Термически активированные системы зданий

Для экономии энергии на обогрев или охлаждение здания важным требованием является улучшение теплоизоляции защитных конструкций. Чем надёжнее теплоизоляция, тем лучше сохраняются тепло зимой и прохлада летом внутри оболочки здания. При этом не только экономится энергия, но и повышается температурный комфорт — состояние, при котором человек не задумывается о том, холодно ему или тепло.

Автор: Ю.А. ТАРАСЕНКО, руководитель направления «Энергоэффективность зданий» ООО «Сименс»

В городах люди проводят в зданиях порой до 80 % своего времени. Здания служат не только для амбиций архитектора, но и для защиты человека от негативного воздействия окружающей среды. (Хотя и окружающая среда нуждается в защите от негативного воздействия человека.)

Ограждающие конструкции, включающие в себя фундамент, стены и крышу, создают оболочку здания. Она защищает от внешних погодных воздействий внутренний микроклимат, создаваемый системами жизнеобеспечения, и влияет на ощущения температурного комфорта — одного из основных условий здорового микроклимата. Внешняя среда воздействует на здание температурными колебаниями, солнечным излучением, ветром, осадками и т.д. Оболочка здания должна выстоять под натиском всех этих неприятных для человека воздействий. Для экономии энергии на обогрев или охлаждение здания важным требованием является улучшение теплоизоляции защитных конструкций. Чем надёжнее теплоизоляция, тем лучше сохраняются тепло зимой и прохлада летом внутри оболочки здания. При этом не только экономится энергия, но и повышается температурный комфорт — состояние, при котором человек не задумывается о том, холодно ему или тепло. Хорошая теплоизоляция и толстые стены приводят к накоплению тепла, полученного также от внутренних источников: приборов освещения, офисной техники, людей и т.д.

На ощущение температурного комфорта влияет тепловое излучение стен и перекрытий. Если температура внутренней поверхности стены зимой равна 17 °C, то комнатная температура воздуха величиной 22 °C может ощущаться как 18 °C. Если же при плохой теплоизоляции температура внутренней поверхности стены равна 12 °C, то комнатная температура воздуха величиной 22 °C может ощущаться уже как 15 °C (рис. 1).

Внешняя среда воздействует на здание температурными колебаниями, солнечным излучением, ветром, осадками и т.д. Оболочка здания должна выстоять под натиском всех этих неприятных для человека воздействий. Для экономии энергии на обогрев или охлаждение здания важным требованием является улучшение теплоизоляции защитных конструкций. Чем надёжнее теплоизоляция, тем лучше сохраняются тепло зимой и прохлада летом внутри оболочки здания

Разница температуры воздуха и температуры внутренней поверхности стены зимой не должна превышать 10 °C. Эта разница также является показателем энергоэффективности. Чем она меньше, тем выше энергоэффективность. При этом предпочтителен принцип «тёплые стены, прохладный воздух».

Деятельность человека обычно связана с определённой частью помещения, называемой рабочей зоной. Ощущаемая температура в рабочей зоне является основным показателем температурного комфорта. Тепловой комфорт также зависит от условий, в которых находятся

