

ОБЩИЕ ПРИНЦИПЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ И СТРОИТЕЛЬСТВА ПАССИВНОГО ДОМА

В середине 80-х годов в Швеции и Дании для всех новых зданий в обязательном порядке были введены строительные нормы, примерно соответствующие стандарту зданий с низким энергопотреблением. Средний удельный расход тепловой энергии на отопление таких зданий составлял около 100 кВт·ч/(кв. м/год). Уже в то время у различных специалистов возникали идеи, как развить и улучшить принципы здания с низким энергопотреблением, а именно: характеристики теплоизоляции, воздухопроницаемость, теплотехнические характеристики остекления, оконных профилей, дверей, контролируемую систему вентиляции; а также снизить влияние тепловых мостов.



Фото 1. Южный фасад первого реализованного пассивного дома (г. Дармштадт, р-н Кранихштайн)

Концепция пассивного дома была совместно развита в 1988 г. проф. Бо Адасоном (Университет в г. Лунд, Швеция) и докт. Вольфгангом Файстом (в то время он работал в Институте жилья и окружающей среды в г. Дармштаде, Германия). Главная идея пассивного дома заключалась в том, что теплотери здания необходимо снизить до такой степени, чтобы отдельное отопление совсем не требовалось (за исключением ванных комнат, где по нормам необходима повышенная температура). Предусматривалось, что необходимую малую потребность в тепле на отопление можно было обеспечить благодаря нагреву приточного воздуха системы приточно-вытяжной вентиляции с рекуперацией тепла, которая должна применяться в таких зданиях. Также в пассивных домах должны максимально использоваться теплоступления от солнечной радиации через окна южного направления. Удельный расход тепловой энергии на отопление пассивного дома должен составлять за отопительный период не более 15 кВт·ч/кв. м полезной отапливаемой площади (около 1,5 л жидкого топлива на 1 кв. м). Общее потребление первичной энергии для всех бытовых нужд (отопление, горячая вода и электрическая энергия) не должно превышать 120 кВт·ч/(кв. м/год).

Первый пассивный дом в истории Германии был построен в 1991 г. при поддержке федеральной земли Гессен в г. Дармштадт, р-н Кранихштайн (фото 1). Авторами архитектурной части проекта являются архитекторы проф. Ботт-Риддер и Вестерма-

уер, разработкой и реализацией проекта руководил доктор Вольфганг Файст. Здание было полностью построено в 1991 г., и с октября 1991 г. в нем проживают четыре семьи. Это здание нуждается в столь малом количестве тепла, что можно было бы действительно отказаться от отдельной системы отопления: расход на отопление составляет меньше 1 л жидкого топлива в год на 1 кв. м отапливаемой площади. Чтобы обеспечить столь жесткую величину удельного энергопотребления, равную 15 кВт·ч/(кв. м/год), для пассивных домов со временем был установлен ряд обязательных требований.

Коэффициенты теплопередачи U должны составлять:

- для наружных стен, кровли и полов первого этажа для условий Германии — $U \leq 0,15$ Вт/кв. м К ($R_0 \geq 6,7$ (кв. м⁰С)/Вт);

- для остекления — $U_{\text{ост}} \leq 0,7$ Вт/м К ($R_0 \geq 1,4$ (кв. м⁰С)/Вт);

- для оконного профиля — $U_{\text{проф}} \leq 0,8$ Вт/м К ($R_0 \geq 1,25$ (кв. м⁰С)/Вт).

Приведенный коэффициент теплопередачи окна с учетом монтажа в стену — $U_{\text{окн}} \leq 0,85$ Вт/м К ($R_0 \geq 1,2$ (кв. м⁰С)/Вт).

Максимально возможное снижение негативного эффекта от тепловых мостов: это влияние можно не учитывать, если линейный коэффициент теплопередачи — $\Psi \leq 0,01$ Вт/м К.

КПД рекуператора должен быть более 75%, чтобы обеспечивался эффективный возврат тепла.

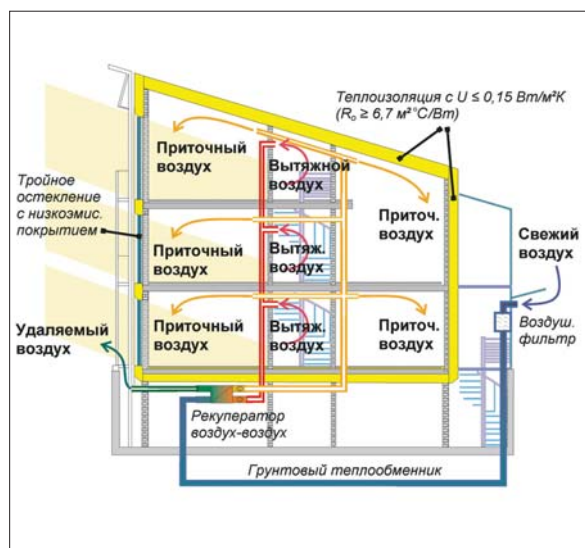
Должна обеспечиваться герметичность наружной оболочки здания: кратность воздухообмена при разности давлений 50 Па должна составлять $n_{50} \leq 0,6$ ч⁻¹.

Главной составляющей для пассивного дома является качественная наружная теплоизоляционная оболочка. Применяемая теплоизоляция должна обладать высокими теплотехническими характеристиками и укладываться без зазоров вокруг всего здания. В настоящее время при непосредственной поддержке РНИ практически все крупные европейские производители теплоизоляционных материалов разработали отдельные концепции или решения для пассивных домов, расположенных в климатических условиях Германии, Австрии и Швейцарии. Рядом европейских фирм внедрены фасадные системы по утеплению как новых зданий, так и для санации старых зданий в стандарте пассивного дома. В зависимости от климатических условий и компактности зданий сопротивление тепло-

передаче для наружных стен в пассивных домах в Европе варьируется в среднем от 6,5 до 10 (кв. м⁰С)/Вт.

