

# Стандарт Minergie: теория и практика

Мартин БИСМАРК,  
генеральный директор SAUTER Building  
Control International, Германия

В конце 2010 года в Базеле (Швейцария) было введено в эксплуатацию офисное и производственно-складское здание с энергопотреблением менее 40 кВт·ч/м<sup>2</sup> в год. Это значение отвечает самым строгим нормам швейцарского стандарта Minergie для нежилых зданий.

Профессор доктор Хиршберг из аахенского университета, проводя в 2011 году мониторинг и аудит, отметил высокую энергоэффективность здания и его инженерных систем. Это же подтверждает система энергетического менеджмента (EMS), которая используется на предприятии: внедренные технические решения и сейчас обеспечивают уровень энергопотребления, превышающий самые оптимистичные прогнозы.

## НОРМАТИВНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ

Считается, что около 40% мирового потребления энергии приходится на здания. Поэтому вопрос, как сделать здания энергоэффективными, чрезвычайно актуален. Однако пока в мире не существует единых стандартов, определяющих, что такое «энергетически эффективное здание». В разных странах разработаны свои стандарты (в частности, KfW-Effizienzhaus 55, KlimaHaus A, 3-Liter-Haus, Minergie, Minergie-P, Minergie-Peco, LEED, Klimaschutzhaus, Green Building, Passivhaus и т. д.) и используются различные термины. В Германии, например, введены такие понятия, как Null-Energiehaus (здание с нулевым потреблением энергии), Positiv-Haus (здание, которое производит больше энергии, чем потребляет), Passiv Haus (здание с высокими показателями теплозащиты, в котором не требуются системы активного отопления и охлаждения) и др.

В Швейцарии для строительства зданий с низким энергопотреблением разработан и запатентован стандарт Minergie. При этом суммарное потребление энергии является эталоном, чтобы квантифицировать требуемое качество строительства. Берется в расчет только «конечная» энергия, которая подводится в здание.

Стандарт вводит понятие Minergie Haus, обозначающее здания, в которых энергопотребление на отопление и охлаждение не превышает 40 кВт·ч/м<sup>2</sup> в год, что соответствует 4 л дизельного топлива на 1 м<sup>2</sup> площади здания в год. Следует заметить, что на сегодняшний день в Швейцарии среднее значение этого показателя составляет около 170 кВт·ч/м<sup>2</sup> (17 л) в год.

Энергоэффективное здание в Базеле – это 1-й корпус комплекса зданий фирмы «Саутер», уже более 100 лет занимающейся производством и установкой приборов и систем автоматизации и диспетчеризации инженерного оборудования зданий. В нем находятся производственные, складские и офисные помещения. Здание оценивалось по трем соответствующим категориям Minergie.

## ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЕ

Основной систем отопления и охлаждения является установка, вырабатывающая энергию из грунтовых вод (вблизи протекают реки Рейн и Визе).

Для использования энергии грунтовых вод была построена система из двух колодцев для забора грунтовых вод и одного колодца для их отдачи, образующая закрытый контур. Колодцы находятся на расстоянии больше 100 м друг от друга, что предотвращает «короткое замыкание». Глубина колодцев

– 19 м, при этом забор воды осуществляется тепловым насосом с фильтром с глубины 17 м. Максимальная мощность такого насоса составляет 11,5 л/с. Нормальный уровень грунтовых вод в этой местности колеблется от 11 до 16 м.

Теплопередача из контура грунтовых вод в контуры инженерных систем здания осуществляется через пластинчатый теплообменник, поэтому вода возвращается в подземное течение такой же чистой, какой была взята из него, то есть грунтовая вода не используется в прямом смысле этого слова. Администрация города взимает налог за подключение к грунтовым водам, а также ставит жесткие требования по перепаду температур, что сказывается на расчетах окупаемости.

Кроме того, на крыше здания установлены солнечные батареи, которые вырабатывают электроэнергию для теплового насоса, вентиляторов и т. д. Общая мощность системы составляет 70 кВт·пик, ожидаемая энергоотдача – 52 083 кВт·ч (рис. 1).

