

## ДОМА С ПАССИВНОЙ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩЕЙ СИСТЕМОЙ

*Э.З. Тургумбекова, А. Афанасьева*

Рассматриваются примеры в зарубежной и отечественной практике исследований и строительства в области энергоэффективных и энергосберегающих ресурсов. Дан краткий анализ пассивных систем по странам мира и СНГ.

*Ключевые слова:* солнечное теплоснабжение; пассивные системы гелиотеплоснабжения; гелиофасады; тепловые шахты; демпферные пространства.

На современном этапе развития государства рациональное и эффективное использование природных ресурсов становится приоритетным направлением. В частности, решаются задачи энергоэффективности и энергосбережения в строительстве. К примеру, для решения данной проблемы в Кыргызстане предусматривается в качестве первых пилотных проектов проектирование и строительство двух школ с пассивной системой использования солнечной энергии в городах Бишкек и Ош.

В зарубежной практике исследования и реальное возведение энергоэффективных и энергосберегающих объектов проводятся во многих странах. Считается, что развитие энергоэффективных построек восходит к исторической культуре северных народов, которые стремились построить свои дома таким образом, чтобы они эффективно сохраняли тепло и потребляли меньше ресурсов. Классическим примером техники повышения энергоэффективности дома является русская печь, отличающаяся толстыми стенками, хорошо сохраняющими тепло, и оснащенная дымоходом со сложной конструкцией лабиринтов.

В 2006 г. по миру насчитывалось более шести тысяч пассивных домов, офисных зданий, магазинов, школ, детских садов. Большая их часть находится в Европе. В ряде европейских стран (Дания, Германия, Финляндия и др.) разработаны специальные целевые государственные программы по приведению всех объектов регулярной застройки к условно пассивному уровню (до 30 кВт·ч/м<sup>3</sup> в год – в домах ультранизкого потребления).

В Москве уже построено несколько экспериментальных зданий с использованием технологии пассивного дома (жилой дом в Никулино-2). Под Петербургом построен демонстрационный проект такого дома и начато строительство первого поселка пассивных домов.

Технологии пассивного домостроения позволяют существенно сократить потребление энергии. Например, в 1990-е гг. в Германии энергопотребление в жилищно-коммунальной сфере снизилось на 3%, а домохозяйства Великобритании потребляют около 30% всей энергии страны. К современным экспериментам повышения энергоэффективности зданий от-

носится сооружение в городе Манчестер (штат Нью-Гэмпшир, США) построенное в 1972 г. Оно обладало кубической формой, обеспечивавшей минимальную поверхность наружных стен, площадь остекления не превышала 10%, что позволяло уменьшить потери тепла за счет объемно-планировочного решения. По северному фасаду остекление отсутствовало. Покрытие плоской кровли было выполнено в светлых тонах, что уменьшало ее нагрев и, соответственно, снижало требования к вентиляции в теплое время года. На кровле здания были установлены солнечные коллекторы.

В 1973–1979 гг. был построен комплекс “ECONO-HOUSE” в городе Отаниеми (Финляндия). В здании, кроме сложного объемно-планировочного решения, учитывающего особенности местоположения и климата, была применена особая система вентиляции, при которой воздух нагревался за счет солнечной радиации, тепло которой аккумулировалось специальными стеклопакетами и жалюзи. В общую схему теплообмена здания, обеспечивающую энергоэффективность, были включены также солнечные коллекторы и геотермальная установка. Форма скатов кровли здания учитывала широту места строительства и углы падения солнечных лучей в различное время года.

Интересную схему оборудования пассивного дома предложили доктор Вольфганг Файст, основатель “Института пассивного дома” в Дармштадте (Германия, 1996) и профессор Бо Адамсон из Лундского университета (Швеция). Для строительства выбирались экологически корректные материалы – дерево, камень, кирпич. В последнее время часто строят пассивные дома из продуктов рециклизации неорганического мусора – бетона, стекла и металла. В Германии построены специальные заводы по переработке подобных отходов в строительные материалы для энергоэффективных зданий.

Ограждающие конструкции (стены, окна, крыши, пол) стандартных домов имеют довольно большой коэффициент теплопередачи. Это приводит к значительным потерям: например, теплотери обыкновенного кирпичного здания – 250–350 кВт·ч с одного м<sup>2</sup> отапливаемой площади в год.

