

пространств, развивающихся параллельно долине р. Днепр. За последние годы появились элементы, активно формирующие еще одну подобную структуру – вдоль правого берега Днепра.

ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. **Авдотьян Л. Н.** Градостроительное проектирование: учеб. для вузов / Л. Н. Авдотьян, И. Г. Лежава, И. М. Смоляр. – М. : Стройиздат, 1989. – 432 с.
2. **Гвоздик Л. П.** Планувальна організація загальноміського центру / Л. П. Гвоздик // Містобудування та територіальне планування. – 1999. – № 4. – С. 42 – 45.
3. **Мазур Т. М., Король Є. І.** Роль комплексного підходу до благоустрою системи відкритих просторів міста / Т. М. Мазур, Є. І. Король // Вісник Нац. ун-ту «Львівська політехніка». – 2007. – № 585. – С. 84 – 90.
4. Руководство по проектированию общественных центров городов, поселков и сельских населенных мест / ЦНИИП градостроительства. – М. : Стройиздат, 1982. – 79 с.

УДК 711.001.86

ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ АРХИТЕКТУРНОЙ СРЕДЫ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОГО (ПАССИВНОГО) ЖИЛЬЯ

А. О. Сардыкова, асп., асс.

Ключевые слова: энергоэффективное жильё, пассивный дом, энергопотребление, экологичность

Постановка проблемы. Жильё – главный фактор, приводящий к деградации окружающей среды: 40 % всего потребления энергии, 70 % выбросов окислов азота, горы мусора. Жилищная проблема оказывает большую нагрузку на окружающую среду. В области энергетики применяются опасные и дорогостоящие технологии, сводящиеся к централизованно-технократическим способам накопления и передачи энергии на большие расстояния.

Современная архитектура стремится создавать экологически чистые энергоэффективные здания. Ведутся разработки по эффективному управлению и потреблению природных ресурсов.

Теоретическая база исследования. Общетеоретические вопросы проектирования и строительства пассивных зданий рассматривались в работах архитекторов: Николаса Исаака (Nicholas Isaak) и Эндрю Исаака (Andrew C. Isaak), Манчестер, штат Нью-Хэмпшир, США. Изучением энергоэффективных (пассивных) домов занимались архитекторы Вернер Фюслер из бюро R-M-P architekten (Германия), Татьяна Эрнст (Украина), Павел Казанцев (Россия) и др. Математическими расчетами дома-термоса или пассивного дома занимались немецкий инженер-физик Вольфганг Файст, российский физик Юрий Лапин [1; 7; 10; 13; 14].

Цель исследования: выявление особенностей формирования архитектурной среды энергоэффективного (пассивного) жилья.

Задачи исследования: анализ пассивных домов. Выявить особенности проектирования оболочки энергосберегающего (пассивного) дома. Классифицировать здания в зависимости от уровня их энергопотребления. Определить параметры здания, соответствующего пассивному дому. Рассмотреть стандарты энергосбережения в различных странах.

Объект исследования: энергоэффективное (пассивное) жильё.

Предмет исследования: архитектурная среда энергоэффективного (пассивного) жилья.

Результаты работы. Энергоэффективное (пассивное) жильё – это жильё, основной особенностью которого является малое энергопотребление и, полностью или частично, отсутствие необходимости отопления. Снижение потребления энергии достигается в первую очередь за счет уменьшения теплопотерь здания. Архитектурная концепция пассивного дома базируется на таких принципах: компактность, качественное и максимально эффективное утепление, отсутствие мостиков холода в материалах и узлах примыкания, правильная геометрия здания, зонирование, ориентация по сторонам света. Из активных методов в пассивном доме обязательным является использование системы приточно-вытяжной вентиляции с рекуперацией. В идеале пассивный дом должен быть независимой энергосистемой, вообще не требующей расходов на поддержание комфортной температуры.