## ОТОПЛЕНИЕ

Центральным элементом системы отопления является тепловой насос. Весь год температура грунтовых вод составляет около 14°C. Зимой через пластинчатый теплообменник

## ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О ЗДАНИИ

Наименование: *энергоэффективный дом.*

Расположение: *Базель (Швейцария).*

Владелец: *компания Fr. Sauter AG («Саутер»).*

Архитектор: *Vischer Architekten (Базель).*

Инженер: *Jobst Willers Engineering AG.*

Основное назначение: *офисное*

*и производственно-складское здание.*

Типы помещений: *офисные, производственные и складские.*

Высота: *6 этажей (включая 2 подземных).*

Общая площадь: *9 700 м<sup>2</sup>.*

Площадь кондиционируемых помещений: *9 700 м<sup>2</sup>.*

Энергетический стандарт: *Minergie.*

Завершение основных строительных работ: *2010 год.*



*Все окна оснащены оконными контактами (при открытии окон происходит немедленное отключение систем отопления и вентиляции)*

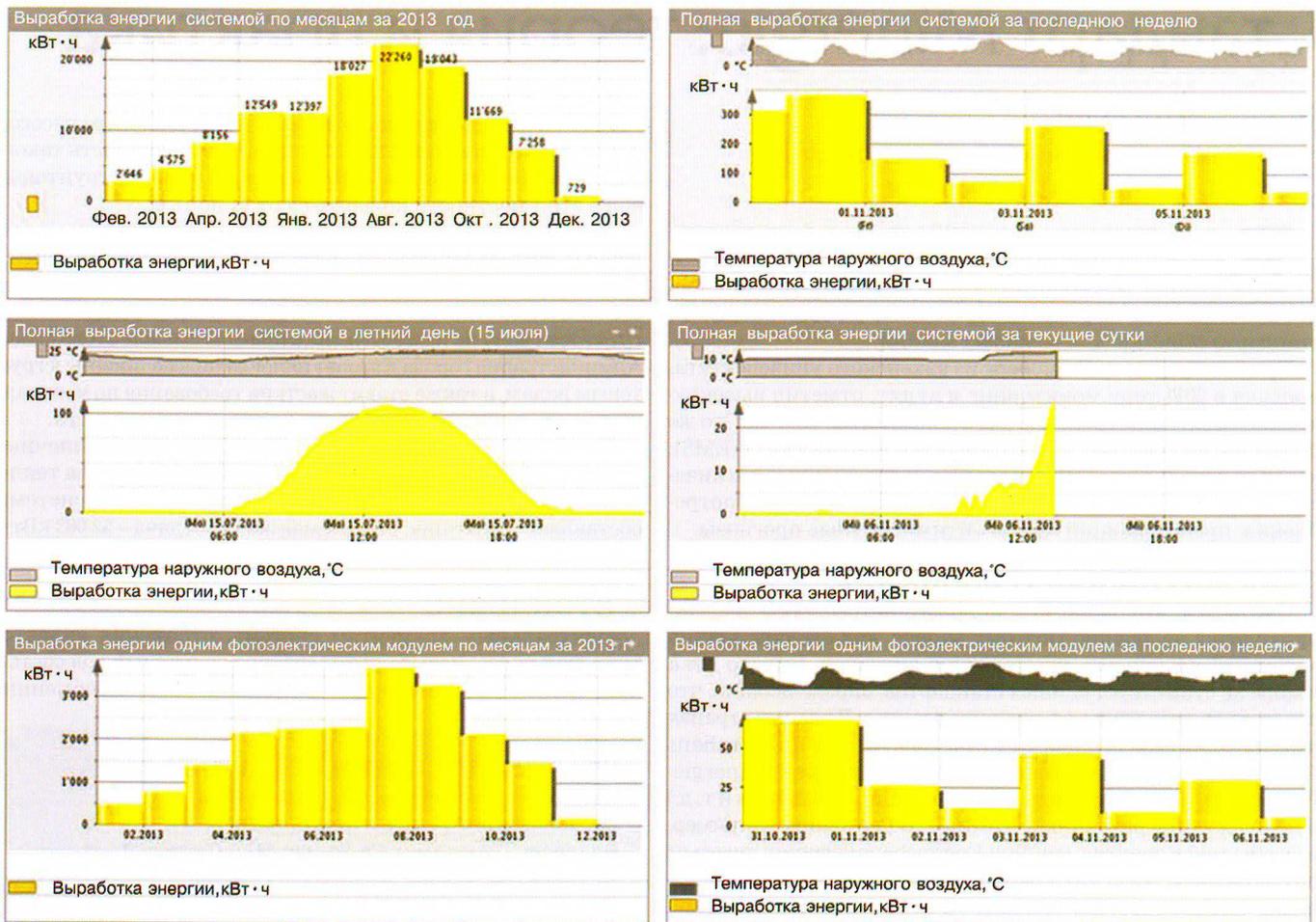


Рис. 1. Выработка энергии солнечными батареями в разные периоды года (данные системы энергетического менеджмента)