Технология пассивного дома предусматривает эффективную теплоизоляцию всех ограждающих поверхностей – не только стен, но и пола, потолка, чердака, подвала и фундамента. В пассивном доме формируется несколько слоев теплоизоляции – внутренняя и внешняя. Это

позволяет одновременно не выпускать тепло из дома и не впускать холод внутрь него. Также производится устранение “мостиков холода” в ограждающих конструкциях. В результате в пассивных домах теплотери через ограждающие поверхности не превышают 15 кВт·ч с одного м<sup>2</sup> отапливаемой площади в год – практически в двадцать раз ниже, чем в обычных зданиях.

Окна пассивного дома практически не требуются открывать для проветривания. В пассивном доме используются двух- или трехкамерные стеклопакеты, заполненные низко-теплопроводным аргоном или криптоном. Применяется более герметичная конструкция примыкания окон к стенам, утепляются оконные проемы. Стекла имеют специальный состав, обрабатываются особым образом, покрываются пленками, отражающими тепловое излучение. Иногда для дополнительной теплоизоляции на окнах устанавливают ставни, жалюзи или шторы.

Самые большие окна направлены на юг (в северном полушарии), и они приносят в среднем больше тепла, чем теряют.

На сегодняшний день технология строительства пассивных домов далеко не всегда позволяет отказаться от активного отопления или охлаждения, особенно в регионах с постоянно высокими или низкими температурами, а также резкими перепадами температур, например, в зонах с континентальным климатом. Тем не менее, органичной частью пассивного дома является система обогрева, кондиционирования и вентиляции, расходующая ресурсы более эффективно, чем в конвенциональных домах. Пассивный дом использует комбинацию низкоэнергетических строительных техник и технологий.

В конвенциональных домах вентиляция осуществляется за счет естественного побуждения движения воздуха, который обычно проникает в помещение через специальные пазы в окнах и удаляется пассивными вентиляционными системами, расположенными в кухнях и санузлах.

В энергоэффективных зданиях используется более сложная система: вместо окон с открытыми пазами используются звукоизолирующие герметичные стеклопакеты, а приточно-вытяжная вентиляция помещений осуществляется централизованно через установку рекуперации тепла. Дополнительного повышения энергоэффективности можно добиться, если воздух выходит из дома и поступает в него через подземный воздухопровод, снабженный теплообменником. В теплообменнике нагретый воздух отдает тепло холодному воздуху.

Зимой холодный воздух входит в подземный воздухопровод, нагреваясь там за счет тепла земли, и затем поступает в рекуператор. В рекуператоре отработанный домашний воздух нагревает поступивший свежий и выбрасывается на улицу. Нагретый свежий воздух, поступающий в дом, имеет в результате температуру около 17°C. Летом горячий воздух, поступая в подземный воздухопровод, охлаждается там от контакта с землей примерно до этой же температуры. За счет такой системы в пассивном доме постоянно поддерживаются комфортные условия. Лишь иногда бывает необходимо использование маломощных нагревателей или кондиционеров (тепловой насос) для минимальной регулировки температуры.

В Центральной Азии исследования в области использования систем солнечного теплоснабжения проводились еще в 1980–84 гг. Технические аспекты применения солнечной энергии для отопления и охлаждения зданий изучались в советский период научно-исследовательским институтом им. Кржижановского, ФТИ АН УзССР, ТашЗНИИЭП. В частности, институтом ТашЗНИИЭП проводились исследования по проектированию жилых домов средней этажности с малокомнатными квартирами и пассивной системой гелиотеплоснабжения [1]. В то время определились два основных направления в решении проблемы использования солнечной энергии для теплообеспечения здания. Первое – совершенствование и создание новых систем гелиотеплоснабжения – являлось задачей специалистов по инженерному оборудованию. Второе связано с решением вопросов совершенствования объемно-планировочной структуры зданий и застройки в связи с использованием солнечной энергии, что являлось задачей архитекторов.

Известно, что роль архитектуры здания при использовании солнечной энергии с помощью пассивных приемов гелиотеплоснабжения достаточно значима. Сложилась определенная последовательность внедрения принципов использования энергии солнца в зданиях – сначала необходимо довести до минимума теплопотребности, а затем использовать энергию солнца.

Пассивная система солнечного отопления отличается от других систем (активной и интегральной) простотой исполнения, большей надежностью и незначительным превышением стоимости по отношению к постройкам без подобной системы [2]. Это подтверждало целесообразность широкого внедрения гелиодомов с пассивной системой солнечного отопления.

