ПАССИВНЫЕ МНОГОЭТАЖНЫЕ ЗДАНИЯ

ЮРИЙ АНДРЕЕВИЧ ТАБУНЩИКОВ
МАРИАННА БРОДАЧ
НИКОЛАЙ ШИЛКИН

В европейской строительной практике, и особенно в Германии, Швейцарии, странах Скандинавии, Австрии и Франции, уже более 20 лет осуществляется строительство пассивных зданий. Свое название эти сооружения получили вследствие того, что для них практически не требуются системы активного отопления или охлаждения.

Источник: www.sauerbruch-hutton.de

Концепция пассивного здания

Концепция пассивного здания была предложена в 1987–1988 годах шведским ученым профессором Бо Адамсоном (Bo Adamson) из Лундского университета и доктором Вольфгангом Файстом (Wolfgang Feist) из немецкого Института жилищного строительства и охраны окружающей среды (Institut Wohnen und Umwelt, IWU, Дармштадт). В 1991 году было сдано в эксплуатацию первое пассивное здание – им стал трехэтажный четырехквартирный жилой дом в Дармштадте, который успешно эксплуатируется и в настоящее время. В 1996 году Вольфганг Файст основал в Дармштадте Институт пассивного здания (Passivhaus Institut, PHI).

Вольфганг Файст определил термин «пассивное здание» не как стандарт, направленный на повышение энергетической эффективности, но как концепцию достижения высоких показателей теплового комфорта и качества микроклимата при низких эксплуатационных затратах. Согласно его определению, пассивным называется здание, в котором требования теплового комфорта в соответствии со стандартом ISO 7730 «Ergonomics of the Thermal Environment» достигаются только за счет догрева или доохлаждения приточного воздуха, подаваемого в помещение в объеме, достаточном для обеспечения качества микроклимата в соответствии со стандартом DIN 1946 «Ventilation and Air Conditioning» без использования рециркуляции. Данное определение не «привязано» к конкретному району строительства, т. к. в нем отсутствуют количественные показатели и оно независимо от климатических характеристик. Тепловой комфорт обеспечивается «пассивными» методами: высоким уровнем теплозащиты, утилизацией теплоты, «пассивным» использованием теплопоступлений с солнечной радиацией и внутренних тепловыделений.

ОСОБЕННОСТИ ПАССИВНЫХ ЗДАНИЙ

- Оболочка здания с высокими показателями теплозащиты и практически полным отсутствием «мостиков холода», в том числе в зонах оконных заполнений и в зонах примыкания балконных плит (оболочка-термос).
- Приточно-вытяжная механическая вентиляция с рекуперацией теплоты удаляемого вентиляционного воздуха для подогрева приточного воздуха.
- Жилые помещения имеют преимущественно южную ориентацию с возможностью в холодный и переходный периоды обеспечения поступления солнечной радиации в помещения и аккумулирования ее в тепловом балансе.
- Оболочка здания практически воздухонепроницаема, но при необходимости имеется возможность проветривать помещения путем открывания окон.
- В тепловом балансе помещения аккумулируются все внутренние бытовые и технологические тепловыделения.
- Горячее водоснабжение за счет нетрадиционных возобновляемых источников – солнечных коллекторов и низкопотенциальной теплоты посредством тепловых насосов.

Во многих регионах этого оказывается достаточно для обеспечения требуемых параметров микроклимата.

Таким образом, в первую очередь необходимо обеспечить высокое качество воздуха, и, исходя из этого, одним из ключевых элементов пассивного здания является система вентиляции. При любых погодных условиях следует обеспечивать требуемое качество воздуха, избегая при этом избыточного воздухообмена, приводящего к неоправданному перерасходу тепловой энергии на подогрев (или охлаждение) сверхнормативного объема приточного воздуха. Выполнение этих условий возможно в случае совместного использования герметичных ограждающих конструкций и механической приточно-вытяжной вентиляции: приток в жилые комнаты, вытяжка из кухонь и санузлов. Для правильного распределения воздушных потоков между различными помещениями используются перепускные межкомнатные воздушные клапаны.

Применение механической приточно-вытяжной вентиляции создает предпосылки для дальнейшего уменьшения затрат энергии на подогрев (или охлаждение) приточного воздуха за счет использования для этой цели теплоты удаляемого воздуха посредством теплообменников. В пассивных зданиях используются теплообменники, позволяющие утилизировать от 75 до 95 % затрат энергии на подогрев (охлаждение) приточного воздуха при исключении перетоков (и рециркуляции вообще). Использование этих устройств в условиях Центральной Европы позволяет снизить годовые расходы энергии на подогрев и охлаждение приточного воздуха

ОБ АВТОРАХ

Юрий Андреевич Табунщиков – российский ученый, педагог, доктор технических наук, член-корреспондент РААСН, профессор, президент НП «АВОК», заведующий кафедрой МАрхИ.
Марианна Бродач – вице-президент НП «АВОК», канд. техн. наук, профессор МАрхИ.
Николай Шилкин – канд. техн. наук, доцент МАрхИ.

ТЕХНИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ ДЛЯ ОДНОКВАРТИРНЫХ ПАССИВНЫХ ДОМОВ (СТАНДАРТ MINERGIE (ШВЕЙЦАРИЯ И ЛИХТЕНШТЕЙН))

- Применение низкопотенциальной тепловой энергии грунта и воздуха посредством теплонасосных установок для отопления и горячего водоснабжения.
- Предварительный подогрев воды посредством солнечных коллекторов, окончательный догрев посредством котлов на твердом топливе (древесном).
- Использование автоматических водогрейных котлов на топливных гранулах (пеллетах).
- Использование районного теплоснабжения за счет отходящей теплоты.
- Применение вентиляционных установок с рекуператорами.

с 20–30 кВт•ч/м^2 в год до 2–7 кВт•ч/м^2 в год. При этом температура воздуха, подаваемого в помещения, близка к требуемой внутренней температуре. Это создает предпосылки для минимизации пиковой отопительной нагрузки и оптимизации воздухораспределения внутри здания, а за счет высокого уровня теплозащиты и низкой воздухопроницаемости наружных ограждающих конструкций эффективным становится совмещение функций вентиляции и воздушного отопления.

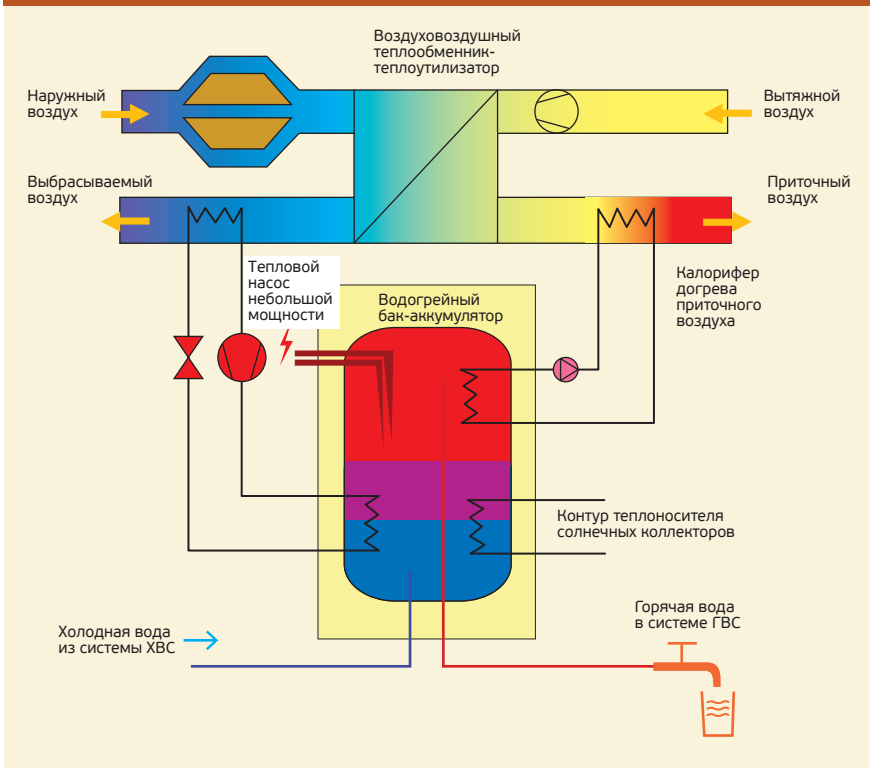
Оптимизация капитальных затрат

Достаточно высокая стоимость эффективных теплоутилизаторов компенсируется отказом от использования отдельной системы отопления. Например, при наружной температуре, равной 0 °С, и температуре воздуха в помещениях 20 °С эффективная теплоутилизация обеспечит температуру приточного воздуха по крайней мере на уровне 16 °С, что при условии эффективной теплоизоляции (для условий Германии толщина теплоизоляции пассивного здания составляет обычно 25–40 см, применяются окна с тройным остеклением) и, соответственно, при низких трансмиссионных теплопотерях создает условия для поддержания температуры в помещениях за счет теплопоступлений от солнечной радиации и внутренних бытовых теплопоступлений. В результате на дополнительный подогрев приточного воздуха после теплоутилизатора требуются очень небольшие затраты энергии.

