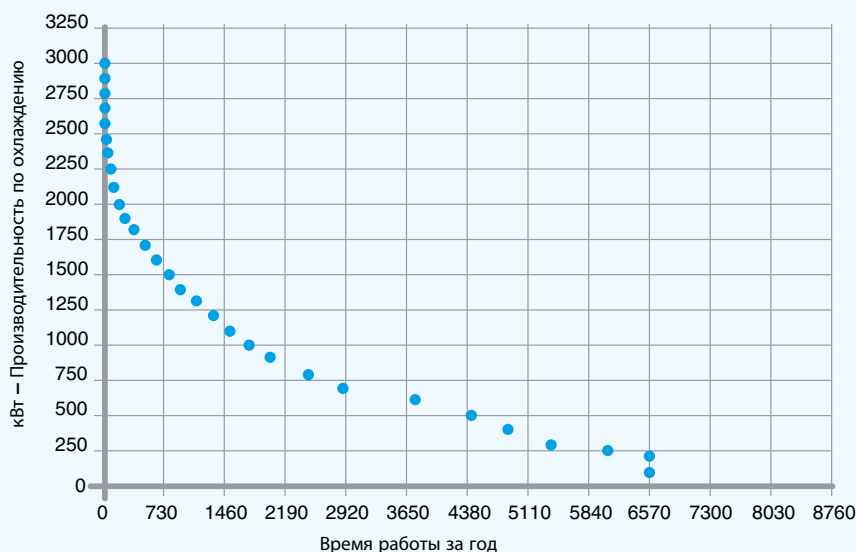


РИС. 13: ПОКАЗАТЕЛИ ЕЖЕДНЕВНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ И ПРЕБЫВАНИЯ В ПОМЕЩЕНИЯХ ЛЮДЕЙ В ВЫХОДНЫЕ ДНИ



Учитывая все эти данные и почасовые сведения о погоде в Мадриде, было проведено моделирование по часам в течение всего года (8760 часов в год), которое предоставило следующее частотно-временное распределение производительности по охлаждению (см. рис. 14).

РИС. 14: ЧАСТОТНО-ВРЕМЕННОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ТРЕБУЕМОЙ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ПО ОХЛАЖДЕНИЮ В ТЕЧЕНИЕ ГОДА



Под «частотно-временным распределением производительности по охлаждению» понимается общее количество часов (из 8760 часов в году), на протяжении которых пользователями системы вентиляции и кондиционирования создается определенная нагрузка по охлаждению.

Тщательный анализ кривой этого распределения (рис. 14 – для торгового центра в Мадриде) вместе с практическим опытом специалиста по проектированию позволяют сосредоточить внимание на рассмотрении определенных решений и показателей энергоэффективности, отбросив другие возможности.

Конкретнее, из графика видно:

- самая высокая требуемая производительность по охлаждению составляет 3100 кВт
- отсутствие годовой «базовой нагрузки», поскольку в течение 6570 часов в год (система кондиционирования воздуха в здании работает около 9 месяцев в году) минимальная создаваемая пользователями нагрузка не превышает 200 кВт
- частота требуемой производительности по охлаждению имеет правильную параболическую форму по всему распределению производительности
- самая высокая производительность по охлаждению нужна пользователям примерно в течение десяти часов в год, причем для нагрузок около 3 МВт этот промежуток времени еще меньше

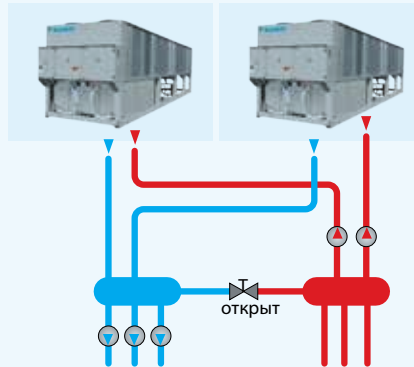
Такое распределение частоты показывает, что установка работает с нагрузками ниже номинальной (около 3100 кВт в режиме охлаждения) в течение большей части часов работы за год (около 6570 ч/год).

Таким образом, необходимо сосредоточить внимание на промышленных холодильных машинах, оптимизированных для работы при частичной нагрузке, а также рассмотреть холодильные машины с инверторным регулированием холодопроизводительности.

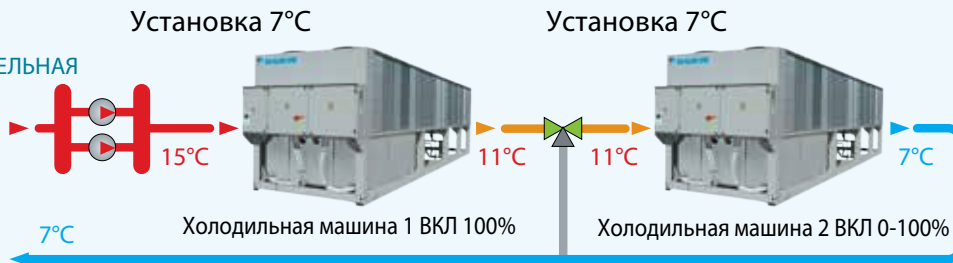
Следующий этап этого процесса направлен на определение окончательного проекта наиболее эффективной установки вентиляции и кондиционирования. Это касается гидравлической конфигурации групп холодильных машин, поскольку требуемая номинальная нагрузка по охлаждению обуславливает выбор, по меньшей мере, 2 холодильных машин, причем, как рекомендуется, одинакового типоразмера (рис. 15).

РИС. 15: ГИДРАВЛИЧЕСКИЕ КОНФИГУРАЦИИ

ПАРАЛЛЕЛЬНАЯ

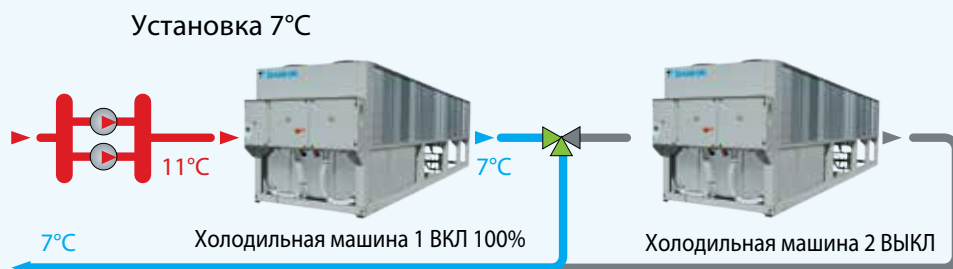


ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНАЯ



Теперь следует определить, обеспечивает ли «последовательная» установка лучшие энергетические характеристики, чем классическая «параллельная», с учетом высокого значения температуры охлажденной воды, производимой первой холодильной машиной, когда требуемая нагрузка на 50% превышает проектное значение для установки. Следует отметить, что при «последовательной» установке двух агрегатов одинакового типоразмера, если нагрузка меньше 50% номинальной производительности по охлаждению, первая холодильная машина несет на себе всю нагрузку по охлаждению. Таким образом, холодильная машина должна обеспечивать требуемое значение установки для охлажденной воды (рис. 16). Здесь не может быть никакого энергетического преимущества для первого блока в связи с более высокой температурой испарения хладагента внутри испарителя.