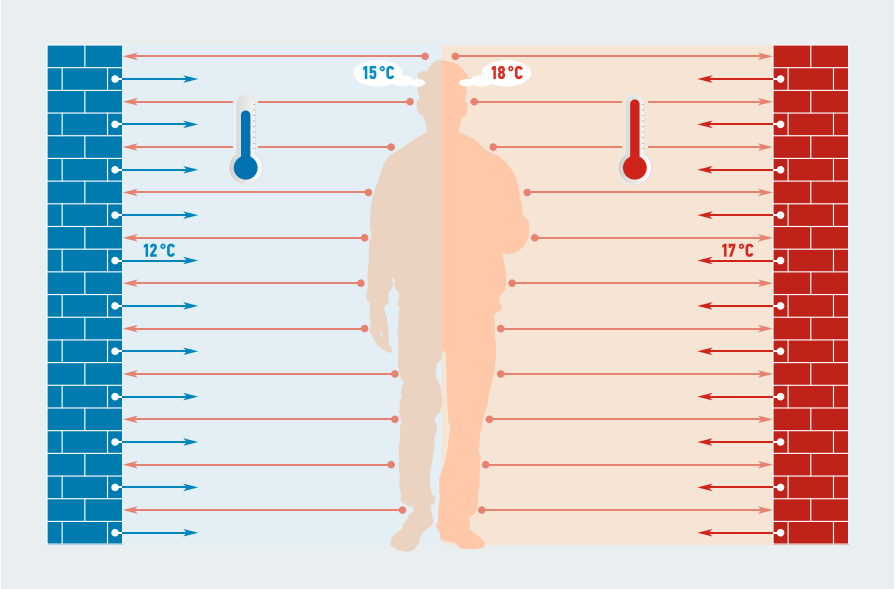

Рис. 1. Влияние теплового излучения на ощущение температурного комфорта

отдельные участки тела, особенно голова и ноги. Плохо, когда голова ощущает избыток тепла, а ноги — недостаток. Голова человека чувствительнее к тепловому излучению, а ноги — к температуре пола. Для температурного комфорта ног важную роль играют свойства теплоусвоения покрытия пола. Они характеризуются количеством тепла, отбираемого от ступней.

Важные свойства оболочки здания — её теплоёмкость и тепловое сопротивление. При расчёте материалов ограждающих конструкций необходимо учитывать эти две величины. Они влияют на тепловую инерционность здания, благодаря которой здание нагревается и охлаждается постепенно, а не скачкообразно. Тепловая инерционность здания выравнивает температурные колебания за счёт отложенной потребности в обогреве или охлаждении. Это содержит в себе большой энергосберегающий потенциал. Летом, например, можно компенсировать высокие дневные температуры низкими ночными температурами. В остальное время года, особенно в переходные сезоны — весной и осенью, теплоёмкость сглаживает влияние кратковременных колебаний температуры наружного воздуха на температуру в помещении. Для экономии на обогреве или охлаждении за счёт теплоёмкости конструкции здания применяются термически активированные системы — TABS. Это английская аббревиатура слов Thermally Activated Building System. Система TABS предназначена для обогрева или охлаждения воздуха в помещениях за счёт лучевого теплообмена между железобетонными перекрытиями и воздухом в помещениях.

Нагрев или охлаждение самого перекрытия регулируется путём циркуляции воды по замурованному в нем змеевику из полимерных труб (рис. 2).

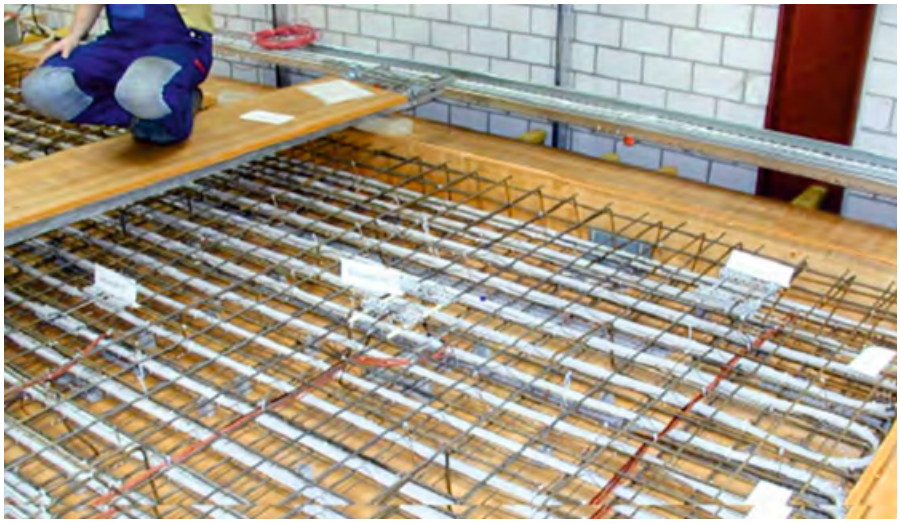

Рис. 2. Реальный объект компании «Сименс» в Цюрихе (декабрь 2006 года)