Отопление пассивного дома должно происходить благодаря теплу, выделяемому живущими в нём людьми и бытовыми приборами. При необходимости дополнительного «активного» обогрева желательным является использование альтернативных источников энергии. Горячее водоснабжение также может осуществляться за счёт установок возобновляемой энергии: тепловых насосов или солнечных водонагревателей. Решать проблему охлаждения и кондиционирования здания также предполагается за счет соответствующего архитектурного решения, а в случае необходимости дополнительного охлаждения – за счет альтернативных источников энергии [10; 12].

Понятие пассивного дома предложили в мае 1988 года доктор Вольфганг Файст, позднее основатель «Института пассивного дома» в Дармштадте (Германия), и профессор Бо Адамсон из Лундского университета (Швеция). В дальнейшем их концепция разрабатывалась в многочисленных исследовательских проектах, финансируемых Германией.

В 1996 году был создан «Институт пассивного дома» в городе Дармштадт. «Пассивные дома» были определены как здания, имеющие незначительные требования к теплоснабжению и поэтому не нуждающиеся в активном отоплении. Такой дом должен быть «пассивно» теплым – использовать имеющиеся внутренние источники тепла, солнечную энергию, попадающую через окна и нагревающую воздух. Теоретическое доказательство осуществимости таких домов было представлено в диссертации «Пассивные дома в Центральной Европе» через компьютеризированную модель энергобаланса зданий. В этом документе строительные элементы, определяющие энергопотребление здания, систематически изменяются и оптимизируются на основании эффективного использования энергии и создания комфортных условий для проживания.

К первым энергоэффективным зданиям можно отнести сооружение, построенное в 1972 году в городе Манчестер, штат Нью-Гэмпшир (США). При проектировании этого здания были применены такие энергосберегающие технологии как: зависимое от сторон света и розы ветров расположение здания; уменьшенная площадь остекления (не больше 10 %); отсутствие остекления по северному фасаду; двухслойная конструкция наружных стен; солнцезащитные козырьки на окнах; максимально возможное использование естественного освещения, в т. ч. и «открытой» планировкой внутренних помещений; снижение потерь на подогрев наружного воздуха путем рециркуляции; использование резервуаров для хранения охлажденной и нагретой воды; использование солнечных коллекторов.

В 1973 – 1979 годах был построен комплекс «Econo-House» в городе Отаниеми, Финляндия. В здании, кроме сложного объёмно-планировочного решения, учитывающего особенности местоположения и климата, была применена особая система вентиляции, при которой воздух нагревался за счёт солнечной радиации, тепло которой аккумулировалось специальными стеклопакетами и жалюзи. В общую схему теплообмена здания, обеспечивающую энергоэффективность, были включены солнечные коллекторы и геотермальная установка. Форма скатов кровли здания учитывала широту места строительства и углы падения солнечных лучей в различное время года. В результате ежегодное удельное теплопотребление первой секции комплекса «Econo-House» составило 124 кВт.ч/м², а ежегодное удельное электропотребление – 79 кВт.ч/м². Вторая секция комплекса: удельное теплопотребление – 70 кВт.ч/м², удельное электропотребление – 57 кВт.ч/м². Комплекс «Econo-House» стал на 60 % экономичнее традиционных зданий подобного типа.

Первый пассивный дом построен в Дармштадте. Для этого в Гессене была создана рабочая группа ученых, разработавшая восемь научно-исследовательских проектов, результаты которых использованы в строительстве первого пассивного дома. Также было разработано несколько архитектурных проектов, проведено исследование повышения эффективности циркуляции тепла в системе вентиляции, установлены параметры вентиляции для поддержания воздуха надлежащего качества, разработаны высокоэффективные изотермические оконные рамы, детали с минимальной потерей тепла для соединения различных строительных элементов. При строительстве дом был оснащен весьма точными средствами мониторинга, чтобы в дальнейшем была возможность оценить его эффективность.

Первый «стандартизированный» пассивный дом построен в 2005 году в Ирландии шведской компанией «Scandinavian Homes». На сегодняшний день в мире насчитывается около 25 тысяч сертифицированных пассивных домов, большая часть из которых находится в Германии, Австрии и странах Скандинавии [5; 11; 13; 14].