РИС. 16: ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНАЯ КОНФИГУРАЦИЯ С НАГРУЗКОЙ ПО ОХЛАЖДЕНИЮ МЕНЕЕ \leq 50% НОМИНАЛЬНОЙ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ПО ОХЛАЖДЕНИЮ



Для выбора наилучшего решения необходимо выполнить энергетическое моделирование для обеих систем, с почасовыми данными и рассмотрением той части установки, которая обеспечивает холодопроизводительность (рис. 17).

РИС. 17: РЕЗУЛЬТАТЫ СРАВНИТЕЛЬНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ

УСТАНОВКА	Последовательная		Параллельная	
	УПРАВЛЕНИЕ		УПРАВЛЕНИЕ	
Месяцы	Эксплуатационные расходы: Евро	Эксплуатационные расходы: кг CO ₂	Эксплуатационные расходы: Евро	Эксплуатационные расходы: кг CO ₂
Январь	4603	17 538	4603	17 538
Февраль	4355	16 857	4355	16 857
Март	5510	21 845	5510	21 845
Апрель	8277	31 731	8130	31 032
Май	18 877	74 117	18 164	67 696
Июнь	23 656	91 618	21 367	83 094
Июль	23 336	87 891	21 264	80 235
Август	20 613	78 585	19 438	73 798
Сентябрь	13 396	52 113	12 909	50 034
Октябрь	8771	33 817	8697	33 375
Ноябрь	5627	21 906	5627	21 906
Декабрь	4727	18 289	4727	18 289
	142 748	546 308	134 792	515 700



Результаты моделирования однозначны. Они указывают на то, что ранее описанная параллельная гидравлическая конфигурация со ступенчатым управлением (рис. 6) обеспечивает 6% экономию по сравнению с последовательной конфигурацией.

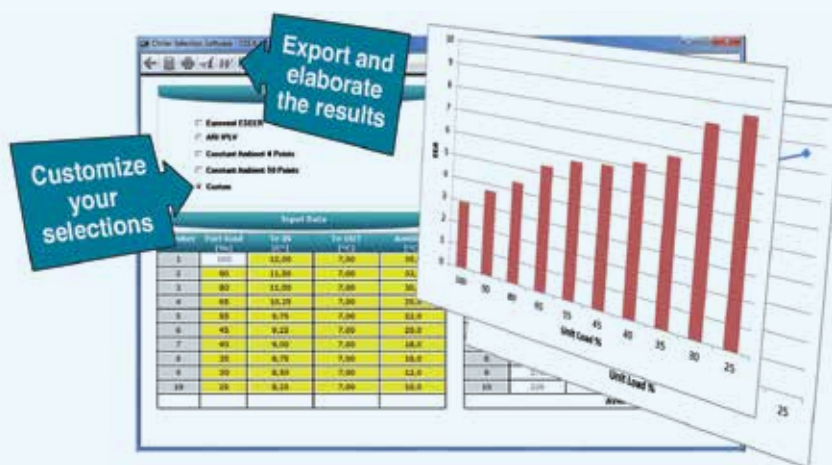
Следует отметить, что меньшие расходы на эксплуатацию холодильных машин означают меньшее количество потерянных впустую кВтч электроэнергии в год. Учитывая то, что электроэнергия обычно генерируется на традиционных тепловых электростанциях, выбрасывающих в атмосферу углекислый газ (CO₂), расходование меньшего количества энергии означает снижение выбросов CO₂. В связи с этим важным аспектом преимущества «параллельной» конфигурации состоят в добавлении 30,6 тонн CO₂ в фонд экономии выбросов углекислого газа для использования в следующие годы, а в еще лучшем случае – в предотвращении этих выбросов.

После того, как экономические выгоды параллельной установки были определены, что означает огромный шаг на пути к оптимизации проекта, давайте сосредоточим внимание на управлении системой.

Как лучше всего распределить общую нагрузку между двумя установленными агрегатами в параллельной конфигурации?

В соответствии с нашим предыдущим анализом (рис. 6, 9) управление агрегатами, установленными в параллельной гидравлической конфигурации, может осуществляться последовательным ступенчатым способом (рис. 6) или путем параллельного распределения общей нагрузки, одновременно на всех холодильных машинах в первичном контуре (рис. 9).

Как и раньше, помочь нам выбрать может только компьютерное моделирование. Следует иметь в виду, что такое сложное моделирование может выполняться только при использовании точных и достоверных данных о работе холодильных машин в различных условиях. Таким образом, только производитель холодильных машин, выпускающий программное обеспечение для энергетического анализа работы своих агрегатов, предоставляет специалистам по проектированию систем вентиляции и кондиционирования эффективные средства для оптимизации установки в соответствии с подходом, описанным в данном разделе бюллетеня.



Результаты моделирования энергетических показателей демонстрируют, что управление холодильными машинами посредством сбалансированного и одновременного распределения нагрузки между двумя инверторными блоками обеспечивает 6% снижение годовых расходов на энергию по сравнению со «ступенчатым управлением». Экономия энергии означает сохранение окружающей среды. Такая стратегия управления и распределения нагрузки между холодильными машинами позволяет избежать 28 364 кг выбросов CO₂ в каждый последующий год эксплуатации оборудования.

РИС. 18: РЕЗУЛЬТАТЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ ДЛЯ СРАВНЕНИЯ СТУПЕНЧАТОГО И ОДНОВРЕМЕННОГО УПРАВЛЕНИЯ ПАРАЛЛЕЛЬНОЙ УСТАНОВКОЙ

УСТАНОВКА	ВСЕ ИНВЕРТОРНЫЕ			
	Ступени		Параллельная	
УПРАВЛЕНИЕ	Ступени		Одновременное	
Месяцы	Евро	кг CO ₂	Евро	кг CO ₂
Январь	4603	17 538	4440	16 939
Февраль	4355	16 857	4202	16 279
Март	5510	21 845	5307	21 008
Апрель	8130	31 032	7754	29 637
Май	18 164	67 696	17 026	63 689
Июнь	21 367	83 094	20 473	79 951
Июль	21 264	80 235	19 850	75 311
Август	19 438	73 798	17 707	67 827
Сентябрь	12 909	50 034	11 967	46 561
Октябрь	8697	33 375	8212	31 528
Ноябрь	5627	21 906	5388	20 935
Декабрь	4727	18 289	4561	17 669
	134 792	515 700	126 886	487 336

Чтобы завершить анализ этого первого применения, можно констатировать, что процесс оптимизации энергопотребления привел нас к выводу о необходимости выбора следующей первичной установки:

- параллельная гидравлическая установка с 2 или 3 холодильными машинами одного типоразмера и уровня эффективности
- холодильные машины, оснащенные компрессорами с инверторным приводом
- стратегия распределения нагрузки, предусматривающая сбалансированное и одновременное распределение общей производительности по охлаждению между всеми агрегатами в первичном контуре, за исключением одного резервного (при наличии)

2. ОФИСНОЕ ЗДАНИЕ В АФИНАХ

Здание имеет вид (рис. 19) типичного бизнес-центра, с офисами и обслуживающими компаниями.