Обогрев системой TABS имеет ряд следующих отличий от традиционной системы отопления:

- отсутствие радиаторов, поскольку теплообменники находятся в перекрытиях;
- работа системы не круглосуточная, а только в период пониженного тарифа;
- работа насоса периодическая;
- регулирование осуществляется по средней температуре наружного воздуха за 24 часа;
- для обогрева помещения требуется маленькая разница между температурой излучающей поверхности перекрытия и требуемой температурой воздуха, вследствие чего затрачивается меньше энергии для обогрева, что позволяет использовать дешёвые альтернативные источники тепла;
- температурный комфорт в помещении оказывается выше, так как тепловое излучение от стен и перекрытий расширяет границы ощущения комфорта.

Важные свойства оболочки здания — её теплоёмкость и тепловое сопротивление. При расчёте материалов ограждающих конструкций необходимо их учитывать. Они влияют на тепловую инерционность здания, благодаря которой здание нагревается и охлаждается постепенно, а не скачкообразно. Тепловая инерционность здания выравнивает температурные колебания за счёт отложенной потребности в обогреве или охлаждении. Это содержит в себе большой энергосберегающий потенциал. Летом, например, можно компенсировать высокие дневные температуры низкими ночными

Теплообменники в перекрытиях можно использовать также для системы охлаждения летом (рис. 3).

Если накопительный максимум перекрытия не обеспечивает потребность помещения зимой в обогреве, а летом в охлаждении, то можно частично применять традиционные системы обогрева или охлаждения. Также возможно применение нетрадиционных систем, использующих энергию окружающей среды: воздуха, воды, грунта и др.

Правильное управление системой TABS с учётом инерционности конструкции здания и усреднения дневных и ночных перепадов температуры сокращает затраты энергии.

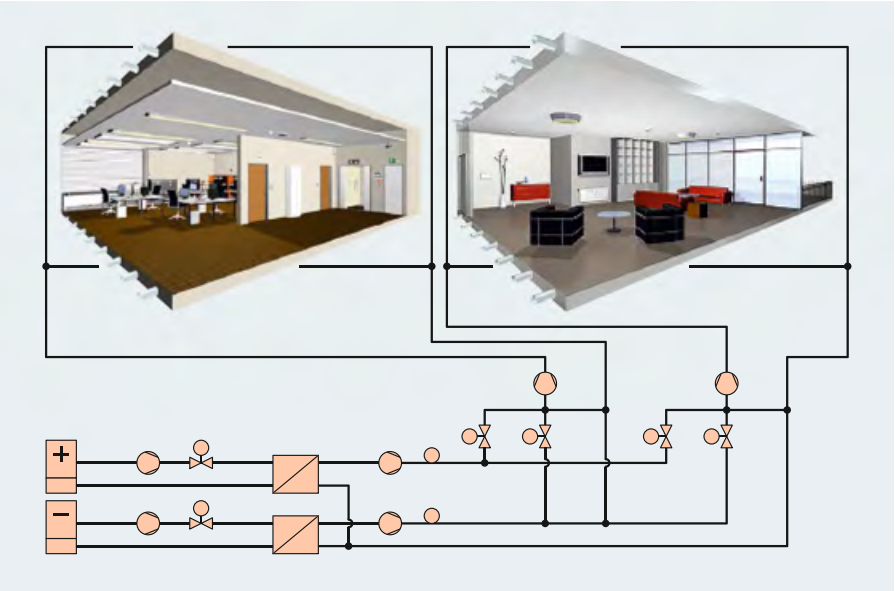

Рис. 3. Функциональная схема систем обогрева и охлаждения TABS

Нагрев и остывание перекрытия зимой

Нагрев перекрытия осуществляется принудительно во время активной фазы, то есть в период пониженного тарифа (ночью) таким образом, чтобы к моменту окончания времени пониженного тарифа в перекрытии накопилось столько тепловой энергии, чтобы её хватило на весь период пассивной фазы, то есть до начала следующего периода пониженного тарифа.