Оболочка энергосберегающего (пассивного) дома. Теплоизоляция оболочки пассивного

дома оказывает решающее влияние на необходимое потребление тепловой энергии на отопление. Эта теплоизоляция должна иметь высочайшее качество и укладываться плотно и без зазоров вокруг всего здания.

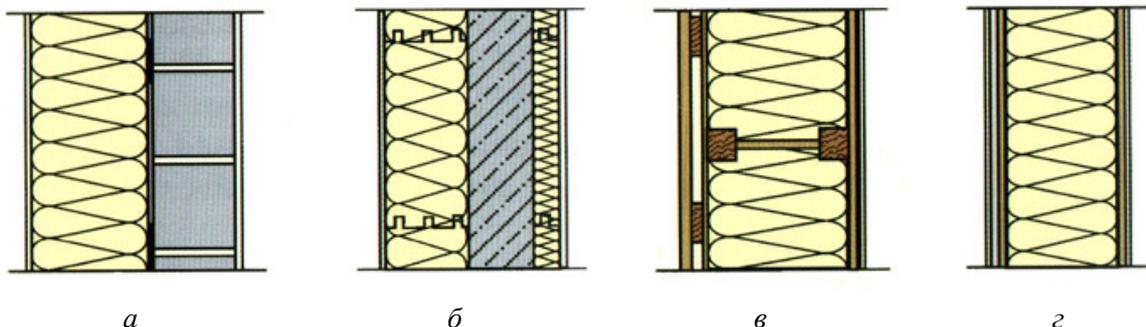
Теплоизоляция здания считается самой лучшей тогда, когда значительно снижаются теплопотери. Проще всего это достигается при проектировании наружных стен по возможности с минимальной площадью. Такое устройство теплоизоляции является экономически эффективным: если площадь наружной оболочки мала, то уменьшается стоимость строительства. Принципы для достижения этого давно известны: по возможности компактный способ строительства с благоприятным A/V соотношением (отношение площади внутренних поверхностей наружных ограждающих конструкций здания к отапливаемому объему здания [m^2/m^3]); сооружение пристроек вместо отдельно стоящих зданий; следует избегать сложных форм наружной теплоизоляционной оболочки здания [13; 14].

Основные принципы хорошей теплоизоляции: необходимо определить замкнутую термическую (теплоизоляционную) оболочку, охватывающую комфортную зону; все помещения, температура которых в зимнее время должна быть выше $+ 15\text{ }^\circ\text{C}$, находятся внутри оболочки; эта оболочка, которая прерывается только в местах установки окон, должна иметь высокие теплоизоляционные характеристики; минимальная толщина утеплителя составляет в любом месте теплоизоляционной оболочки 25 см. (Группа по коэффициенту теплопроводности 040). Для проектирования это означает: в каждом горизонтальном разрезе и в каждом сечении теплоизоляционную оболочку каждого отдельного строительного объекта необходимо показывать на чертежах широкой толстой линией карандашом в масштабе, эквивалентном толщине утеплителя 25 см. Целесообразно, чтобы коэффициент теплопередачи U был равен около $0,1\text{ Вт}/(m^2K)$ (сопротивление теплопередаче $R0 = 1/0,1 = 10\text{ (}m^2C\text{)}/\text{Вт.}$), что соответствует эквивалентной толщине эффективного утеплителя около 40 см. В будущем все больше будут использоваться также вакуумные панели, с применением которых возможен высокий теплоизоляционный эффект при относительно малых толщинах стен.

За последние пять лет был разработан ряд конструкций наружных стен, пригодных для пассивных зданий:

- а) теплоизоляционная система для наружных стен (двухслойная конструкция) с толщиной эффективной теплоизоляции более 25 см;
- б) несъемная опалубка из пенополистирола, которая заполняется бетоном на строительной площадке. Не представляет особых проблем увеличение наружного слоя пенополистирольной опалубки на несколько сантиметров для достижения стандарта пассивного дома;
- в) элементы стен из деревянных щитов с двутавровыми легкими балками и более чем 30-сантиметровым слоем теплоизоляции;
- г) многослойные стеновые элементы заводской готовности с теплоизоляцией из пенополиуретана;
- д) готовые элементы из легкого бетона с интегрированной теплоизоляцией;
- е) блочные шпунтовые дощатые стены с теплоизоляцией, находящейся с наружной стороны;
- ж) простая технология из природного материала: строительство с использованием тюков из соломы. Данный метод очень популярен в Северной Америке;
- з) версия хай-тек: вакуумная теплоизоляция, с помощью которой можно успешно достичь низкого значения коэффициента теплопередачи уже при толщине от 2,5 см [1; 5; 7 – 9].