Основные геометрические данные здания приведены в табл. 3 вместе со сведениями, относящимися к внешним нагрузкам. Они необходимы для теплового моделирования почасового распределения производительности по охлаждению.

ТАБЛИЦА 3: ХАРАКТЕРИСТИКИ ЗДАНИЯ

Описание	Значение	Единицы измерения
Площадь основания здания	16 500	м ²
Площадь поверхности крыши	16 500	м ²
Высота здания	16	м ²
Площадь непрозрачной поверхности	8500	м ²
Площадь прозрачной поверхности (крыша + боковые стены)	1300	м ²
Расположение магазинов	2 этажа - цокольный этаж (частично)	
Площадь магазинов	35 000	м ²
Тепловая нагрузка (освещение)	5	Вт/м ²
Тепловая нагрузка (посетители)	140	Вт/чел.
Первичный воздух	10	л/(с чел.)
Макс. вместимость здания	3500	чел.

Значения общей теплопередачи стен по периметру приведены в табл. 4:

ТАБЛИЦА 4: ТЕПЛОВЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ СТЕН ПО ПЕРИМЕТРУ

Описание	Значение	Единицы измерения
Общий коэффициент пропускания бетонной поверхности	0,5	Вт/(м ² К)
Общий коэффициент пропускания стеклянной поверхности	2,8	Вт/(м ² К)

И, наконец, для модели задали следующие значения, связанные с использованием здания и пребыванием в нем людей по часам, а также сезонам использования системы кондиционирования:

- 11 часов в сутки, с 8 утра до 7 вечера
- наибольшие показатели присутствия людей в рабочие дни (рис. 20)
- отсутствие людей в выходные дни (рис. 21)
- использование системы кондиционирования только в течение 5 месяцев в году: с мая по сентябрь

РИС. 20: ПОКАЗАТЕЛИ ЕЖЕДНЕВНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ И ПРЕБЫВАНИЯ В ПОМЕЩЕНИЯХ ЛЮДЕЙ В РАБОЧИЕ ДНИ

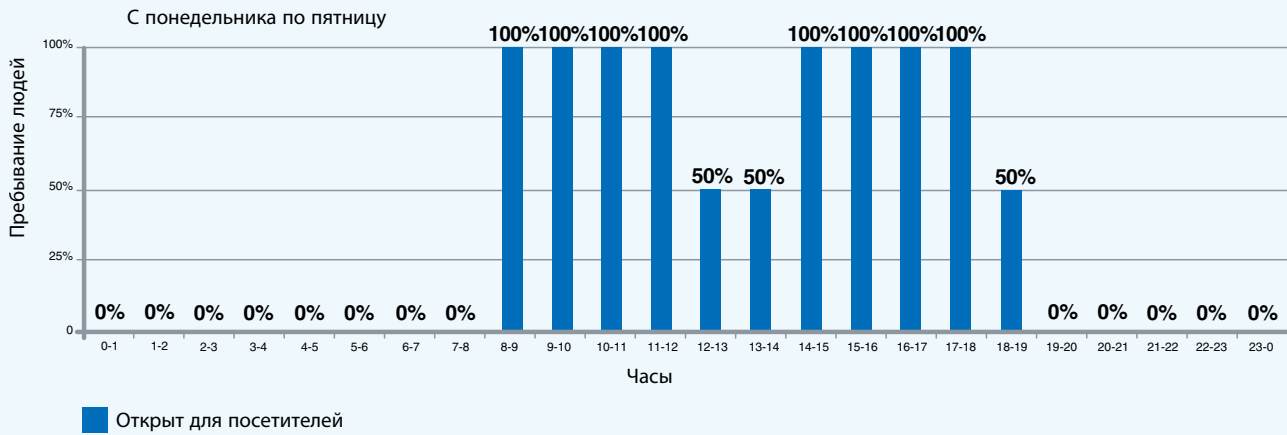
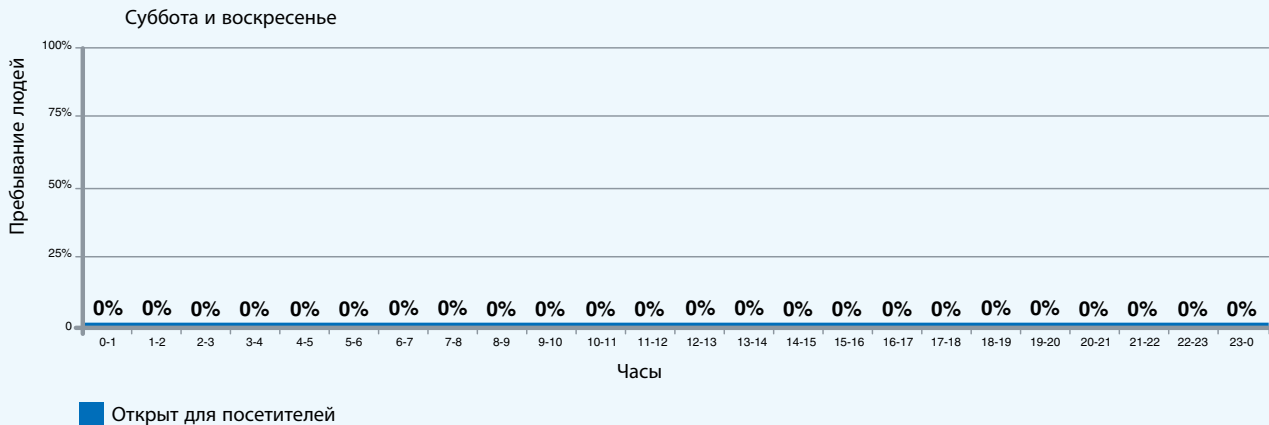
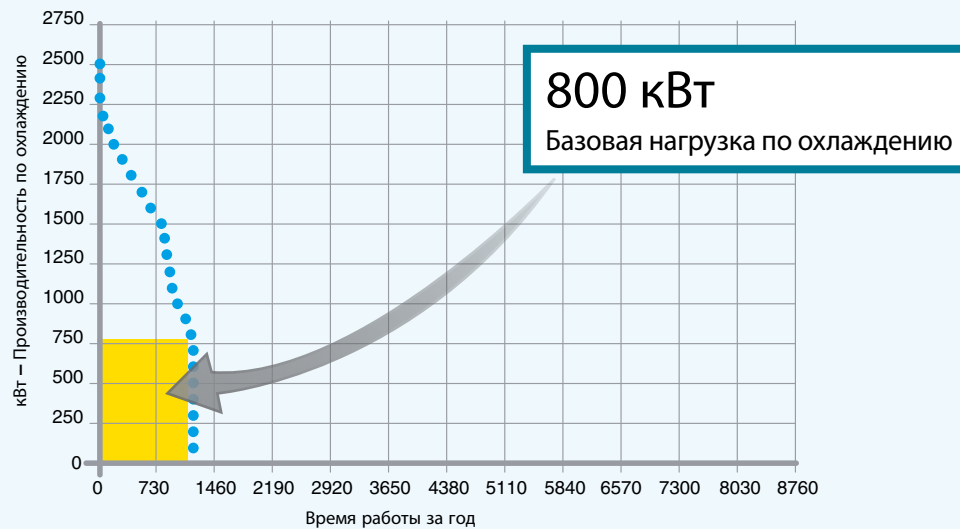


РИС. 21: ПОКАЗАТЕЛИ ЕЖЕДНЕВНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ И ПРЕБЫВАНИЯ В ПОМЕЩЕНИЯХ ЛЮДЕЙ В ВЫХОДНЫЕ ДНИ



Учитывая эти данные и погодные условия в Афинах, было проведено тепловое моделирование по часам в течение всего года (8760 часов в год), которое предоставило следующее частотно-временное распределение производительности по охлаждению (см. рис. 22).