Номинальная кривая нагрева соответствует номинальному значению уставки для помещения. Кривая нагрева смещается параллельно, если желаемое значение уставки температуры для помещения не равно номинальному значению уставки для помещения. Корректирование кривой нагрева во времени используется, когда заранее известно о разных нагрузках систем отопления и охлаждения в помещениях одной зоны

Необходимое количество накапливаемой тепловой энергии определяется программой и автоматически регулируется изменением температуры теплоносителя (качественное регулирование), расхода теплоносителя (количественное регулирование) и периодичностью включения насоса.

Остывание перекрытия происходит естественным образом во время пассивной фазы. Время остывания зависит от трёх показателей:

1. Погодные условия. Зависимость от погодных условий тесно связано с качеством теплоизоляции оболочки здания.
2. Тепловыделения внутри здания.
3. Тепловая постоянная времени, определяющая инерционность контролируемого перекрытия и зависящая от материала конструкции.

Эти три показателя заранее определяются и учитываются программой для накопления необходимого количества тепла во время активной фазы.

Для управления системой TABS компанией «Сименс» разработано стандартное программное приложение. Оно состоит из четырёх программных модулей (рис. 4).

Модуль 1 осуществляет обратную связь по комнатной температуре. Он задействуется только для отдельных контрольных комнат или для помещений с особыми требованиями к точному поддержанию температуры.

Модуль 2 определяет температуру подачи теплоносителя в системе отопления с учётом компенсации по температуре наружного воздуха. Летняя и зимняя компенсация используется для настройки значений уставки температуры в помещении в зависимости от температуры наружного воздуха. Кривая нагрева строится на основе среднего значения температуры наружного воздуха за последние 24 часа. Она учитывает температуру наружного воздуха при определении необходимой температуры подачи теплоносителя для создания требуемых комфортных условий в помещении.

Номинальная кривая нагрева соответствует номинальному значению уставки для помещения. Кривая нагрева смещается параллельно, если желаемое значение уставки температуры для помещения не равно номинальному значению уставки для помещения.

Корректирование кривой нагрева во времени используется, когда заранее известно о разных нагрузках систем отопления и охлаждения в помещениях одной зоны. Корректирование обычно используется для компенсации потери тепла из-за простоя помещения в выходные дни. Кривая нагрева смещается вверх за выходные дни. Ограничитель нагрева показывает, следует ли включать отопление, принимая во внимание среднюю температуру наружного воздуха.

Большая тепловая инерция в TABS допускает только ежедневную коррекцию температуры в помещении. Она изменяет положение кривой нагрева в соответствии с текущими измерениями условий.

Если есть возможность провести измерения в одном или нескольких эталонных помещениях зоны, то можно поддерживать желаемую комфортную температуру и не допускать перегрев.

Модуль 3 осуществляет циклический режим работы и помогает сохранить до 60 % энергии, периодически отключая зональный насос. Он доступен в качестве опции. Циклический режим работы можно также использовать для настройки времени «включения» оборудования энергоэффективного или недорогого производства тепла. Например, с помощью теплового насоса можно подавать тепло, если затраты на электроэнергию будут небольшими (то есть в периоды пониженных тарифов).

Циклический режим работы можно адаптировать к определённым условиям — характеристикам структуры TABS или типу системы выработки тепла.

Модуль 4 управляет последовательностью работы клапанов и насосов для переключения режимов обогрева и охлаждения. Система разработана для гидравлических контуров. Она позволяет осуществлять регулирование потока воды и температуры подачи с помощью независимых клапанов нагрева и охлаждения. Функция поддерживает все типы гидравлических контуров, обеспечивающих постоянный поток воды внутри структуры TABS при включении насоса.

Использование модулей 2 и 4 обеспечивает уровень автоматизации, соответствующий энергетическим характеристикам класса B по ГОСТ Р 54862–2011. Использование модулей 1 и 3 обеспечивает уровень автоматизации, соответствующий энергетическим характеристикам класса A того же ГОСТа.