**Технические решения, посредством которых достигается низкое энергопотребление (31,31 Квт·ч/м<sup>2</sup>, по данным профессора Хиршберга за 2010 год)**

**Остекление.** Применены окна (профиль из дерева и металла) с тройным теплоизоляционным остеклением ( $k$ -величина (коэффициент теплопроводности) – 0,7) и с автоматически управляемыми шторами. Окна располагаются выше фальш-потолка, что позволяет зимой получать как можно больше лучей относительно низко стоящего солнца, а летом – предотвратить поступление лучей высоко стоящего солнца в середине дня.

**Вентиляция.** Хорошая теплоизоляция и низкая воздухопроницаемость требуют применения механической (принудительной) вентиляции с рекуперацией теплоты отработанного воздуха с помощью вращающегося колеса.

**Автоматизация.** Система вентиляции работает только по потребности (переменный расход воздуха в зависимости от содержания  $CO_2$  в помещении). Современные датчики  $CO_2$ , работающие по принципу «два луча – две частоты» (благодаря чему они не нуждаются в автоматической калибровке для предотвращения дрейфа), внесли весомый вклад в общее энергосбережение здания. Такие датчики фиксируют, сколько людей находится в помещении, и плавно адаптируют воздушный поток. Эмпирические испытания показали, что уменьшение воздушного потока на 20% приведет к 50% му снижению энергопотребления вентилятором и расхода теплоты (холода).

Для офиса открытой планировки с непостоянным пребыванием людей (в течение дня на рабочих местах находятся в среднем 40% сотрудников) экономия энергии на отопление и охлаждение оценивается в 20–30%. При средней стоимости энергии в 1 евро/м<sup>2</sup> в месяц и общей площади офиса 15 000 м<sup>2</sup> снижение расходов составляет 36 000–54 000 евро в год.

Наряду с энергосбережением наблюдаются также повышение комфортности для сотрудников и увеличение производительности труда.

**Альтернативные источники энергии.** Теплоснабжение покрывается на 85% за счет использования грунтовых вод и теплового насоса «вода – вода» (без учета электроэнергии, требуемой для работы этих насосов). Отопление внутри помещений осуществляется посредством вентиляции (управление воздушным потоком), а также радиаторами. Согласно расчетам, дополнительные источники теплоты (газовая котельная) необходимо подключать только при температуре наружного воздуха ниже  $-2^{\circ}C$ . Холодоснабжение помещений и ИТ-установок покрывается полностью за счет грунтовых вод и теплового насоса «вода – вода» (без учета электроэнергии, требуемой для работы этих насосов).

## СТАНДАРТ MINERGIE

Minergie – энергетический стандарт добровольного применения, разработанный и введенный в действие в Швейцарии, который распространяется на строительство новых и реконструкцию существующих зданий. В настоящее время он также используется и в других странах.

Основное внимание в стандарте уделено качеству микроклимата в помещениях, высокий уровень которого обеспечивают современные ограждающие конструкции здания и правильный воздухообмен. Отдельно рассмотрен вопрос защиты окружающей среды. Главной целью является строительство зданий, наносящих минимальный вред окружающей среде. Эти здания характеризуются повышенным уровнем комфорта среды обитания, безопасностью для здоровья человека, высокими показателями энергоэффективности, минимальным использованием невозобновляемых источников энергии (нефть, газ, уголь) и низкими расходами на строительство и эксплуатацию здания. При этом цель формулируется как предельная величина энергопотребления.

В стандарте выделяются различные категории зданий: жилые (коттеджи и многоквартирные дома) и нежилые здания (офисы, школы, предприятия торговли, рестораны, лечебные учреждения и т. д.). Так, в зданиях категории В (нежилые) годовое энергопотребление систем отопления, горячего водоснабжения и механической вентиляции должно составлять:

- для офисных помещений –  $40 \text{ кВт}\cdot\text{ч}/\text{м}^2$  (механическая вентиляция обязательна);
- для производственных и складских помещений –  $20 \text{ кВт}\cdot\text{ч}/\text{м}^2$  (до 2009 года –  $35 \text{ кВт}\cdot\text{ч}/\text{м}^2$ ) (механическая вентиляция рекомендована, но не обязательна).