РИС. 22: ЧАСТОТНО-ВРЕМЕННОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ТРЕБУЕМОЙ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ПО ОХЛАЖДЕНИЮ В ТЕЧЕНИЕ ГОДА



Анализируя график распределения производительности по охлаждению летом, можно увидеть:

- 2500 кВт – максимальное значение производительности по охлаждению, которая может потребоваться в течение года
- 800 кВт – минимальная нагрузка, в основном за счет обработки воздуха вентиляционными установками
- 800 кВт – базовая нагрузка в распределении производительности системы вентиляции и кондиционирования на протяжении почти всех часов работы за год (рис. 22)

Такое частотное распределение показывает, что установка вентиляции и кондиционирования должна обеспечивать не менее 800 кВт. Таким образом, установка одной холодильной машины, работающей с «базовой нагрузкой по охлаждению», может быть наилучшим решением.

Такой агрегат никогда не будет работать при частичной нагрузке, а, скорее, при полной нагрузке.

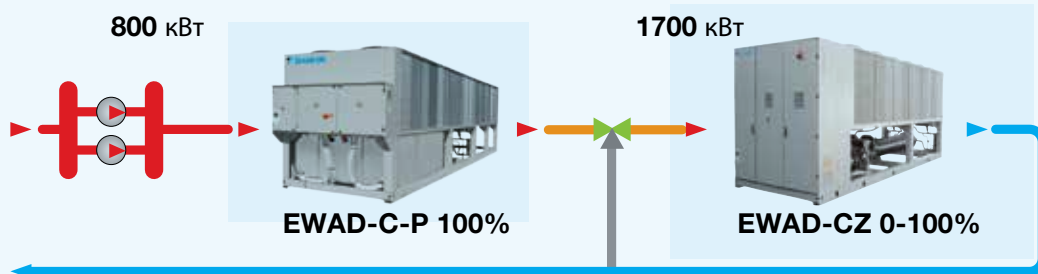
Следовательно, своеобразный профиль энергоэффективности в данном применении приводит нас к выводу о необходимости выбрать холодильную машину, разработанную и оптимизированную для работы при полной, а не частичной нагрузке.



EWAD-C-P

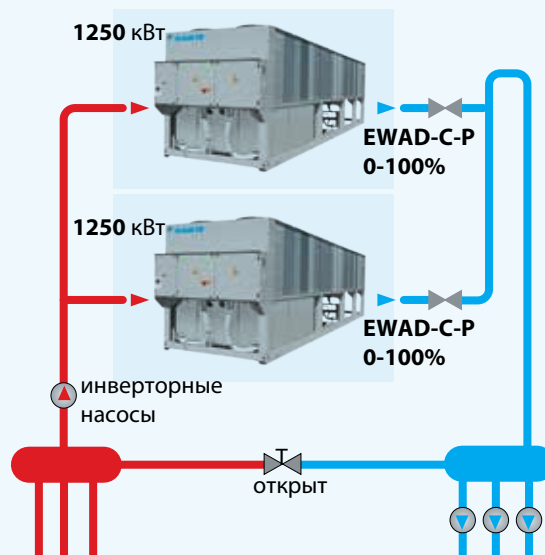
Что касается гидравлической установки такого агрегата, оптимизированного для работы при полной нагрузке, рекомендуется последовательная конфигурация (рис. 23) с приоритетной холодильной машиной, которая будет обеспечивать «базовую нагрузку» (блок выше по потоку). За ней должна быть установлена холодильная машина другого типа – оптимизированная для работы при частичной нагрузке. Этот второй агрегат должен обеспечивать установку температуры охлажденной воды, добавляя свою холодопроизводительность к результатам работы первого агрегата, эксплуатируемого при 100% нагрузке и не способного обеспечить требуемую температуру.

РИС. 23: ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ ВАРИАНТ С ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОЙ КОНФИГУРАЦИЕЙ ХОЛОДИЛЬНОЙ МАШИНЫ EWAD-C-P ИЛИ EWAD-CZ



Поскольку «базовая нагрузка» составляет всего 32% от 2500 кВт пиковой нагрузки, а в течение оставшихся часов в году холодильные машины должны работать при частичной нагрузке, скорее всего, использование блока EWAD-C-P сможет обеспечить более высокую эффективность. В этом случае параллельные гидравлические установки (рис. 24) блоков EWAD-C-P вместе со «ступенчатой» стратегией распределения нагрузки могут стать правильным решением.

РИС. 24: СХЕМА РЕВЕРСНОГО ВОЗВРАТНОГО ТРУБОПРОВОДА ПРИ УСТАНОВКЕ ДВУХ БЛОКОВ EWAD-C-P ОДНОГО ТИПОРАЗМЕРА



И вновь, выбор оборудования необходимо осуществлять, используя почасовое моделирование энергопотребления, основанное на почасовой потребности в охлаждении, данных о погодных условиях, а также имеющейся в наличии достоверной и точной базы данных, относящихся к энергоэффективности холодильных машин, участвующих в сравнении.

РИС. 25: ПОЧАСОВОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЭНЕРГОПОТРЕБЛЕНИЯ ЗА ГОД ПРИ СРАВНЕНИИ ПАРАЛЛЕЛЬНОЙ/ОДНОВРЕМЕННОЙ И ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОЙ/СТУПЕНЧАТОЙ КОНФИГУРАЦИЙ