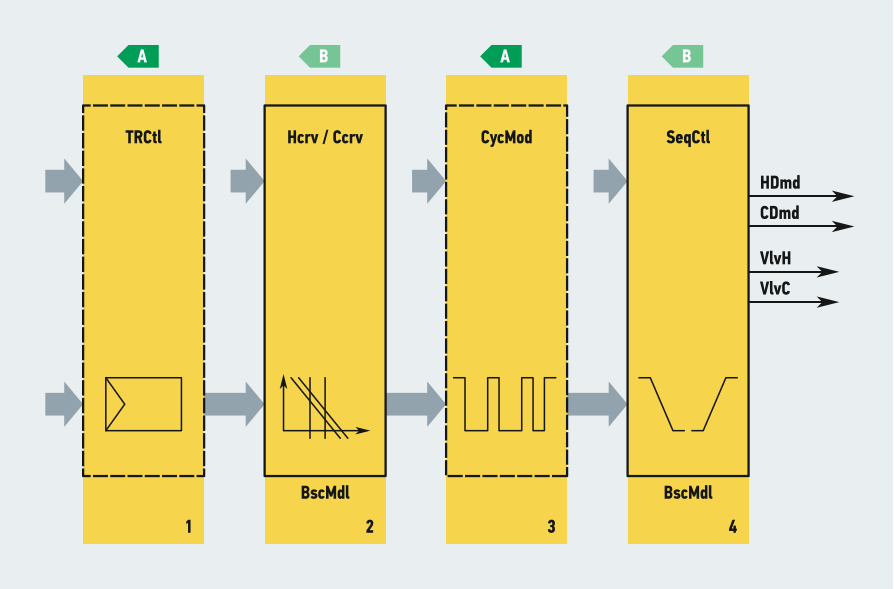

Рис. 4. Программные модули TABS

Преимущества TABS перед традиционным тепло/холодоснабжением

1. Выше температурный комфорт, так как тепловое излучение от перекрытий расширяет границы ощущения комфорта.

2. Энергосбережение до 23 % благодаря следующим обстоятельствам: возможности понизить температуру обогрева и повысить температуру охлаждения; большим площадям поверхности теплового излучения, что способствуют хорошему теплообмену даже при малой разнице температур на поверхности перекрытия и воздуха в рабочей зоне.

3. Возможность меньше платить за энергоресурсы там, где тарифы меняются в течение суток, так как время выработки тепла или холода не совпадает со временем его потребления.

4. Сглаживание пиковых нагрузок благодаря следующим обстоятельствам: термомасса служит буфером, выравнивающим температурные колебания и уменьшающим пики за счёт отложенной потребности в обогреве или охлаждении; снижаются требования к мощности и размерам оборудования, что приводит к уменьшению его стоимости.

Поддержание температурного комфорта в здании — важная и нелёгкая задача. Она должна решаться ещё на стадии проектирования с учётом всех вышеперечисленных условий. Современные технологии автоматического управления системами жизнеобеспечения создают основу для поддержания высоких технических характеристик здания и поддержания здорового микроклимата в помещениях. Инновационные методы, такие как термически активированные системы для здания, способствуют повышению энергоэффективности и улучшению комфортных условий. Большинство процессов при этом автоматизировано, но проектные решения должны предусматривать возможность для пользователя изменять параметры микроклимата в помещении, в соответствии с индивидуальным ощущением комфорта.

Инновационные системы автоматизации являются предпосылками для создания условий, при которых гармонично сочетаются архитектура, технология и комфортный микроклимат.

1. Faktor-Verlag. Handbuch TABS Control — Steuerung und Regelung von TABS. March 2009.
2. Siemens Switzerland Ltd. 2011. CM110745en-TABS.
3. Planning manual of Siemens BT and EMPA (Swiss Federal Laboratories for Materials Testing and Research). Duebendorf, Switzerland.
4. ASHRAE Journal. Vol. 54. No. 2. February 2012.