В холодный период, когда температура наружного воздуха близка к расчетной, на отопление пассивного здания расходуется менее 10 Вт на м^2 отапливаемой площади. Для сравнения на отопление традиционных зданий необходимо расходовать примерно 100 Вт на м^2 отапливаемой площади.

Значения приведенного сопротивления теплопередаче для стен – 5 м^2•°С/Вт, для окон – 0,8 м^2•°С/Вт.

СХЕМА ЕДИНОЙ КОМБИНИРОВАННОЙ УСТАНОВКИ ОТОПЛЕНИЯ, ВЕНТИЛЯЦИИ И ГОРЯЧЕГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ ПАССИВНОГО ЗДАНИЯ

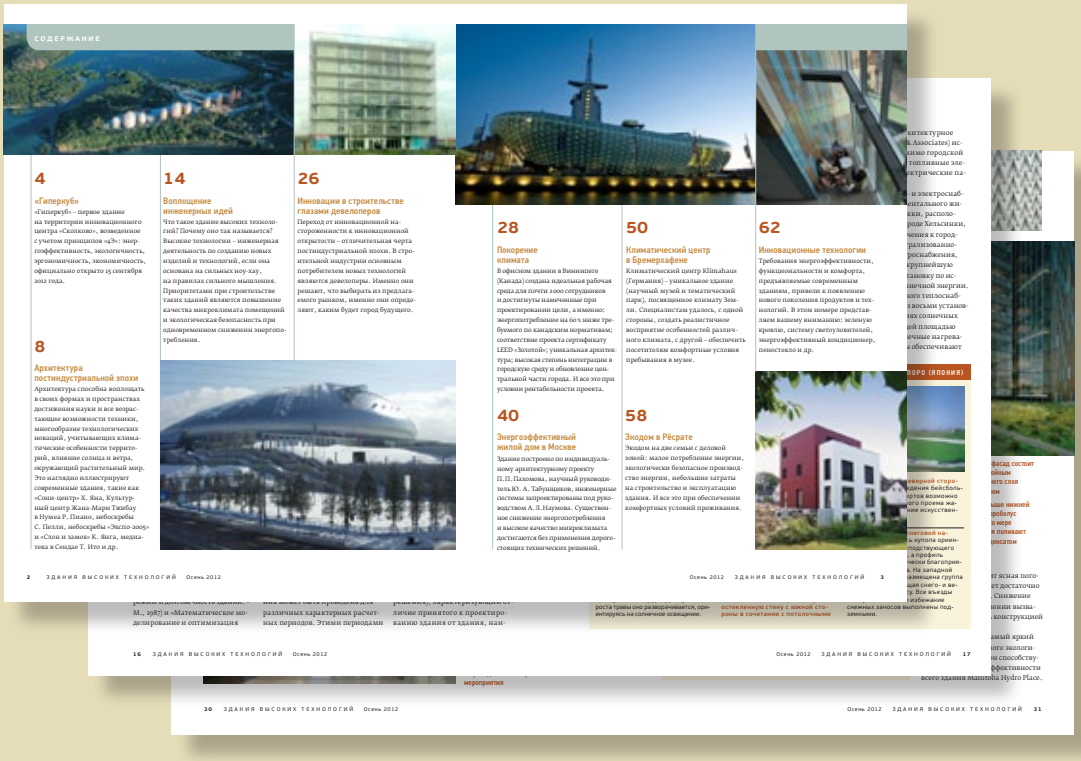


Инженерные решения и энергопотребление

Дополнительная экономия энергоресурсов на отопление и горячее водоснабжение пассивного здания может быть получена в результате применения единой комбинированной установки, реализующей все три основные функции: отопление, вентиляцию и горячее водоснабжение. Принцип работы установки представлен на схеме (см. врезку слева).

Наружный воздух посредством вентилятора забирается с улицы,

ВОЗОБНОВЛЯЕМЫЙ ИСТОЧНИК ИНФОРМАЦИИ



Реклама

БЕСПЛАТНАЯ ПОДПИСКА zvt.abok.ru/subscription

Пассивное здание в Гамбурге, в районе морского порта

прогоняется через воздуховоздушный теплообменник-теплоутилизатор, при необходимости догревается калорифером и подается в помещение. Из помещения забирается вытяжной воздух, прогоняется сначала через воздуховоздушный теплообменник-теплоутилизатор подогрева приточного воздуха, а затем через воздуховодяной теплообменник, посредством которого низкопотенциальная теплота вытяжного воздуха подается на испаритель теплового насоса небольшой мощности. Этот тепловой насос подогревает воду в водогрейном баке-аккумуляторе горячего водоснабжения. Второй источник теплоты для подогрева горячей воды – теплоноситель, поступающий от солнечных коллекторов. Окончательный догрев воды до требуемой температуры осуществляется посредством электрического нагревательного элемента. В этот же водогрейный бак-аккумулятор встроен контур теплоснабжения калорифера догрева приточного воздуха. Бак-аккумулятор отличается высоким уровнем теплоизоляции.