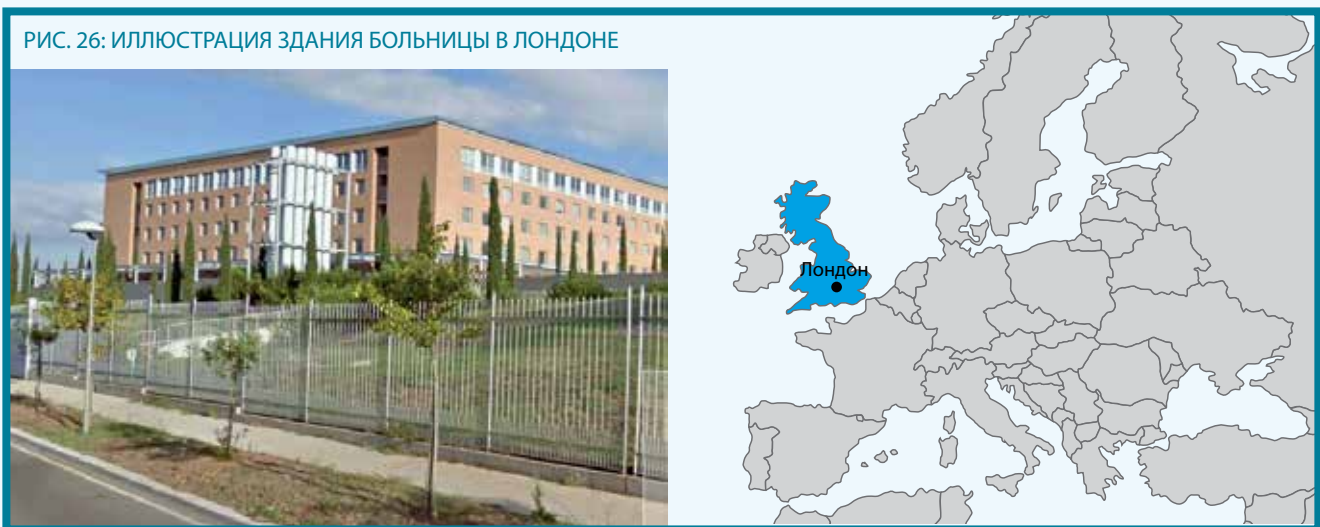
УСТАНОВКА УПРАВЛЕНИЕ	ВСЕ ИНВЕРТОРНЫЕ		ПРЕМИУМ + ИНВЕРТОР	
	Параллельная	Одновременное	Последовательная	Ступени
Месяцы	Евро	кг CO ₂	Евро	кг CO ₂
Январь	-	0	-	0
Февраль	-	0	-	0
Март	-	0	-	0
Апрель	-	0	-	0
Май	14 064	46 880	13 147	43 824
Июнь	13 882	46 272	12 816	42 719
Июль	15 083	50 278	13 985	46 616
Август	13 216	44 053	12 347	41 158
Сентябрь	9815	32 717	9468	31 560
Октябрь	-	0	-	0
Ноябрь	-	0	-	0
Декабрь	-	0	-	0
	66 060	220 201	61 763	205 877

Результаты моделирования показателей энергопотребления указывают на наличие значительной базовой нагрузки (800 кВт), сконцентрированной в самые жаркие часы года (светлые часы суток в течение 5 летних месяцев) и идеально соответствующей уровням энергоэффективности агрегата «Премиум», работающего при полной нагрузке. Эти блоки – холодильные машины со значениями EER при полной нагрузке, превышающими аналогичные показатели для инверторных блоков на 15%. Остальная часть профиля частоты распределения производительности по часам (рис. 22), с его обычной параболической формой, говорит в пользу энергетических характеристик инверторных блоков.

Моделирование показывает, что использование агрегатов «Премиум» производительностью 800 кВт, обеспечивающих базовую нагрузку и работающих большую часть времени на все 100%, с последующими последовательно соединенными инверторными блоками, задействуемыми при превышении базового уровня, позволяет достигнуть экономии до 11%. Это позволяет избежать выброса свыше 14 500 кг CO₂ в атмосферу каждый год.

3. БОЛЬНИЦА В ЛОНДОНЕ

Рассмотрим третье применение – больницу в г. Лондон. Здание (рис. 26) имеет форму параллелепипеда со множеством окон, которые обеспечивают достаточное естественное освещение в помещениях.



Основные геометрические данные здания приведены в табл. 5 вместе с некоторыми сведениями, относящимися к внешним нагрузкам. Они необходимы для энергетического моделирования почасового распределения потребности в охлаждении.

ТАБЛИЦА 5: ХАРАКТЕРИСТИКИ ЗДАНИЯ

Описание	Значение	Единицы измерения
Площадь основания здания	27 000	м ²
Площадь поверхности крыши	27 000	м ²
Высота здания	20	м
Площадь непрозрачной поверхности	20 000	м ²
Площадь прозрачной поверхности (крыша + боковые стены)	10 000	м ²
Расположение магазинов	4	
Площадь магазинов	100 000	м ²
Тепловая нагрузка (освещение)	7	Вт/м ²
Тепловая нагрузка (посетители)	120	Вт/чел.
Первичный воздух	12	л/(с чел.)
Макс. вместимость здания	9000	чел.

Что касается общей теплопередачи крыши и стен по периметру, мы использовали значения в табл. 6, которые налагают большие ограничения чем указанные ранее, ввиду особого значения и качества рассматриваемого здания.

ТАБЛИЦА 6: ТЕПЛОВЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ СТЕН ПО ПЕРИМЕТРУ И КРЫШИ

Описание	Значение	Единицы измерения
Общий коэффициент пропускания бетонной поверхности	0,4	Вт/(м ² К)
Общий коэффициент пропускания стеклянной поверхности	2,4	Вт/(м ² К)

И, наконец, для модели задали следующие значения, связанные с использованием здания и пребыванием в нем людей по часам, а также сезонам использования системы кондиционирования (рис. 27 и 28), которые учитывают назначение здания:

- круглосуточное использование здания
- работа системы кондиционирования на протяжении 8760 часов в году, т.е. каждый день в течение всего года
- максимальные показатели присутствия людей соответствуют дневному времени в рабочие дни

РИС. 27: ПОКАЗАТЕЛИ ЕЖЕДНЕВНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ И ПРЕБЫВАНИЯ В ПОМЕЩЕНИЯХ ЛЮДЕЙ В РАБОЧИЕ ДНИ

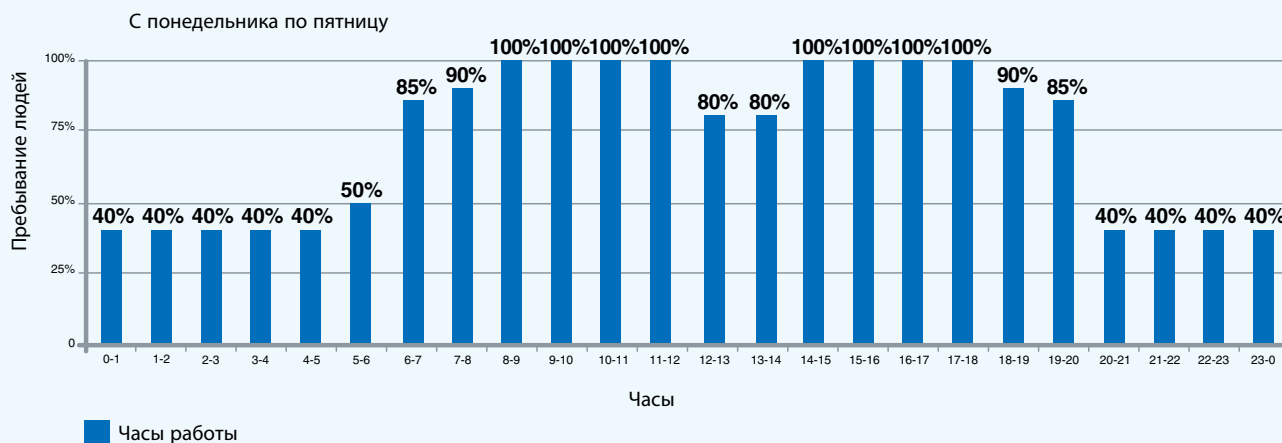
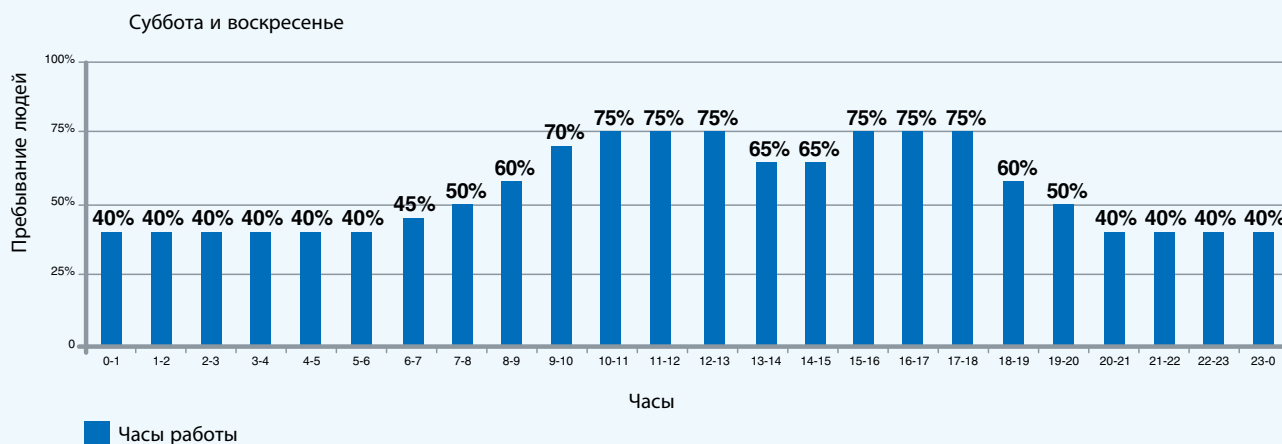