Отдельная тема в проектировании пассивных домов посвящена линейным и точечным тепловым мостам. При неправильном проектировании их присутствие может значительно снизить характеристики теплоизоляционной оболочки.

Существуют также технические решения по монтажу окон и дверей и смещению их на специальных консолях в область теплоизоляционной оболочки. В пассивном доме должно использоваться остекление высокого качества, т. е. тройной стеклопакет с заполнением инертным газом и с двумя низкоэмиссионными покрытиями. В Германии добиваются минимального перепада между температурой на внутренней поверхности



Поперечное сечение первого пассивного дома: массивная теплоизоляция, специальные окна для пассивного дома и система вентиляции с рекуперацией тепла

стекла и температурой внутреннего воздуха. Так, при наружной температуре -10°C и внутренней температуре $+20^{\circ}\text{C}$ температура на внутреннем стекле — более $17,5^{\circ}\text{C}$. При такой температуре на внутренней поверхности стекла установка приборов отопления под окнами не требуется.

Отличительной особенностью пассивных домов является максимальное использование теплоступлений от солнечной радиации через большие окна южной ориентации. Теплоступления через такие окна в течение отопительного периода в условиях Германии превышают теплотери через них.

Оконные профили также разработаны под пассивный дом. Эти профили шире стандартных и обязательно имеют теплоизоляционные вкладыши из высокоэффективных утеплителей.

Наружная оболочка пассивного дома должна быть воздухонепроницаемой и герметично соединяться с окнами, дверями и различными инженерными сетями, проходящими через нее.

Чтобы снизить значительные теплотери от вентиляции, в пассивном доме обязательно применяется система приточно-вытяжной вентиляции с рекуперацией тепла. КПД рекуператора должно составлять более 75% (хотя уже разработаны образцы с КПД более 90%).

Для отопления пассивных домов совсем не обязательно использовать приточный воздух системы вентиляции (тем более для условий России). Возможно использование одного или нескольких компактных отопительных приборов на дом или квартиру. Располагают их обычно ближе к центру здания, а не, как в обычных зданиях, под окнами. Вообще в пассивном доме существует такая интересная особенность, что, в принципе, все равно где устанавливать приборы отопления (имеются в виду помещения, где осуществляется приток воздуха). Температура воздуха внутри пассивного дома практически везде одинакова (принцип термоса). В зависимости от местных возможно-



Фото 3. Пример жилого здания



Фото 2. Пример школы

стей и климатических условий низкую потребность на отопление в пассивном доме можно восполнить применением целого ряда различных систем — от традиционных, как централизованная система отопления, различные котлы на газе, жидком или твердом топливе, до нетрадиционных, например, солнечные коллекторы, тепловые насосы и т. д. Причем все эти системы будут компактными, маломощными и, соответственно, более дешевыми, чем в обычных зданиях.

Для расчета пассивных домов Passive House Institute был разработан пакет проектирования пассивного дома (PHPP). Последняя версия PHPP-2007 существует на немецком, английском, итальянском и польском языках. В декабре 2009 г. ООО «ИПД» был выпущен перевод программы на русском языке с ее адаптацией для российских специалистов.

В 2006 г. в Passivhaus Institut (г. Дармштадт) праздновался 15-летний юбилей со дня начала эксплуатации первого пассивного дома. Подводя итоги за этот период, можно отметить, что в Германии и Австрии построено достаточно большое количество таких домов. По статистике Passivhaus Institut на 2006 г., в Германии построено (или проведена санация) около 10 тысяч квартир, а в Австрии — около 2,5 тысяч квартир в жилых домах, соответствующих стандарту пассивного дома. Плюс к этому построено большое количество детских садов, школ, вузов, административных зданий и даже несколько производственных зданий и церквей. Раз-



Фото 4. Пример офисного здания

витие стандарта пассивного дома начато и в других странах. Так, уже построены жилые дома в Чехии, Польше, Словакии, Дании, Канаде, США, начато проектирование зданий в России и Украине.

Для климатических условий России не везде целесообразно строить классический пассивный дом. На большей территории можно забыть о положительном балансе на окнах (теплоступления — теплотери), а для коттеджей необходима довольно большая толщина теплоизоляции. Необходимо выбирать более целесообразные решения для строительства зданий с низким энергопотреблением с использованием компонентов пассивного дома.

В октябре 2008 г. вышел в свет русский перевод книги Фольфанга Файста «Основные положения по проектированию пассивных домов». Это первое издание по данной теме в России и странах СНГ содержит много полезной информации и является вводной книгой в довольно обширную тему (www.passiv-rus.ru). В дальнейшем по данной теме планируется выход целого ряда книг для специалистов.

В рамках выставки Mosbuild-2010 с 6 по 9 апреля 2010 г. будет организована экспозиция Passive House, 8 апреля состоится конференция «Технологии проектирования и строительства энергоэффективных зданий, Passive House». Здесь прозвучат доклады и пройдут презентации от проектных фирм, архитектурных бюро, строительномонтажных организаций и ведущих производителей строительных материалов, конструкций и инженерного оборудования. Участники конференции смогут получить информацию по современным энергоэффективным строительным технологиям, а также ознакомиться с практическими решениями реализованных проектов, представленных на стендах компаний в экспозиции Passive House.

А. Е. ЕЛОХОВ, директор ООО «Институт пассивного дома» и партнер Passive House Institute Darmstadt в России и странах СНГ