Исследования, проведенные в те годы институтом ТашЗНИИЭП, показали наиболее приемлемые планировочные варианты зданий с пассивными приемами гелиотеплоснабжения: один вариант с гелиофасадом с южной стороны здания, другой – снабженный внутренней остекленной световой шахтой – *демпферным* пространством.

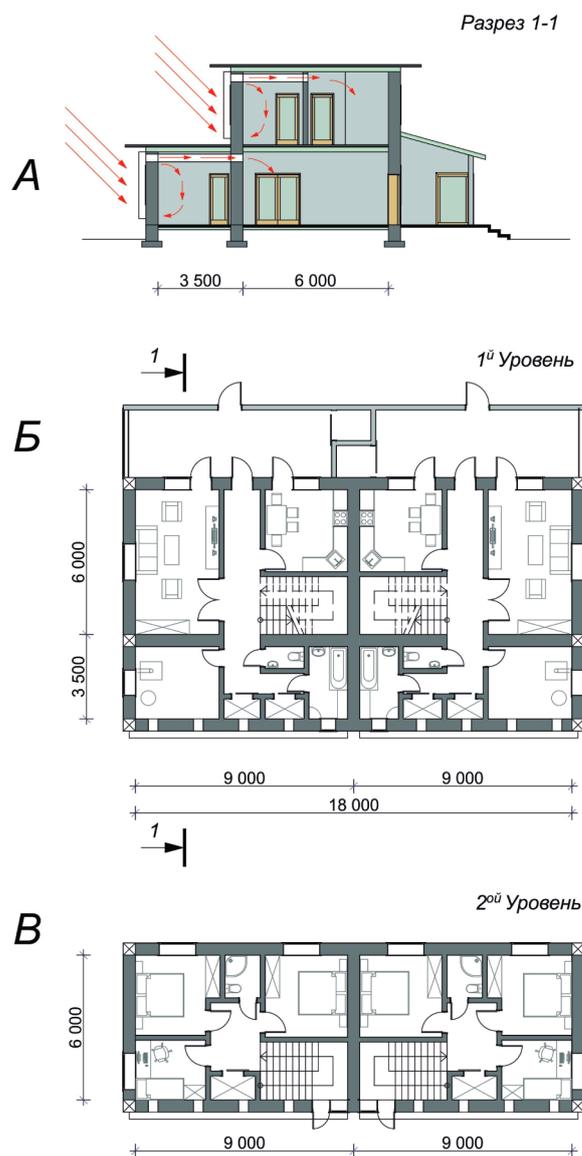


Рис.1. Гелиодом в поселке Улугбек (Республика Узбекистан): А – разрез по А–А; Б – план первого уровня; В – план второго уровня. В первом варианте исследования проводились на основе натуральных замеров температурно-

го режима жилого двухквартирного гелиодома в двух уровнях, построенного в поселке Улугбек (Республика Узбекистан) еще в 1979 г. [3] (рис.1).

Основные жилые помещения ориентированы на юг, а технические (кухня, котельная, ванная и санузел) – на север. Гелиоприемник сконструирован в виде остекленной поверхности фасада с южной стороны на первом и втором уровнях. В нижней и верхней частях стен предусмотрены отверстия (20×30 см), устроенные для обогрева жилых помещений из гелиоприемника.

Натурные обследования различных сезонов погоды и режимов эксплуатации показали, что гелиодома с пассивной системой солнечного отопления целесообразно возводить на юге Центральной Азии. Основное условие – среднемесячная температура января должна быть выше 0°С. Такие дома проектируются с широким корпусом, с общей комнатой и техническими помещениями на первом этаже и спальнями на втором.

Преимущественное количество помещений необходимо ориентировать на гелиофасад. Планировочная структура гелиодомов с пассивной системой должна обеспечить возможность достаточного воздухообмена жилых комнат северного и южного рядов, в этой связи рекомендуется устройство дополнительного дверного проема из общей комнаты в жилую комнату северной ориентации. Дверные проемы спален, выходящих на противоположные фасады (С и Ю) необходимо располагать напротив. Такое расположение позволило обеспечить поступление тепла из комнаты с южной ориентацией в комнату северной (см. рис.1).

Наиболее приемлемыми способами повышения теплозащитной способности зданий от воздействия наружных температур являлась защита части наружных стен с помощью остекления летними помещениями и защита части наружных стен демпферными пространствами типа остекленной аэрационной шахты.