Из других возможностей энергосбережения за счет использования инновационных технологий в области теплоснабжения немецкие специалисты отмечают применение конденсационных котлов, а также использование в качестве топлива биомассы в виде топливных гранул (пеллет), изготавливаемых из отходов.

Для снижения затрат энергии на подогрев приточного воздуха также широко используют грунтовые теплообменники – коллекторы. Их размещают в грунте ниже глубины промерзания. Внутренняя сторона коллектора может иметь специальное антибактериальное покрытие, содержащее серебро. В холодный период года приточный воздух, проходя через коллектор, подогревается, в теплый, наоборот, охлаждается. После грунтового теплообменника приточный воздух поступает в приточную установку или кондиционер, в котором окончательно догревается или доохлаждается до требуемой температуры, а затем подается в помещения.

Данная система реализована, например, в Германии во дворце спорта Бад Каннштадт. Для устройства грунтового теплообменника в этом проекте используются трубы большого диаметра – 1 000 мм, а также трубы диаметром 200 мм с внутренним антибактериальным покрытием. Общая протяженность труб составляет 800 м. Расход приточного воздуха – 9 200 м^3/ч.

В климатических условиях Центральной Европы в пассивных зданиях удельные затраты энергии на отопление составляют менее 15 кВт•ч/м^2 в год, или, по принятой в Европе классификации, менее 1,5 л жидкого топлива в год. Общие затраты на отопление, горячее водоснабжение и электроснабжение не должны превышать 120 кВт•ч/м^2 в год

первичной энергии (первичная энергия – энергия в форме природных ресурсов, таких как уголь, нефть, природный газ, ветер, солнечная энергия и т. д.). При этом потребность в энергии может быть полностью покрыта за счет использования возобновляемых источников.

Экономические затраты за период жизненного цикла пассивного здания (т. е. общая стоимость проектирования, возведения, эксплуатации в течение 30 лет, сноса) не превышают затрат за период жизненного цикла здания традиционной конструкции. Более высокие капитальные затраты компенсируются снижением эксплуатационных затрат за счет существенного снижения энергопотребления.

Высокий уровень теплозащиты позволяет избежать перегрева помещений в теплый период года. Для предупреждения избыточных теплопоступлений с солнечной радиацией в этот период широко используются солнцезащитные устройства – шторы-жалюзи и т. д.

В России, согласно требованиям п. 8.7 СНиП 23-02–2003 «Тепловая защита зданий», средняя воздухопроницаемость квартир жилых и общественных зданий должна обеспечивать воздухообмен кратностью $n_{50} \leq 4$ ч$^{-1}$ – при вентиляции с естественным побуждением и $n_{50} \leq 2$ ч$^{-1}$ – при вентиляции с механическим побуждением (при закрытых приточно-вытяжных вентиляционных отверстиях в период испытаний при разности давлений наружного и внутреннего воздуха 50 Па).

В Германии Закон об энергосбережении (Energieeinsparverordnung, EnEV) устанавливает этот показатель при вентиляции с естественным побуждением $n_{50} \leq 3$ ч$^{-1}$, с механическим побуждением – $n_{50} \leq 1{,}5$ ч$^{-1}$ (до введения в действие закона EnEV – 10 и 4 ч$^{-1}$ соответственно). В пассивных зданиях требования к герметичности намного выше – воздухопроницаемость должна обеспечивать воздухообмен не более 0,6 ч$^{-1}$, на практике же значение этого показателя составляет обычно 0,2–0,6 ч$^{-1}$. Испытания здания с замерами указанного показателя в пассивных зданиях являются обязательными. Эти измерения показали, что в настоящее время требуемую герметичность можно достичь в домах любых конструкций – деревянных, кирпичный, железобетонных сборных и монолитных.