РИС. 28: ПОКАЗАТЕЛИ ЕЖЕДНЕВНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ И ПРЕБЫВАНИЯ В ПОМЕЩЕНИЯХ ЛЮДЕЙ В ВЫХОДНЫЕ ДНИ



В основном из-за своего назначения и функций здание имеет высокий показатель присутствия людей в течение всех 8760 часов в году, который достигает пиковых уровней в дневные часы рабочих дней, когда, помимо обычного ухода за пациентами больницы, медицинские услуги предоставляются и другим посетителям.

Тепловое моделирование за год, выполненное на основании предоставленных данных, почасовых значений Твл.т. и HR% для Лондона, показало, что пиковая производительность по охлаждению составляет 6,3 МВт, а частотное распределение нагрузки соответствует графику на рис. 29.

РИС. 29: ЧАСТОТНОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ПО ОХЛАЖДЕНИЮ ПО ЧАСАМ РАБОТЫ НА ПРОТЯЖЕНИИ ГОДА

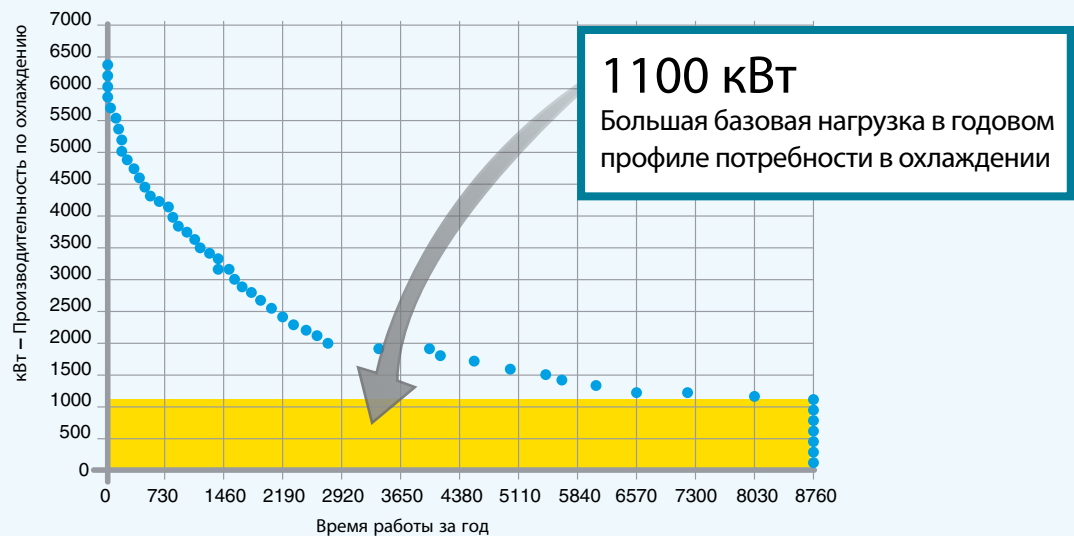


График подтверждает то, что уже было сказано о функции здания: больница отличается высокими показателями присутствия людей в течение всего года (одни палаты составляют значительную нагрузку). Таким образом, необходимо охлаждение в течение всех 8760 часов для обработки воздуха и соответствия всем метаболическим и электрическим нагрузкам, создаваемым оборудованием и освещением.

Тем не менее, следует отметить, что выполненное для здания тепловое моделирование, результаты которого показаны на рис. 29, учитывает тепловые нагрузки только с точки зрения охлаждения. Оно не принимает во внимание зимние потери тепла через внешние стены и окна, которые часто снижают, компенсируют или даже превышают внешние тепловые нагрузки. Учет таких потерь приведет к необходимости снижения производительности по охлаждению, по меньшей мере, в течение зимних ночей.

Таким образом, давайте сделаем некоторые предположения в отношении возможной конфигурации первичного контура. Этот контур должен быть в состоянии обеспечить до 6300 кВт в качестве пиковой производительности по охлаждению.

Наличие значительной «базовой нагрузки по охлаждению» на графике частотно-временного распределения (рис. 29) говорит в пользу использования агрегата с высокой номинальной производительностью (работающего со 100% нагрузкой), как и в случае офисного здания в Афинах. Таким требованиям отвечает только EWAD-CP. Этот блок должен иметь приоритет по нагрузке, поэтому его следует установить последовательно с другими, расположив «выше по потоку» от них, чтобы он первым охлаждал воду, поступающую от вторичных блоков (рис. 30).



Что касается значений производительности по охлаждению свыше 1100 кВт, график на рис. 29 имеет обычную параболическую форму. Такой профиль требует использования холодильных машин, оптимизированных для работы при частичной нагрузке, т.е. инверторных блоков.

Поскольку часть производительности по охлаждению, превышающей базовую нагрузку, составляет 5200 кВт (6300 - 1100), желательно установить 3 холодильные машины с инверторным управлением в параллельной конфигурации, по 1700 кВт каждая.

Следует напомнить, что, учитывая важность и критичность применения, необходимый запас установленных компонентов может потребовать наличия 4 меньших холодильных машин с инверторным управлением и производительностью 1300 кВт каждая (рис. 31).