На тепловое поведение здания может значительно повлиять остекление помещений. В зависимости от положения в структуре помещений оно может в большей или меньшей степени способствовать сокращению теплопотерь стен отапливаемых помещений, граничащих с ним, а при ориентации остекленной поверхности на юг дает возможность получить дополнительное солнечное тепло. Эффективность воздействия остекления помещений, на тепловой режим помещений граничащих с ними, зависит во многом от характеристик летних помещений.

Исследования тех лет показали, что из существующих типов летних помещений определенный теплотехнический эффект получен при остеклении лишь полуоткрытых помещений типа “веранда”, решенных в виде пристроенных к основному корпусу объемов, а также при остеклении полуоткрытых помещений типа “лоджия”, организованных частично или полностью в общем объеме здания.

Кроме того, исследования также показали, что чрезвычайно эффективным типом демпферного пространства является остекленный световой шахтный рекреационный дворик в жилье на группу малокомнатных квартир в домах средней этажности, а по аналогии в общественных зданиях – в дошкольных учреждениях до 200–300 мест и в школьных зданиях до 1000 мест. Здания с шахтами, обладающие корпусом значительной ширины, при некотором совершенствовании пространственной структуры шахтных зданий можно эффективно использовать как здания с пассивной системой гелиоотопления.

На рис. 2, а-в показаны схемы зданий с “остекленной световой шахтой” – двором общего пользования с горизонтальными коммуникациями. Остекление здесь располагается над шахтой от кровли трехэтажной части до перекрытия пятиэтажной части здания. Остекление шахты для предотвращения перегрева в летних условиях должно быть выполнено частично трансформируемым.

Конструктивной схемой зданий с демпферным пространством типа “остекленная световая шахта” могут быть крупнопанельные и каркасно-панельной конструкции. Формирование остекленных демпферных пространств позволило значительно сократить теплопотери и эффективно использовать солнечную энергию для дополнительного отапливания здания.

Требование ориентации остекления демпферного пространства на юг и размещение его вдоль длинной стороны светоаэрационной шахты в зданиях большой ширины с четырехрядным размещением помещений приводит к тому, что одной длинной стороной дом ориентирован на северную сторону горизонта. Чтобы это было допустимо, необходимо предусмотреть определенные планировочные мероприятия для ориентации части жилых помещений северного блока квартир на другие стороны горизонта (рис. 2 а, б).

При ориентации остекления демпферного пространства и, соответственно, всего дома по длинной стороне не строго на юг, а с разворотом к западу или востоку на 30–40°, допустимо на

всех четырех сторонах дома располагать квартиры с односторонней ориентацией жилых помещений. В этих случаях остекленные светоаэрационные шахты будут эффективно выполнять в основном теплозащитную роль. Сколько-нибудь значительное улавливание солнечной энергии будет в этих случаях возможно в ноябре, марте, апреле.

Для демпферных пространств типа “световая светоаэрационная шахта” были проведены стационарные расчеты теплового режима при применении двух- и однослойного остекления.

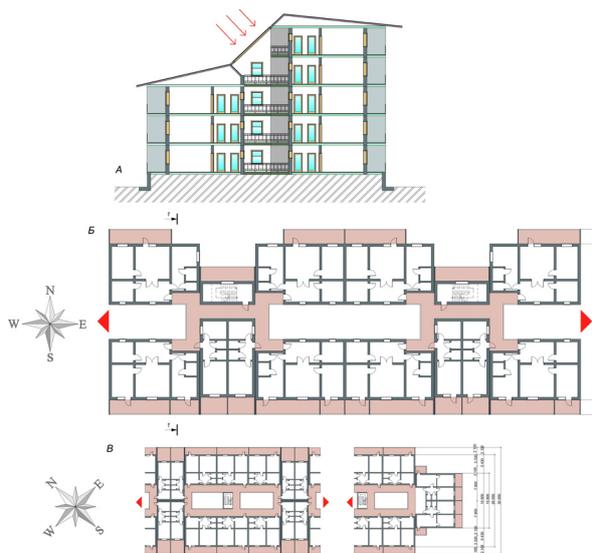


Рис. 2. Схема жилых домов средней этажности с малокомнатными квартирами с пассивной системой гелиотеплоснабжения: а – разрез плана дома широтной ориентации; б – фрагмент плана дома широтной ориентации; в – фрагменты плана дома, ориентированного на промежуточные румбы горизонта.