В нормативах Minergie учтены энергозатраты на климатизацию помещений (охлаждение, увлажнение или осушение), а также на освещение согласно швейцарскому стандарту SIA 380 – 4, который определяет требования к светоотдаче и схеме освещения.

у грунтовых вод в систему отопления забирается до  $4^\circ\text{C}$  ( $\Delta T = 4^\circ\text{C}$ ). В обратный колодец вода возвращается с температурой не менее  $10^\circ\text{C}$ . Фактические значения, представленные на рис. 2а, показывают, что перепад температуры практически всегда ниже допустимого значения.

В единую систему интегрировано газовое отопление. Однако до настоящего времени оно ни разу не использовалось. Превышение самых оптимистических ожиданий было обусловлено наличием внутренних теплопоступлений (от людей, оргтехники и т. д.), теплопоступлений от солнечной радиации через большие по площади окна, автоматическим управлением шторами, а также грамотным обслуживанием систем.

### ОХЛАЖДЕНИЕ

В теплое время года никаких дополнительных расходов на охлаждение не требуется (тепловой насос не используется), то есть система охлаждения является «энергосберегающей».

В пластинчатом теплообменнике температура грунтовых вод поднимается на  $4^\circ\text{C}$  ( $\Delta T = 4^\circ\text{C}$ ). В обратный колодец вода возвращается при температуре около  $18^\circ\text{C}$ . Чтобы максимально эффективно использовать эту воду для охлаждения, в помещениях с большим количеством людей и, следовательно, высокими тепловыделениями установлены охлаждающие потолки.

### ВЕНТИЛЯЦИЯ

Характерными особенностями системы вентиляции являются:

- кратность воздухообмена в здании – 1-2 ч<sup>-1</sup>;
- активное предварительное охлаждение (нагревание) забранного наружного воздуха встроенным теплообменником;
- рекуперация теплоты отработанного воздуха во всех вентиляционных установках.

### АВТОМАТИЗАЦИЯ И ДИСПЕТЧЕРИЗАЦИЯ

Система автоматизации и диспетчеризации здания выполнена на базе системы EY-modulo 5, которая была удостоена наград Gebäude Effizienz Award в 2009 и 2010 годах, а также KMU Award IWB (в 2013 году).

Система работает на базе BACnet-контроллеров (BACnet/IP) и на сегодняшний день является единственным признанным

во всем мире стандартом открытого протокола для обмена данными в области автоматизации зданий, которые реализовывают все алгоритмы по снижению энергопотребления, а именно:

- регулирование воздушного потока по потребности и по присутствию людей;
- управление шторами по присутствию людей и положению солнца;
- управление освещением по присутствию людей и степени освещенности;
- рекуперация теплоты и т. п.

К SCADA novaPro Open подключена система энергетического менеджмента, которая обрабатывает все данные по потреблению и подготавливает отчеты для мониторинга. Эта система является также мощным инструментом для оптимизации алгоритмов и проверки их работоспособности и эффективности в реальном времени.

### ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ

Уменьшению выбросов  $\text{CO}_2$  в атмосферу было уделено особое внимание в проекте. Если бы здание было построено с использованием традиционных систем отопления и охлаждения, то при 100%-й работе газовой котельной и чиллеров выбросы составляли бы 77 т  $\text{CO}_2$  (соответственно 53 и 24 т  $\text{CO}_2$ ). Ввиду того, что газовое отопление в первые годы вообще не использовалось, а тепловой насос потребляет 204 000  $\text{кВт}\cdot\text{ч}$  в год (примерно 10 т  $\text{CO}_2$ ), то вклад в защиту окружающей среды можно назвать внушительным.

Результаты энергетического мониторинга, проведенного в 2010 году, показали, что данное здание потребляет около 32  $\text{кВт}\cdot\text{ч}/\text{м}^2$  первичной энергии в год. Это существенно меньше, чем требуется, например, в соответствии с требованиями EnEV 2009 (предельная величина – 100  $\text{кВт}\cdot\text{ч}/\text{м}^2$  в год, средняя – 150  $\text{кВт}\cdot\text{ч}/\text{м}^2$  в год).

Высокая эффективность инженерных систем стала возможной благодаря применению оптимальной стратегии регулирования, которая позволила рационально использовать энергию грунтовых вод и солнца, а также достичь высокого КПД теплового насоса.



SAUTER Building Control International, Германия