Высокий уровень комфорта определяется, помимо прочих факторов, еще и теми обстоятельства, что из-за хорошей теплозащиты трансмиссионные теплопотери очень малы, и внутренняя поверхность ограждающих конструкций (в том числе и наружных стен) характеризуется достаточно высокой температурой – даже в холодную погоду она практически равна температуре внутреннего воздуха. Это позволяет избежать неприятного эффекта лучистого теплообмена человека с холодными поверхностями. Кроме того, в этом случае нет ограничений на размещение отопительных приборов в помещении и больше возможностей по использованию систем отопления различных типов – становится возможным использование воздушного отопления, совмещенного с вентиляцией.

Самое высокое пассивное здание в Европе

Самое высокое пассивное здание Европы построено в Гамбурге (Германия), в районе морского порта Хафенсити (Hafencity). Жилое здание имеет 45 квартир, шесть жилых и два подземных этажа для стоянки автомобилей. Оно было построено восемь лет назад и сразу планировалось как кооперативное. Инвестором являлась мэрия города. Строительству предшествовали общественные обсуждения. Будущие жители выбирали представленные архитектором концепции пассивного здания, его объемно-планировочные решения, определяли места расположения детских площадок, площадок для выгула животных.

Высота потолка жилых помещений – 2,5 м, коридора (из-за подвесного потолка) – 2,25 м.

Жилые помещения здания имеют преимущественно южную ориентацию в сторону гавани.

Вид из окна на гавань

Теплоснабжение

Отопительный период в климатических условиях Гамбурга продолжается с начала ноября по конец марта.

Теплоснабжение здания осуществляется от котельной, расположенной в чердачном помещении, работающей на газе. Фотоэлектрические панели вмонтированы в фасадные солнцезащитные ставни.

Удельное теплопотребление здания на отопление и вентиляцию за отопительный период составляет 15 кВт•ч/м^2. Выбросы CO_2 соответствуют нормативным требованиям. Пассивное здание позволяет снизить связанное с энергопотреблением отрицательное воздействие на окружающую среду в 10 раз.

Ограждающие конструкции

Наружные стены представляют собой двухслойную конструкцию с утеплителем из пенополистирола толщиной 0,3 м.

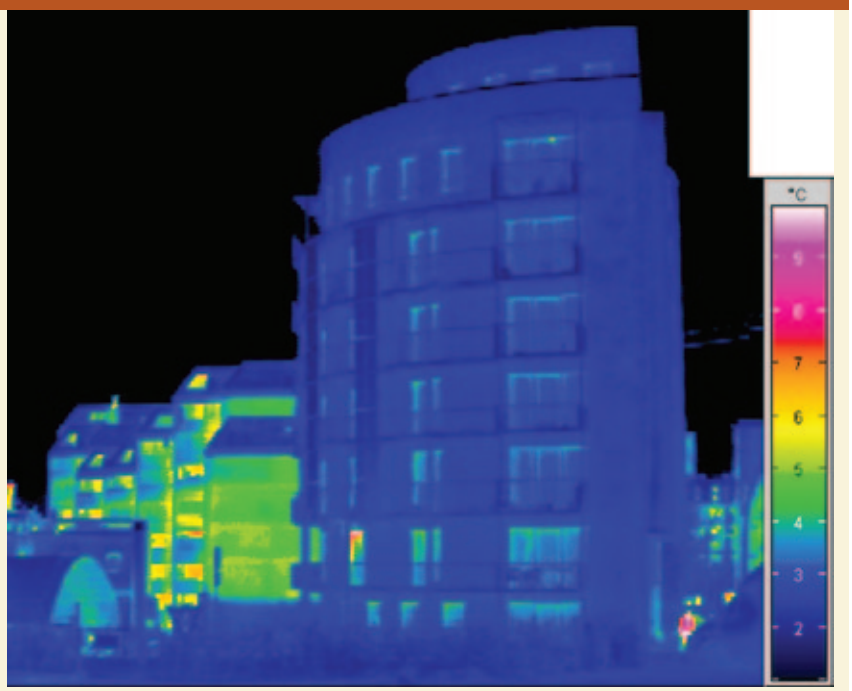
Остекление – двухкамерные стеклопакеты с двумя слоями низкоэмиссионного покрытия и заполнением межстекольного пространства инертным газом. Окна в здании обладают настолько высокой теплозащитой, что нет необходимости размещать под ними отопительные приборы для защиты от ниспадающих потоков холодного воздуха.

Тепловизионное изображение наружной оболочки пассивного здания демонстрирует высокие показатели теплозащиты и отсутствие «мостиков холода».

Балконы крепятся на металлических колоннах по высоте дома, чтобы они не имели жесткой связи с каркасом дома и таким образом не являлись «мостиками холода».

Особое внимание архитектор уделил конструкции балконов: их размеры, глубина и высота ограждающих конструкций выбирались из условия обеспечения затенения светопроема от падающей солнечной радиации в теплый период года и свободного ее поступления в помещения в переходный и холодный периоды.

ТЕПЛОВИЗИОННОЕ ИЗОБРАЖЕНИЕ ДОМА



Воздушные клапаны, установленные над дверными проемами

Отопление

В здании организована водяная двухтрубная система отопления. Расходы на отопление, например, трехкомнатной квартиры составляют менее 40 евро в год.

Теплосчетчики в доме не установлены, т. к. их монтаж, поверка и обработка результатов измерения обходятся дороже, чем затраты на отопление.

Лестничные клетки обогреваются за счет теплопотерь через ограждающие конструкции, отделяющие помещения лестничной клетки от жилых помещений.

Вентиляция

В здании организована центральная механическая приточно-вытяжная система вентиляции с рекуперацией теплоты удаляемого вентиляционного воздуха. Теплообменник системы вентиляции смонтирован в чердачном помещении, но для каждой квартиры устанавливается дополнительный водяной нагреватель для догрева приточного воздуха.

Система вентиляции осуществляет непрерывную подачу наружного воздуха, обеспечивая высокое качество внутреннего воздуха.

При температуре наружного воздуха –10 °С подогрев приточного

Пассивное офисное здание Energon в Ульме (Германия)

наружного воздуха за счет утилизации теплоты удаляемого внутреннего воздуха осуществляется до 14–15 °С. Как правило, утилизируется до 90 % теплоты удаляемого воздуха.

Пол технической комнаты, где расположены вентиляционное оборудование и насосы, не имеет жесткого соединения с ограждающими конструкциями, что исключает распространение шума от работы оборудования по помещениям здания. Обычно наиболее шумными в квартирах являются помещения для детей; возникающий шум распространяется по квартире через щель в нижней части двери. Чтобы исключить распространение беспокоящих звуков, дверь не имеет щели в нижней части, а приток и вытяжка воздуха осуществляются через клапаны, расположенные в верхней части ограждающей конструкции.

При температурах наружного воздуха –5 °С и ниже осуществляется электроподогрев наружных выбросных вентиляционных отверстий, чтобы защитить их от замораживания.

Фильтры для очистки приточного наружного воздуха меняются два раза в год. С учетом того, что здание расположено в портовой части города и воздух содержит в своем составе соли морской воды, к фильтрам предъявляются требования сохранять работоспособность в условиях солесодержащего воздуха.

Горячее водоснабжение

На крыше здания установлены солнечные коллекторы для приготовления горячей воды в теплый период года и имеются два бака-аккумулятора емкостью 1 000 л каждый.

В здании отсутствует циркуляция воды в системе горячего водоснабжения, и за счет этого экономится электроэнергия, обычно затрачиваемая на рециркуляцию. По словам архитектора здания Иоахима Райнинга, «первый, кто утром включает теплую воду, спускает холодную, “которая ничего не стоит”. Этот процесс продолжается примерно 3 мин».

Пассивное офисное здание Energon

В 2002 году в Ульме (Германия) было построено крупнейшее в мире пассивное офисное здание. Его полезная площадь составляет 6 911 м^2, оно рассчитано на работу 420 сотрудников. Годовое удельное энергопотребление составляет 12 кВт•ч/м^2 в год. Ежегодное сокращение выбросов CO_2 составляет 172 т.

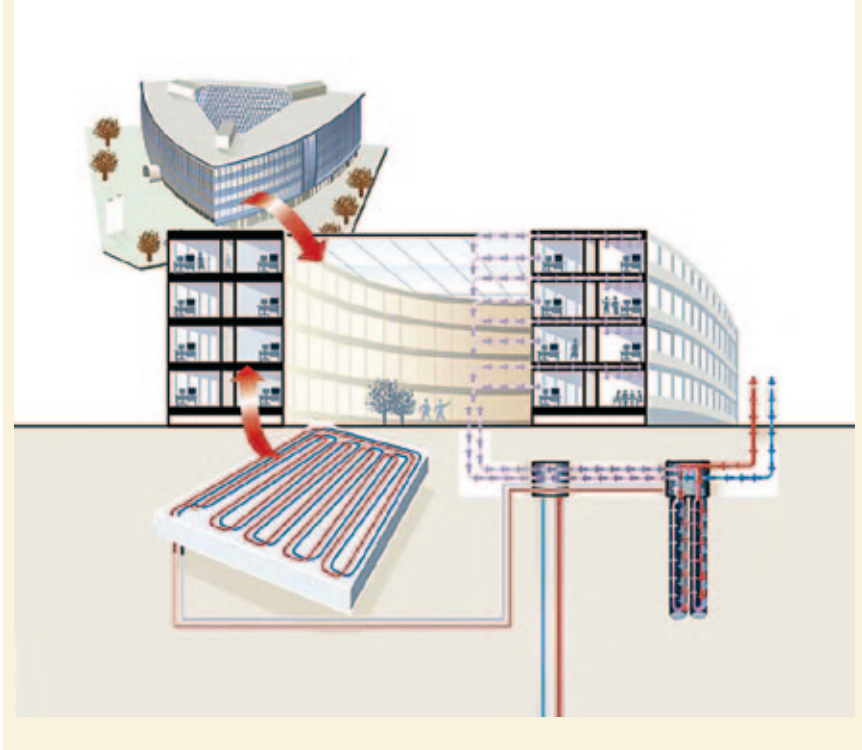
Особенности здания Energon:

- подогрев или охлаждение приточного воздуха и воды в грунтовых теплообменниках;
- использование разогрева или захолаживания ограждающих конструкций здания;
- использование атриума для воздухораспределения;
- высокая теплозащита;
- использование фотоэлектрических панелей для выработки электроэнергии.

Ограждающие конструкции

В плане здание имеет треугольную форму с центральным атриумом со светопрозрачным покрытием сверху. Толщина теплоизоляции стен – 350 мм, нижнего перекрытия – 200 мм, покрытия – 500 мм. Остекление – трехслойное. Приведенное сопротивление теплопередаче непрозрачных ограждающих конструкций заявлено на уровне 8–9 м^2•°С/Вт, окон – 1,2 м^2•°С/Вт, стеклянного покрытия атриума –

СХЕМА ЗДАНИЯ ENERGON



0,6 м²•°С/Вт. Для уменьшения теплопотерь в ночные часы окна закрываются плотными рулонными шторами. Воздухопроницаемость оболочки здания по n_{50} составляет 0,2 ч⁻¹.

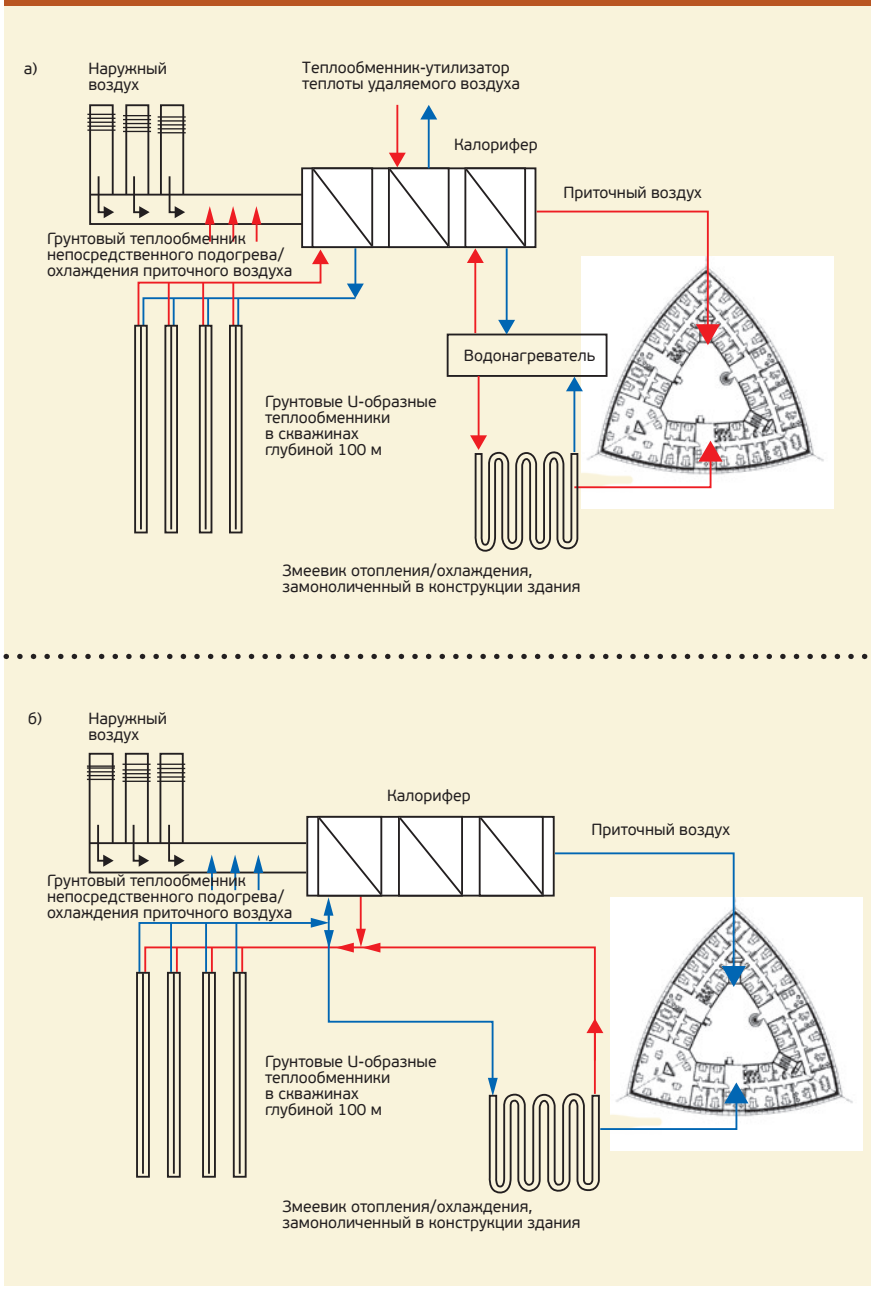
На кровле здания вне зоны атриума установлены фотоэлектрические панели общей площадью 328 м² и мощностью 15 кВт. Годовая выработка электроэнергии составляет 12 000 кВт•ч. Кроме того, на покрытии входящего в комплекс гаража расположены фотоэлектрические панели мощностью 135 кВт. Общая годовая выработка электроэнергии составляет 125 000 кВт•ч.

Грунтовые теплообменники

В здании применяются два типа грунтовых теплообменников. Один из них представляет собой 28-метровый подземный канал диаметром 1,8 м, в котором производится непосредственный подогрев или охлаждение наружного воздуха. Второй тип – грунтовые теплообменники для подогрева или охлаждения воды, которая затем используется как для подогрева (охлаждения) приточного воздуха, так и для разогрева или захолаживания конструкций здания. Грунтовый теплообменник представляет собой U-образную петлю, помещенную в скважину глубиной 100 м. Всего таких скважин 44. Скважины обеспечивают температуру воды 10 °С в течение всего года. Тепловые насосы при этом не используются. Таким образом, грунтовый массив по сути представляет собой огромный теплоаккумулятор, который работает попеременно на отопление

Фотоэлектрические панели на кровле здания Energon

СХЕМА КЛИМАТИЗАЦИИ ЗДАНИЯ ENERGON В ХОЛОДНЫЙ (А) И ТЕПЛЫЙ (Б) ПЕРИОДЫ



и охлаждение; это позволяет избежать потенциальных проблем с замораживанием грунта (такая проблема возникает, когда грунтовые теплообменники используются только как источник низкопотенциальной теплоты для тепловых насосов).

Вентиляция, отопление

В холодный период года наружный воздух, забираемый с улицы, проходит четыре ступени подогрева. Он поступает сначала в грунтовый теплообменник непосредственного охлаждения. Затем, если необходимо, подогревается водой из скважин. Следующая ступень – подогрев приточного воздуха за счет утилизации теплоты вытяжного воздуха. Эффективность теплоутилизации составляет 65 %, а с учетом использования теплоты грунта – около 80 %. Окончательный догрев приточного воздуха производится в калорифере, после чего воздух поступает в атриум, откуда распределяется по помещениям здания.

Эта же подогретая вода используется для обогрева помещений посредством змеевиков, замоноличенных в бетонные полы. Поскольку трансмиссионные теплопотери очень малы, а приточный воздух предварительно подогревается за счет теплоты грунта и теплоутилизации, теплоноситель, циркулирующий в змеевиках, подогревается до температуры не более 22 °С.

В теплый период года используется двухступенчатая обработка приточного воздуха. Сначала он охлаждается непосредственно в грунтовом теплообменнике, а затем окончательно охлаждается водой из грунтовых теплообменников (как уже отмечалось выше, температура воды из скважин составляет 10 °С).

Охлажденная в скважинах вода используется для захолаживания конструкций здания. За счет подмеса минимальная температура в змеевиках не превышает 18 °С. Такая небольшая разница (всего 4 °С) между температурой тепло- и холодоносителя как раз и иллюстрирует особенность концепции пассивного здания.

Допустимо осуществлять естественное проветривание за счет открывания окон.

Освещение

С целью уменьшения нагрузки от осветительных приборов широко используется естественное освещение: часть помещений расположена по периметру здания, другая – выходит во внутренний атриум. Кроме того, оптимизировано искусственное освещение.

Для сокращения теплопоступлений с солнечной радиацией применяются наружные шторы-жалюзи. ●