РИС. 30: ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНО-ПАРАЛЛЕЛЬНАЯ УСТАНОВКА

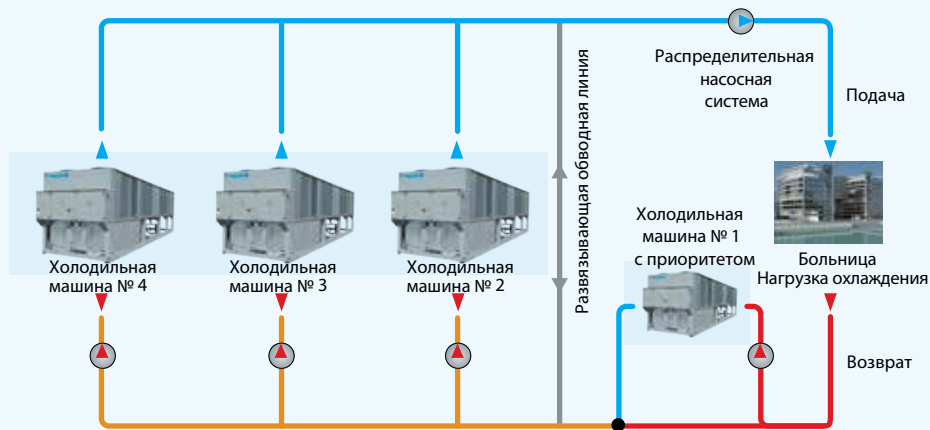
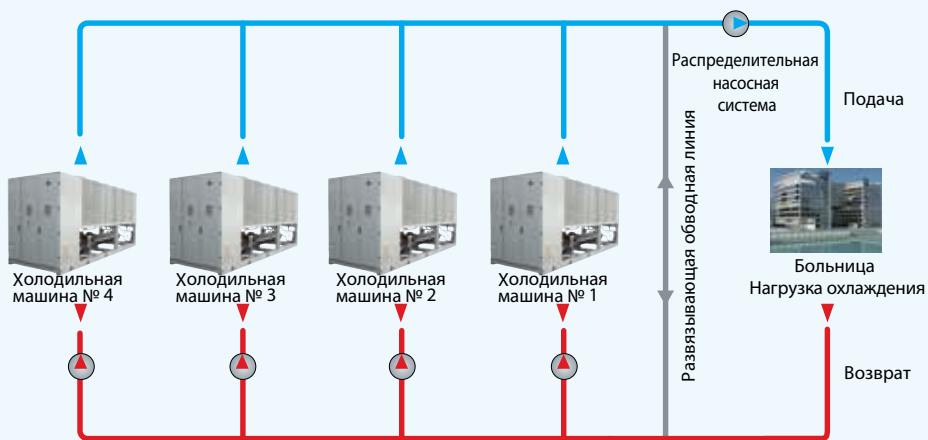


РИС. 31: ПАРАЛЛЕЛЬНАЯ УСТАНОВКА ИНВЕРТОРНЫХ БЛОКОВ



Что касается распределения производительности по охлаждению между агрегатами в первичном контуре, оно должно быть:

- последовательным «ступенчатым» для последовательной установки холодильной машины «Премиум» с последующим инверторным блоком в параллельной гидравлической конфигурации (рис. 30);
- «параллельным» одновременным для всех холодильных машин, установленных в параллельной гидравлической конфигурации, за исключением резервных блоков (при наличии) (рис. 31).

Моделирование энергопотребления, выполненное для двух возможных решений, результаты которых приведены на рис. 32, говорит о том, что предпочтительным является одновременное параллельное распределение производительности по охлаждению между несколькими инверторными холодильными машинами, установленными в параллельной гидравлической конфигурации.

Моделирование энергопотребления, выполненное для двух возможных решений, результаты которых приведены на рис. 32, говорит о том, что предпочтительным является одновременное параллельное распределение производительности по охлаждению между несколькими инверторными холодильными машинами, установленными в параллельной гидравлической конфигурации.

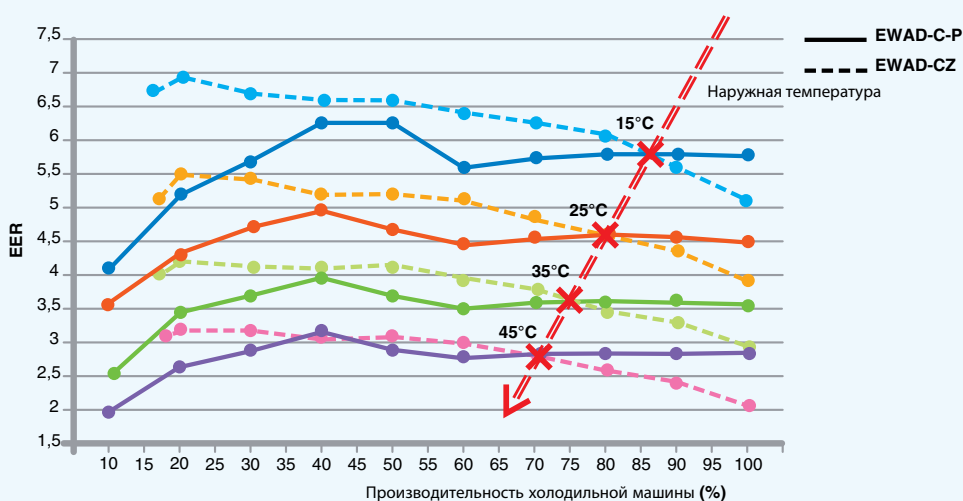
РИС. 32: МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭНЕРГОПОТРЕБЛЕНИЯ ДВУХ ВОЗМОЖНЫХ РЕШЕНИЙ

УСТАНОВКА	Последовательная			Параллельная		
	Ступени			Одновременное		
УПРАВЛЕНИЕ	ПРЕМИУМ + ИНВЕРТОР			ВСЕ ИНВЕРТОРНЫЕ		
Месяцы	кВтч эл/эн.	Евро	кг CO ₂	кВтч эл/эн.	Евро	кг CO ₂
Январь	148 643	18 860	74 321	132 797	16 969	66 399
Февраль	135 443	17 041	67 722	120 971	15 329	60 486
Март	158 158	19 692	79 079	141 825	17 780	70 912
Апрель	188 428	24 073	94 214	170 028	21 870	85 014
Май	376 957	49 398	188 478	332 070	43 617	166 035
Июнь	448 407	57 895	224 204	400 451	51 546	200 225
Июль	514 633	67 795	257 317	466 030	61 348	233 015
Август	476 475	62 519	238 238	429 179	56 261	214 589
Сентябрь	310 542	39 911	155 271	273 829	35 102	136 915
Октябрь	210 614	27 137	105 307	188 221	24 384	94 111
Ноябрь	155 601	19 642	77 801	139 545	17 734	69 773
Декабрь	150 281	18 862	75 140	134 234	16 979	67 117
	3 274 182	423 115	1 637 091	2 929 181	378 919	1 464 591

Из данных в таблице видно, что использование инверторных блоков в параллельной гидравлической конфигурации может обеспечить экономию до 11% в год, т.е. 350 000 евро за год. Это соответствует более чем 173 тоннам CO₂, которые не будут выброшены в атмосферу каждый год, и значительным экологическим преимуществам.