При применении однослойного остекления величина  $K_{03}$  в зависимости от конкретных решений колеблется в пределах 1/1,5; 1/1,7. При этом температура в светоаэрационной шахте – демпферном пространстве – устанавливается в  $+5^{\circ}\text{C}$ , при наружной  $-15^{\circ}\text{C}$ . При наличии солнечной радиации (в расчетах принята величина среднесуточной солнечной радиации  $200 \text{ ккал/чм}^2$ ) среднесуточная температура в светоаэрационных шахтах будет на уровне  $+9-11^{\circ}\text{C}$ .

При применении двухслойного остекления над светоаэрационной шахтой величина  $K_{03}$  колеблется в пределах 1/2,5–1/2,8. Это приводит к тому, что температура в таком демпферном пространстве устанавливается без какого-либо

отопления в пределах  $+9-10^{\circ}\text{C}$ . При пропускании солнечной радиации через двойное остекление демпферного пространства в пределах  $200 \text{ ккал/чм}^2$  величина среднесуточной температуры в светоаэрационных шахтах будет на уровне  $+14-18^{\circ}\text{C}$ .

Накопление большого количества тепла в остекленных светоаэрационных шахтах возможно в солнечные зимние часы. Температура в шахтах, особенно в верхней части, может подняться до некомфортной. В этом случае целесообразно перемещение воздуха в квартирах, при помощи конвекции за счет устройства в стенах каждого этажа отверстий в верхней и нижней части, что позволит использовать остекленные светоаэрационные шахты в качестве дополнительной пассивной гелиосистемы отопления.

Результаты расчета температурного режима остекленных светоаэрационных шахт одинарного и двойного остекления показали, что эффективность остекления как элемента пассивной системы гелиоотопления зависит не только от количества слоев стекла или от безмерного увеличения площадей остекления, а во многом от структурных качеств пространства между остеклением и стенами, названного нами демпферным пространством и места размещения этого остекления. Для того чтобы достичь такого же эффекта в уменьшении теплопотерь, как при одинарном остеклении над светоаэрационной шахтой было бы необходимо увеличить толщину керамзитобетонных стен ( $\gamma = 1100 \text{ кг/м}^3$ ), примыкающих к шахте с 30 до 55–60 см. Для достижения эффекта как при двойном остеклении над шахтой, толщину стен необходимо было бы увеличить до 90–95 см, а при учете солнечной радиации – и до 2 м.

Таким образом, при формировании новых типов зданий, а также при усовершенствовании существующих, защищаемых от внешних воздействий примыкающими демпферными пространствами, должны соблюдаться следующие условия:

- форма и местоположение остекленного демпферного пространства не должны в значительной степени увеличивать наружный периметр стен зданий;
- большая часть наружных стен отапливаемых помещений по возможности должна быть защищена от непосредственного воздействия наружных температур остекленными демпферными пространствами;
- в числе прочего эффективность остекления демпферного пространства тем выше, чем меньше соотношение  $F_{\text{охл.}}/F_{\text{защ.}}$ , где  $F_{\text{охл.}}$  –

площадь охлаждаемых поверхностей демпферного пространства,  $F_{\text{защ}}$  – площадь наружных поверхностей здания обращенных в демпферное пространство, т.е. чем большую поверхность наружных стен здания защищает единица остекления демпферного пространства, тем эффективнее работа остекления;

- в домах с остекленными демпферными пространствами типа “светоаэрационная шахта” целесообразно применять конструктивные мероприятия для создания естественной циркуляции нагретого воздуха в отапливаемые помещения;
- в домах с остекленными летними помещениями типа “веранда” или “лоджия” целесообразно трактовать эти демпферные пространства как элемент теплозащиты без устройства специальных мероприятий для создания циркуляции воздуха;
- в домах возможно применение нескольких типов демпферных пространств, которые в

целом при совместном применении могут значительно улучшить тепловое поведение жилища.

#### *Литература*

1. *Шамузафаров А.Ш.* Жилые дома средней этажности с малокомнатными квартирами с пассивной системой гелиотеплоснабжения / Типология жилых и общественных зданий для условий IV климатического района Средней Азии: Сб. науч. тр. / ТашЗНИИЭП. Ташкент, 1984. С. 61–70.
2. *Doug Kolbaugh.* Maison Princoton dans le New Jersey, USA // *Techniques Architecture.* 1977. № 316, Juine–Juillet.
3. *Саидов А.А., Аvezов Р.Р., Гафуров А.М.* Исследование микроклимата гелиодома с пассивной системой и особенности планировочной структуры таких домов в Средней Азии // Солнцезащита и микроклимат гражданских зданий в Средней Азии: Сб. науч. тр. / ТашЗНИИЭП. Ташкент, 1982. С. 67–79.