

Печеник О. Н., Печеник В. С.

Национальный Университет «Львовская политехника»

ПАССИВНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СОЛНЕЧНОЙ ЭНЕРГИИ ДЛЯ НАГРЕВАНИЯ И ОХЛАЖДЕНИЯ ЗДАНИЙ

УДК 711.4+620.92

Печеник О. Н., Печеник В. С. Пассивное использование солнечной энергии для нагрева и охлаждения зданий. Рассмотрены проблемы использования солнечной энергии для обеспечения комфортных параметров микроклимата внутренней среды зданий. Проведен сравнительный анализ эффективности и стоимости применения 2-х способов – активного и пассивного. Активный рассматривает здание как внутреннюю замкнутую систему с усилением изолирующих свойств ограждающих конструкций и предусматривает создание и использование специальных технических средств для сбора, сохранения и распределения солнечной энергии. Квалифицированное обслуживание таких устройств требует больших финансовых затрат. Пассивный способ рассматривает здание как объект, связанный с внешней средой: конструкции и объем здания, объекты окружающей среды играют роль энергетического оборудования. Эффективные природные обменные процессы внутреннего объема здания с окружающей средой решаются объемно-планировочными и конструктивными – пассивными средствами. Технические средства здесь играют вспомогательную роль. Обоснована целесообразность более широкого применения пассивных способов утилизации энергии солнца.

Ключевые слова: обогрев и охлаждение зданий, способы пассивного использования энергии солнца.

Печеник О. М., Печеник В. С. Пасивне використання сонячної енергії для нагрівання та охолодження будівель. Розглянуті проблеми використання сонячної енергії для забезпечення комфортних параметрів, мікроклімату внутрішнього середовища будинків. Проведено порівняльний аналіз ефективності та вартості застосування 2-х способів – активного і пасивного. Активний розглядає будинок як внутрішню замкнену систему з підсиленням ізолюючих властивостей огорожувальних конструкцій і передбачає створення та використання спеціальних технічних засобів для збирання, збереження і розподілу сонячної енергії. Кваліфіковане обслуговування таких пристроїв вимагає великих фінансових витрат. Пасивний спосіб розглядає будинок як об'єкт, пов'язаний із зовнішнім середовищем: конструкції і об'єм будинку разом із об'єктами зовнішнього середовища виконують роль енергетичного обладнання. Ефективні природні процеси обміну внутрішнього об'єму будинку з довкіллям вирішуються об'ємно-планувальними і конструктивними, тобто пасивними засобами. Технічні системи тут відіграють допоміжну роль. Обґрунтовано доцільність більш широкого використання пасивних способів утилізації енергоресурсів сонця.

Ключові слова: обігрів та охолодження будівель, способи пассивного застосування енергії сонця.

Pechenyk O., Pechenyk V. Passive utilization of solar energy for heating and cooling inside buildings. The problems of solar energy utilization for delivering appropriate interior microclimate inside buildings are considered. We provided comprehensive analyses of cost-effectiveness of active and passive solar energy utilization methods for interior heating and cooling inside buildings. In active solar energy utilization models a building is an enclosed system with improved isolation properties. These models require installation and servicing of special technical equipment for collecting, accumulating and distributing of solar energy, which, subsequently, needs appreciable financial investment. In case of passive solar energy utilization models the constructive elements of buildings in interaction with internal volume and the environment objects produce energy needed for proper microclimate parameters support. Additional technical equipment in this case is optional. We consider the passive methods should be used more frequently as more cost-effective.

Keywords: heating and cooling inside buildings, solar energy and passive methods of its utilization.

Постановка проблемы. Возможность и технология использования солнечной энергии для отопления известна давно и общепризнана. Однако настоятельная необходимость обратиться к ней появилась только после энергетического кризиса 1975 г., когда во многих странах возникла потребность в новых источниках энергии.

В существующих условиях отрасли топливно-энергетического комплекса Украины играют особую роль, обеспечивая не только промышленное производство, но и комфортную жизнедеятельность населения. Становится очевидным, что при любых вариантах развития экономики нашей страны, национальные энергетические ресурсы не обеспечат потребности государства. В то же время, отрицательный внешнеторговый баланс страны резко ограничивает возможности приобретения таких ресурсов за пределами Украины, и такое положение дел, скорее всего, будет сохраняться долго.

Анализ последних исследований и публикаций. Территория Украины расположена большей частью в умеренных широтах. Это дает возможность использовать в системе градостроительных мер естественное поступление тепловой энергии солнечного излучения в зданиях для поддержания благоприятного микроклимата внутри помещений. Необходимо обеспечить достаточный уровень инсоляции внешних ограждающих стен за счет оптимальной ориентации зданий по сторонам света. Более сложной проблемой является теплоснабжение систем расселения с малой плотностью, в которой подавляющая часть застройки представлена одно- и малоэтажными домами. В этом случае стоимость тепловых сетей и потери ими тепла, по сравнению с более крупными поселениями, сильно возрастает. Для такого типа поселений перспективным может оказаться отопление с использованием солнечной энергии [3:43; 5:36; 5:46].

Во всем мире неуклонно растет количество исследований, посвященных практическому применению солнечной энергии для поддержания оптимальных микроклиматических параметров внутренней среды зданий при изменении параметров внешней среды. Все чаще внимание ученых и бизнесменов в разных странах и климатических регионах мира обращено к наибольшему и чистейшему источнику возобновляемой

энергии — Солнцу, расположенному от Земли на расстоянии около 150 млн. км. Излучение Солнца высокостабильное и практически неисчерпаемо на миллиарды лет вперед. Интенсивность излучения на поверхности Солнца — 70–80 тыс. кВт/м² при температуре 6000° С. Значительную часть этой энергии — примерно 180000 млрд кВт — получает наша Земля.

Использование солнечной энергии связано с высокими затратами и подвержено воздействию множества факторов, учитывать которые необходимо для эффективного сбора, хранения и распределения энергии. Основные недостатки солнечной энергии: нерегулярность поступления, огромное рассеивание, что вызывает необходимость создания относительно большой поглощающей поверхности и аккумуляторов тепловой энергии. Однако существуют и значительные преимущества: использование солнечной энергии не приводит к загрязнению окружающей среды; солнечные коллекторы могут быть построены без каких-либо распределяющих систем; эта энергия доступна практически везде.

Приведем количество солнечного излучения, поступающего на 1 м² горизонтальной поверхности в шести городах Украины:

- Донецк – за год 4,44 ГДж/м² за апрель–сентябрь 3,40 ГДж/м²;
- Киев – соответственно 4,12 ГДж/м² и 3,21 ГДж/м²;
- Сумы – соответственно 3,89 ГДж/м² и 3,06 ГДж/м²;
- Львов – соответственно 3,85 ГДж/м² и 2,96 ГДж/м². [4:218].

Если рассматривать обращенные к югу, западу и востоку окна зданий как элементы пассивной солнечной системы отопления, то получится, что все построенные в Украине здания воспринимают в солнечные дни зимы примерно 32 млн ГДж тепловой энергии. Для выработки эквивалентного количества тепла котельные ежегодно расходуют около 1,5 млн тонн условного топлива, что составляет около 4% от всего количества топлива, расходуемого на отопление. Принимая во внимание огромный потенциал солнечной энергии, возобновляемость и экологическую безопасность, она может рассматриваться в качестве доминанты энергетических ресурсов зданий на ближайшую перспективу.

Украина, обладая благоприятным климатом, многочисленными регионами с высокой солнечной активностью, недостаточно реализует потенциал солнечного излучения для отопления зданий с целью экономии традиционных топливно-энергетических ресурсов. Это связано не только с экономическими причинами, но и с отсутствием комплексных научных исследований по сравнению эффективности различных способов применения солнечной энергии для обогрева и охлаждения внутренней среды зданий.

Связь с научными и практическими задачами. Данная работа вытекает из направления научно-педагогической работы кафедры «Архитектурные конструкции» по внедрению методов энергосбережения в архитектуре.

Цель статьи данного исследования сравнить эффективность использования различных вариантов утилизации солнечной энергии для обеспечения внутреннего микроклимата зданий и выделить наиболее перспективных из них.

Изложение основного материала исследования. Известно 2 принципиально различных подхода к решению данных задач — активный и пассивный. Активный подход подразумевает создание специальных технических средств для сбора, хранения и распределения солнечной энергии и рассматривает здание как внутреннюю замкнутую систему с усилением изолирующих свойств ограждающих конструкций. Однако себестоимость таких технических средств достаточно высока, а их содержание и квалифицированное обслуживание требует дополнительных затрат.

Пассивный подход рассматривает здание как объект, связанный с окружающей средой. Само здание, его конструкции и объем, объекты окружающей среды выполняют роль энергетической установки. Эффективные естественные обменные процессы внутреннего объема здания с окружающей средой решаются ландшафтно-градостроительными, объемно-планировочными и конструктивными — пассивными способами [3:34, 1:37]. Технические системы в этом случае играют вспомогательную роль. Целесообразность применения таких пассивных систем обусловили их сравнительно невысокая стоимость, простота использования и экологичность. Таким образом, учитывая большую стоимость активного способа утилизации солнечной энергии, следует шире применять пассивные системы использования энергии солнца там, где это экономически оправдано.

Рассмотрим основные элементы солнечных конструкций. Все уголки земли получают солнечную энергию. Количество этой энергии, получаемой ежедневно, зависит от географического положения и климатических условий, но ее практическое использование возможно повсюду. На нынешнем этапе развития науки и технологий в области строительства и архитектуры Солнцу отведена одна практическая утилитарная возможность — нагрев воды для бытовых нужд и отопления там, где это экономически выгодно.

Основные функции солнечной тепловой системы — поглощение, передача, хранение и отдача тепла. Главными элементами, характеризующими систему использования солнечного тепла, служат коллектор и тепловой аккумулятор.

Задача солнечных коллекторов — аккумуляция солнечной радиации с максимально возможной эффективностью. Существуют различные типы коллекторов, отличающихся внешней формой на-

ружних поверхностей, устройством поглощающих поверхностей и аккумулирующих средств.

Приведем проекты пассивных солнечных систем. Пассивные системы солнечного обогрева и охлаждения основаны на (естественных) природных потоках, протекающих через или вокруг здания, их разделяют на три основных категории:

Прямые системы: тепло собирается напрямую внутри пространства здания или, для охлаждения, теряется или напрямую рассеивается из внутренней среды здания.

Непрямые системы: накопление или потеря тепла происходит через внешнюю ограждающую оболочку здания.

Изолированные системы: накопление или потеря тепла происходит вне внешней оболочки здания [5: 819].

Любая эффективная пассивная система включает в себя элементы сохранения энергии. Наиболее эффективной является отопительная система, использующая пассивный солнечный нагрев, которая сводит к минимуму потери тепла. Элементы сохранения энергии включают адекватный утеплитель, ориентацию здания, соотношение «поверхность — объем», соответствующие материалы, текстуру и окончательную отделку. Температура нагрева среды зависит от адекватного солнечного коллектора, аккумулятора, распределения и контроля, использования трех базовых процессов переноса энергии: кондукции, конвекции и радиации. Эффективная работа пассивной системы часто включает в себя контроль потребления, необходимый, чтобы вносить изменения или не принимать во внимание приливы энергии внутри здания или на его наружной оболочке. Поверхности солнечных коллекторов, выполненные главным образом из прозрачных или полупрозрачных пластиков, стекловолокон или стекла, ориентированы в южном направлении. Повреждение материала может быть вызвано солнечной радиацией или другими погодными воздействиями. Изолирование этих зон коллекторов для контроля ночных потерь является очень важным в экстремальных климатических условиях. Теплоизолирующие материалы аккумуляторов включают бетон, кирпич, песок, керамические плитки (черепицу), камень и воду или другие жидкости. Аккумуляторы должны быть расположены таким образом, чтобы получить максимум солнечного облучения, прямого или непрямого. Соответствующая теплоизолирующая способность аккумуляторов позволяет поглощать и сохранять солнечное тепло, пока оно не будет нужным и помогает сокращать колебания температуры внутри помещения. Распределение тепла происходит естественно посредством кондукции, конвекции и радиации. Обычно избегают применения вентиляторов и другого технического оборудования распределяющего энергию; однако иногда оно востребовано для точных процессов.

Прямые системы применения солнечной энергии используют в известной степени большинство зданий, что является приближением к самому простому пассивному солнечному дому и дает выигрыш в энергосбережении.

Здесь коллекторы и аккумуляторы интегрированы в объем сооружения. Ориентированный на юг застекленный коллектор впускает радиацию зимнего солнца во внутреннее пространство. Тепловой аккумулятор, включенный в состав структуры здания, абсорбирует солнечную энергию. В течение прохладного сезона окна, стены и крыши могут быть действующими или способными открываться для естественной или принудительной вентиляции, или охлаждения масс и внутреннего пространства.

Пассивные солнечные системы — нагревание (рис. 1 слева) и охлаждение (рис. 1 справа).

В процессе сравнения различных способов хранения тепловой энергии авторы пришли к выводу, что наиболее экономичными являются системы, где изолированный объем аккумулятора необязателен. В таких системах сами конструктивные элементы здания сберегают тепло, благодаря чему стоимость солнечной системы отопления существенно снижается. В качестве примера приведем солнечный дом в Шовенсиле-Шато во Франции. Черная стена аккумулятора с вертикальными коллекторами образует южный фасад дома. Конструкция аккумулятора включена в несущие конструкции самого дома. Стоимость возведения таких стен практически не превышает стоимости обычных стен [2:92] (рис. 2). На рисунке обозначены: 1 — радиация; 2 — стекло («тривер») 45 м²; 3 — воздушная прослойка; 4 — бетонные стены, аккумулирующие тепло (снаружи черные); 5 — движение теплого воздуха в жилое помещение; 6 — холодный воздух; 7 — циркуляция теплого воздуха в комнате;

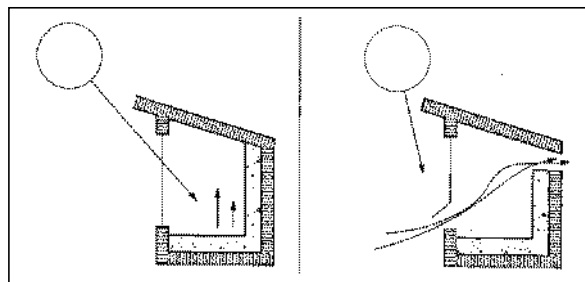


Рис. 1

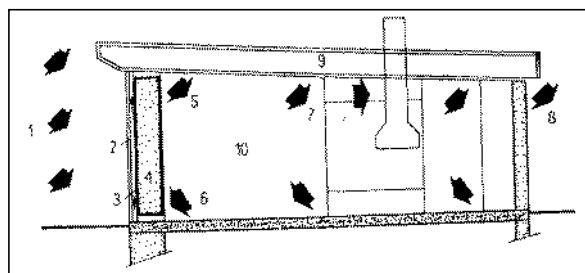


Рис. 2

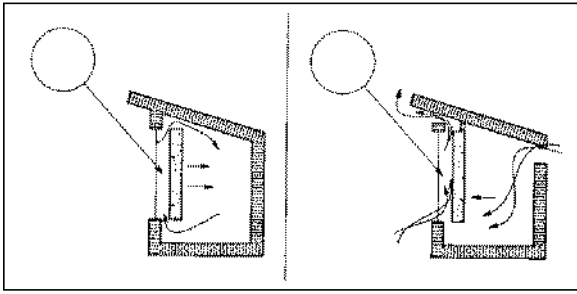


Рис. 3

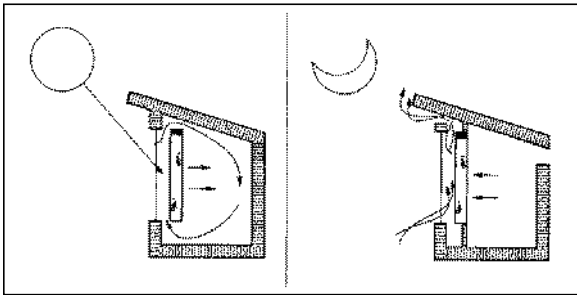


Рис. 4

8 — выпуск воздуха; 9 — стальная трубчатая конструкция крыши; 10 — жилое пространство (106 м², 275 м³).

Непрямые системы образуют группу **массивных стен и водоемов** на крыше. Термоаккумулирующие стены базируются на концепции «от солнца к массе, от массы к пространству». Коллекторы и аккумуляторы отделены от пространства, но объединены термически. Солнечная энергия передается посредством кондукции стене и затем, посредством радиации, пространству. Массивная стена может вентилироваться в течение дня тепловым потоком во внутреннее пространство. Если применено вентиляционное отверстие, тогда масс-стена относится к типу стен Тромба (черная стена со стеклянными поверхностями и вертикальными коллекторами образует южный фасад здания). Стены аккумулятора толщиной 35 см могут сохранять почти половину поступающей солнечной радиации и обеспечивают циркуляцию в жилом помещении теплого воздуха, который сохраняется до следующего утра. В системе «масс-стена» аккумулятор почти всегда выполнен из каменной кладки или бетона со стороны южного остекления. «Масс-стены» должны иметь выход наружу и быть затемненными в летний период [2: 91]

Термоаккумулирующая масс-стена — нагревание (рис. 3 слева) и охлаждение (рис. 3 справа).

К непрямым системам относятся и системы теплового аккумулятора типа «водяная стена» и «водоем на крыше» [2:77]. Системы водяных стен используют жидкость, помещенную в батареи или трубы прямо позади ориентированного на юг остекления, действующих в качестве термоакку-

муляторов. Солнечная радиация поглощается контейнерами воды. Эта энергия постепенно высвобождается по мере потребности в интерьере. Потенциальными проблемами водяных аккумуляторов являются коррозия, рост бактерий и водорослей. Водяная стена должна быть затемнена или вентилирована с наружной стороны в периоды охлаждения и защищена от замерзания, когда это необходимо.

Термоаккумулирующая стена — «водяная стена» — нагревание (рис. 4 слева) и охлаждение (рис. 4 справа)

В системе водоемов на крыше жидкостные аккумуляторы располагаются на перекрытии или на крыше. В течение отопительных сезонов утепляющие водоем панели днем раздвинуты с целью подвергнуть массы аккумулятора воздействию солнца. Энергия поглощается бассейном, расположенным на крыше. Ночью утепляющие панели возвращаются на место над аккумулятором, позволяя ему излучать накопленное тепло в интерьер здания. Летом процесс изменяется в противоположном направлении. Установленные на крыше водоемы, изолированные в течение дня от солнца, поглощают внутренне тепло дома. Ночью утепляющие панели открыты, чтобы позволить водяным аккумуляторам излучать накопившееся тепло в небо [5:40,41].

Водоемы на крыше — нагревание (рис. 5 слева) и охлаждение (рис. 5 справа)

К **изолированным системам** относятся **солнечное пространство** и **термосифон**. В проектах **солнечного пространства** солнечный коллектор и основные тепловые аккумуляторы часто изолированы от жизненных пространств (от жилых площадей), хотя возможны отклонения. Солнечные системы функционируют независимо от внутреннего пространства (интерьера) здания, хотя тепло может быть извлечено в случае необходимости из солнечного пространства (тепловой аккумулятор в жилой зоне квалифицируется как «непрямая система»). Даже в ясные зимние дни солнечные пространства могут перегреваться вследствие наличия больших застекленных площадей. Для охлаждения солнечное пространство может быть изолировано, чтобы индуцировать конвективный поток из окружающего пространства и должно быть затемнено, преимущественно в интерьере.

Солнечное пространство — нагревание (рис. 6 слева) и охлаждение (рис. 6 справа).

Термосифоны — естественные конвективные системы, основанные на увеличении или уменьшении нагрева или охлаждения таких элементов, как воздух. Как только температура меняется, воздух движется без механического вмешательства. Когда солнце нагревает поверхность коллектора, согревание воздуха возрастает. Одновременно прохладный воздух вытягивается со дна коллектора, создавая естественный

конвекційний виток. Тепло конвектує в внутрішнє простір будівлі і зберігається в термомасі до потрібного моменту. В течение отопительних сезонів колектори можуть бути використані в якості теплових камінів. Согревання повітря нарастає, стимулюючи попередньо охолоджений повітря з землі або іншого джерела підніматися вгору, крізь акумуляторні маси.

Термосифон — нагрівання (рис. 7 зліва) і охолодження (рис. 7 справа).

Висновки:

- Економічна ситуація України, дефіцит енергоресурсів схильють до пошуку архітектурно-будівельних рішень по використанню енергії Сонця для створення комфортного внутрішнього мікроклімату будівель.
- Кліматичні умови України характеризуються достаточним кількістю сонячного випромінювання, що дозволяє, при ефективному використанні, зекономити щорічно на обігріві будівель до 4% традиційного палива.
- Застосування активного методу використання сонячної енергії веде до значительних витрат на видобуток сировини, отримання високотехнологічних матеріалів, виготовлення спеціальних колекторів, іншої апаратури, їх транспортування та монтаж.
- В складившійся ситуації найбільш перспективними слід вважати пасивні способи застосування сонячної енергії, що може дати ощутимий економічний ефект.

Перспективи подальших досліджень

зв'язані з розробкою нових і удосконаленням існуючих архітектурно-будівельних рішень по утилізації сонячної енергії.

Література:

1. Миска Й.С. Сонячна енергетика. Теорія і практика/ Й.С. Миска, О.Т. Возняк, О.С. Данько, С.П. Шаповал// Міністерство освіти і науки України, Національний університет «Львівська Політехніка». ¼ Львів: видавництво Львівської політехніки. ¼ 2014. ¼ 340 с.
2. Сабади П. Р. Солнечный дом / П. Р. Сабади — М.: «Стройиздат», 1981. — 105 с.
3. Фильваров Г.И. Экономия энергоресурсов в градостроительстве/ Г.И. Фильваров, В.П. Крыжановский, И.К. Быстряков, Н.И. Жук ¼ Киев: «Будівельник», 1985. ¼ 102 с.
4. Украина. Энергосбережение в зданиях. ¼ Киев. Энергетический центр ЕС, 1996. ¼ 274с.
5. Ramsey C. G. Architectural graphic standards / C. G. Ramsey, H. R. Sleeper; Wiley, John & Sons, Inc. — 10th ed. — 2000. — 1088 p.

Рецензент статті: Шулдан Л. А., канд. архітектури, доцент кафедри «Архітектурні конструкції», Національний університет «Львівська політехніка»

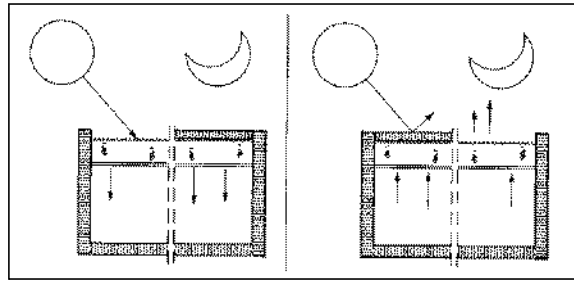


Рис. 5

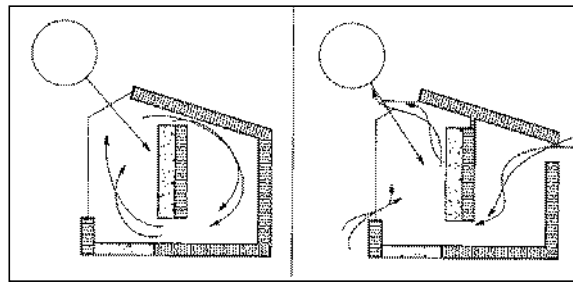


Рис. 6

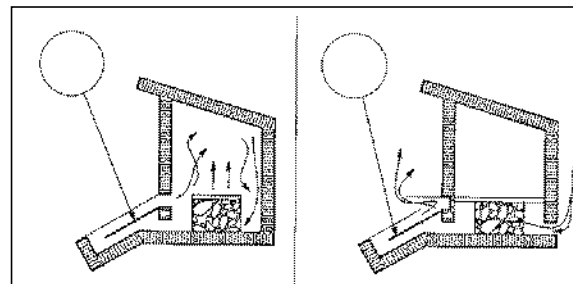


Рис. 7