Постоянно разрабатываются новые конструкции, например, пористый бетон в комбинации с теплоизоляцией из минеральной ваты (рис. 1).



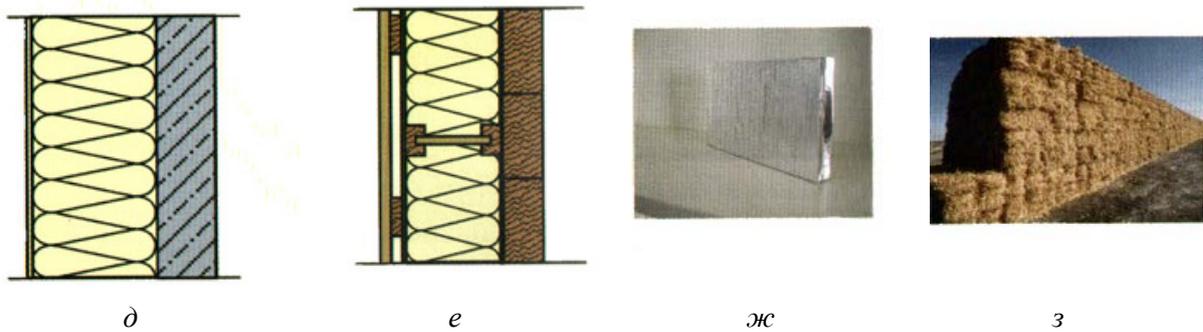


Рис. 1. Конструкции наружных стен: а – стена из кирпичной кладки с системой наружного утепления более 25 см; б – опалубочный элемент из плотного пенополистирола (24 см); в – легкий стеновой элемент и каркас из деревянных или двутавровых балок + теплоизоляция (30 – 40 см); г – готовые строительные стеновые конструкции из пенополиуретанов, сэндвич-панелей (20 см); д – готовые блоки из легкого бетона с интегрированной теплоизоляцией; е – блочная шпунтовая дощатая стена; ж – стена из соломенных тюков (60 см); з – хай-тек: вакуумная изоляция (2,5 см)

Окна в пассивном доме. В энергосберегающем доме устанавливаются окна, снабженные вакуумными стеклопакетами – двух- или трехкамерные стеклопакеты, заполненные низко-теплопроводным аргоном или криптоном, или стеклопакеты, собранные по принципу стеклоблоков. Стёкла обрабатываются особым образом – закаливаются с целью избегания теплового шока, покрываются диоксидной светоотражающей и энергосберегающей плёнкой. Кроме того, применяется более герметичная конструкция примыкания окон к стенам, утепляются оконные проёмы. Сведен к минимуму размер оконных рам, чтобы даже при небольшом размере окна дом получал максимальное количество солнечного света и тепла. Самые большие окна направлены на юг. Окна в пассивном доме служат главным образом для освещения и получения солнечного тепла, а не для проветривания. Даже зимой энергетический баланс таких окон оказывается положительным. Для дополнительной теплоизоляции или защиты от перегрева на окнах устанавливают ставни, жалюзи или шторы.

Освещение в пассивном доме. Освещение дома потребляет значительную часть энергии и требует оптимизации в условиях “пассивного дома”. Для того чтобы тратить меньше энергии на освещение дома, не снижая при этом комфорта проживания в нем, используют осветительные приборы на основе светодиодов (LED). Они практически не выделяют тепла, имея благодаря этому очень высокое значение КПД. Однако из-за некоторых конструктивных особенностей светодиоды не могут давать столько же света, сколько та же лампа накаливания, поэтому поодиночке светодиоды применять нет смысла. Именно поэтому используют целые блоки светодиодов, которые и дают необходимый уровень освещенности в доме. Автоматизацию освещения в помещениях обеспечивают с помощью специальных датчиков и таймеров. Использование таймеров позволяет экономить электроэнергию, например, в ночные часы, когда люди спят, – следовательно, освещение им не нужно [2 – 4; 6].

Существует следующая классификация зданий в зависимости от уровня их энергопотребления:

- «старое здание» (построенные до 1970-х годов) – для отопления требуется более 300 кВт·ч/м²год;
- «новое здание» (построенные в период 1970 – 2000 годов) – не более 150 кВт·ч/м²год;
- «дом низкого потребления энергии» – не более 60 кВт·ч/м²год;
- «пассивный дом» – не более 15 кВт·ч/м²год;
- «дом нулевой энергии» (здание, архитектурно имеющее тот же стандарт, что и пассивный дом, но инженерно оснащенное таким образом, чтобы потреблять исключительно ту энергию, которую само и вырабатывает) – 0 кВт·ч/м²год;
- «дом плюс энергии» или «активный дом» – здание, которое благодаря использованию солнечных батарей, коллекторов, тепловых насосов, рекуператоров, грунтовых теплообменников вырабатывает больше энергии, чем само потребляет.

Параметры стандарта пассивного дома одинаковы во всем мире. Они установлены профессором Файстом, изобретателем технологии пассивного дома, и Институтом пассивного

дома в г. Дармштадт [1].

Пассивным домом можно назвать здание, соответствующее параметрам:

- повышенная теплоизоляция оболочки строения – $U < 0,15 \text{ Вт}/(\text{м}^2\text{К})$;
- исключено возникновение мостиков холода;
- компактность формы строения;
- пассивное использование солнечной энергии – ориентация дома на юг, отсутствие затенения;
- специальные стеклопакеты, с коэффициентом теплопередачи окна (UW) не более $0,8 \text{ Вт}/(\text{м}^2\text{К})$;
- коэффициент энергопроникновения (g-Wert) – около 50 %;
- герметичность дома на уровне $n_{50} < 0,6/\text{час}$;
- рекуперация тепла отработанного воздуха (уровень возврата тепла более 75 %);
- бытовая техника с низким потреблением электроэнергии;
- использование солнечных коллекторов или тепловых насосов для подогрева воды;
- использование грунтового теплообменника для пассивного подогрева воздуха [1].

В разных странах существуют свои стандарты энергосбережения:

США – стандарт требует потребления энергии на отопление дома не более 1 BTU (British Thermal Unit) на квадратный фут помещения;

Швейцария – стандарт «минэнерджи» (MINENERGIE-P) – предусматривает расчетный показатель потребности энергии для отопления, горячего водоснабжения и вентиляции в размере $38 \text{ кВт}\cdot\text{час}/\text{м}^2$ в год, фактор первичной энергии – не более 0,9, также обязательным является наличие регулируемой вентиляции с рекуперацией тепла;

Ирландия – пассивный дом должен потреблять энергии на 85 % меньше стандартного дома, а также выбрасывать в атмосферу на 94 % меньше CO_2 , чем обычный дом;

Великобритания – пассивный дом должен потреблять энергии на 77 % меньше обычного дома;

Испания – энергосберегающие жилые дома должны быть оборудованы солнечными водонагревателями для самостоятельного обеспечения 30 – 70 % потребностей в горячей воде, в зависимости от места расположения дома и ожидаемого потребления воды; нежилые здания должны иметь фотоэлектрическое оборудование;

Италия (Южный Тироль) – потребление тепловой энергии должно быть не более $38 \text{ кВт}\cdot\text{ч}/\text{м}^2$ в год, отопление с помощью возобновляемых энергоносителей, использование экологически чистых и безопасных для здоровья строительных материалов [13; 14].

Принцип пассивного дома – высокая эффективность оболочки здания. Максимально допустимый годовой удельный расход тепловой энергии пассивного дома составляет около $10 \text{ Вт}/\text{м}^2$. Два основных положения пассивного дома – это уменьшение теплопотерь и оптимизация теплопоступления при пассивном использовании солнечной энергии (рис. 2).



Рис. 2. Схема пассивного дома

При теплопотерях различают теплопередачу через воздухонепроницаемые строительные элементы вследствие теплопроводности (называемую «трансмиссионной теплопередачей») и теплопотери с воздушными потоками (называемые «вентиляционными теплопотерями»). Оба вида теплопотерь в пассивном доме по сравнению с обычными зданиями должны быть уменьшены. Тогда достаточны теплоступления в зимний период, которые компенсируют незначительные теплопотери. Методы сокращения теплопотерь: улучшенная теплоизоляция стандартных строительных элементов (кровля, стены, полы); уменьшение тепловых мостов за счет качественного выполнения работ; герметизация оболочки здания; использование специальных окон для пассивных зданий; высокоэффективная рекуперация тепла из вытяжного воздуха.

Выводы. Технология «пассивного дома» помогает наиболее рационально использовать «естественное» тепло дома (тепло, вырабатываемое людьми и бытовой техникой) и свести к минимуму любые энергозатраты из «внешних» источников. Большинство «пассивных домов» используют от 5 до 10 % энергии, которая уходит на обогрев обычного дома. Энергоэффективные (пассивные) дома обладают практически независимой энергосистемой, что достигается за счет высокой эффективности оболочки здания и принудительной вентиляции с теплообменником. Использование альтернативных источников энергии: оснащение тепловыми насосами, солнечными коллекторами и панелями, геотермальными установками.

ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. **Вольфганг Файст.** Основные положения по проектированию пассивных домов / Вольфганг Файст. – М. : Изд-во Ассоциация строит. вузов, 2008. – 144 с.
2. **Давидсон Б. М.** Архитектура жилища и местный климат / Б. М. Давидсон – М. : МАРХИ, 1986. – 106 с.
3. **Дектерев С. А.** Климат и архитектура народного жилища / С. А. Дектерев – Свердловск : Изд-во Урал. ун-та, 1989. – 208 с.
4. **Дубров А. П.** Экология жилища и здоровье человека / А. П. Дубров – Уфа : Слово, 1996. – 96 с.
5. **Йожеф Косо** Ваш новый дом (Энергосберегающие технологии) / Йожеф Косо. – Венгрия: Контент, 2008. – 230 с.
6. **Йожеф Косо** Солнечный дом (Естественное освещение в планировке и строительстве) / Йожеф Косо. – Венгрия: Контент, 2008. – 175 с.
7. **Лапин Ю. Н.** Автономные экологические дома / Ю. Н. Лапин. – М. : Алгоритм, 2005. – 416 с.
8. **Огородников И. А.** Экодом в Сибири / И. А. Огородников – Новосибирск, 1997. – 115 с.
9. Дом «ноль» энергии...потому, что земля и солнце не выставляют счетов: сб. ст. / Составитель О. Б. Денис. – Изд. 4-е, доклад. – Львов: ЭКОинформ, 2009. – 336 с.
10. **Табунщиков Ю. А.** Энергоэффективные здания / Ю. А. Табунщиков, М. М. Бродач, Н. В. Шилкин – М. : Авок-пресс, 2003. – 200с.
11. **Лапин Ю. Н.** Экожилье и будущее человеческих поселений [Электронный ресурс] / Ю. Н. Лапин. – Режим доступа http://www.ecodom.ru/ecodom/ecodom4/ecodom4_13.html – Назв. с экрана.
12. Пассивный дом [Электронный ресурс]. – Режим доступа <http://www.passivehouse.ua>.
13. Теплоизоляция для пассивных домов [Электронный ресурс] / Вольфганг Файст. – Режим доступа <http://www.passiv-rus.ru>.
14. **Широков Е.** Энергоэффективные дома [Электронный ресурс] / Е. Широков. – Режим доступа <http://www.strawhouse.ru/tehnology/articles/Shirokov/>.