Этот результат может показаться противоречащим примеру Афин, рассмотренному нами ранее. Там агрегат «Премиум», несущий на себе базовую нагрузку, оказался лучшим решением с точки зрения энергопотребления. Тем не менее, противоречия здесь нет. На самом деле, полученный результат станет более понятным, если мы сравним кривые производительности блока «Премиум» и инверторной холодильной машины при изменении температуры снаружи (рис. 33). График, полученный при вводе данных производительности в программное обеспечение для моделирования показателей энергопотребления Daikin (CSS), демонстрирует важную особенность инверторных агрегатов по сравнению с блоками «Премиум». С точки зрения лучших показателей EER блоки «Премиум» обеспечивают более высокую энергоэффективность при повышении наружной температуры. Если наружная температура составляет 15°C, два агрегата имеют одинаковый EER примерно при 90% своей номинальной производительности, а если температура снаружи составляет 45°C, эти блоки будут иметь ту же энергоэффективности при 65% номинальной производительности.

РИС. 33: СРАВНЕНИЕ БЛОКОВ «ПРЕМИУМ» И ИНВЕРТОРНЫХ АГРЕГАТОВ



Преимущество обладающих высокой энергоэффективностью при полной нагрузке агрегатов, таких как «Премиум», при наличии базовой нагрузки в годовом распределении производительности по охлаждению, является очевидным в теплых климатических условиях (офисное здание в Афинах по сравнению с больницей в Лондоне) или в случаях, когда установка должна работать в течение самых жарких часов суток. Очевидно, что блоки «Премиум» лучше инверторных, когда холодильная машина должна работать при номинальной нагрузке (100% - 85%), например, в промышленных или технологических применениях.

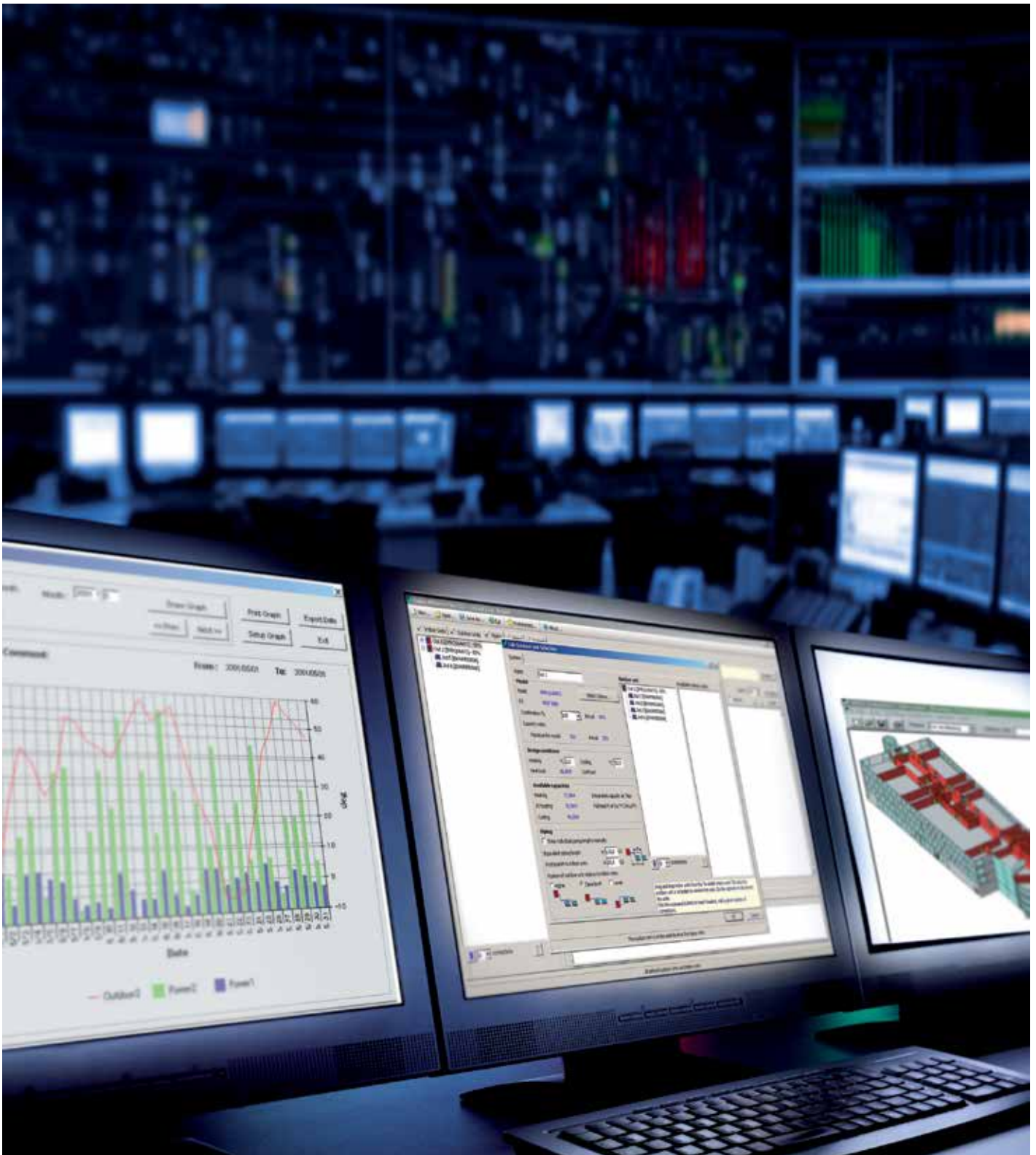


ВЫВОДЫ

Настоящий каталог ставит своей целью продемонстрировать, что не существует такого понятия, как единственная наилучшая холодильная машина, гидравлическая установка или стратегия управления оборудованием.

Это связано с огромным разнообразием потребностей в этой отрасли. Именно поэтому мы стремимся проектировать решения для важных проектов, предлагать различные варианты и идеи касательно используемых типов агрегатов или схем гидравлических систем.

Конкретный анализ показателей энергопотребления для каждого типа оборудования позволит предложить наилучшие решения, как с точки зрения общей энергоэффективности, так и с точки зрения охраны окружающей среды.



Компания Daikin Europe N.V. принимает участие в Программе сертификации Eurovent для жидкостных холодильных установок (LCP), вентиляционных установок (AHU) и фанкойлов (FCU). Проверьте текущий срок действия сертификата онлайн: www.eurovent-certification.com или перейдите к: www.certiflash.com

Настоящий каталог составлен только для справочных целей и не является предложением, обязательным для выполнения компанией Daikin Europe N.V. Его содержание составлено компанией Daikin Europe N.V. на основании сведений, которыми она располагает. Компания не предоставляет явных или подразумеваемых гарантий относительно полноты, точности, надежности или пригодности для определенной цели содержания публикации или указанных в ней продуктов и услуг. Технические характеристики могут изменяться без предварительного уведомления. Компания Daikin Europe N.V. отказывается от какой-либо ответственности за прямые или косвенные убытки, понимаемые в самом широком смысле, вытекающие из прямого или косвенного использования и/или трактовки данного каталога. На все содержание распространяется авторское право Daikin Europe N.V.

Продукция Daikin распространяется компанией: