

УДК 728.1

МАЛОЭТАЖНЫЕ ЭКОДОМА «SOLAR» С ПАССИВНЫМ СОЛНЕЧНЫМ ОТОПЛЕНИЕМ

Казанцев П.А.

Дальневосточный федеральный университет, г. Владивосток

Отличаясь достаточно суровой зимой с сильными северными ветрами, южное Приморье буквально залито солнечным теплом. За год на юге Приморья поступает 1681,3 кВт/ч солнечной радиации на квадратный метр, и большая ее часть приходится на зимний период [1]. Для мелкосопочного ландшафта южного Приморья характерен резкий контраст температур воздуха между северным и южным склоном сопки - до 10 - 11°C, и его влажности - в среднем в 5-10%. Количество осадков на смежных склонах за сезон различается до 100 мм и более [2]. Этому способствует высокая контрастность сторон горизонта муссонного климата умеренных широт, и прямая зависимость температурного фона, влажности, режима осадков от направления и интенсивности воздействия векторных климатических факторов – муссонных ветров и солнечной радиации.

Застройка способно существенно скорректировать исходные климатические показатели. Направление ветра может отклоняться на 45 - 180° от исходного, а скорость ветрового потока возрастать в 1,5-2 раза, или снижаться почти в 10 раз в сравнении с полевой. При средней за январь скорости ветра в 9.8 м/с хаотично расположенная застройка может сформировать на уровне движения пешеходов ветер в 20 м/с в мороз 12-15°C, а развернутый против ветра экран, наоборот, снизит его скорость до 1 м/с. Интенсивность инсоляционного прогрева у южных фасадов в зимний полдень может быть увеличена почти в 2 раза благодаря воздействию отраженных солнечных лучей, а летний прогрев затененной от солнца стены снижен в 2-4 раза [3,4]. Изменяя взаимное расположение зданий, их форму и ориентацию по сторонам света, планировку внутреннего пространства, можно регулировать микроклимат придомовых территорий и внутренних помещений, отклоняя ветер и раскрывая застройку солнцу.

При этом, например, более мягкий микроклимат двора благоприятно скажется и на микроклимате раскрытых во двор жилых помещений. По наблюдениям автора, в шлакоблочном доме «сталинского» типа при аварийном отключении централизованного отопления в январе, в течении трех солнечных дней температура воздуха в южных помещениях колебалась около отметки +15°C. При этом эффект от солнечного прогрева обеспечивался практически идеальной ориентацией проемов - 10° к западу от меридиана, отсутствием затеняющих объектов в секторе раскрытия южных окон, и массивными конструкциями дома (первые два фактора обеспечивались только градостроительной ситуацией).

Результаты взаимодействия архитектурной формы и векторных климатических факторов могут быть смоделированы еще на стадии эскизного проектирования, что позволяет направленно изменять микроклимат в границах формируемых открытых и внутренних (закрытых) пространств, используя инженерно-технические средства формирования комфортного микроклимата уже как вспомогательные. Поэтому в сложной системе инженерных и технических решений пассивного солнечного дома ведущая роль будет принадлежать его энергоэффективной архитектуре – совокупности композиционных, функциональных и планировочных решений здания и его участка, обеспечивающих комфортную среду обитания для человека и энергоэффективность эксплуатации здания [5].



Рис. 1. Экодом Solar-5.

Пилотный проект «Энергоэффективное здание Экодом Solar-5» был разработан в 2005 г. автором статьи (архитектура здания и пассивная система солнечного отопления), и сотрудниками Лаборатории нетрадиционной энергетики Института проблем

морских технологий ДВО РАН инженером Александром Волковым и д.т.н., профессором Олегом Ковалевым (разработка активной системы солнечного теплоснабжения, расчет эффективности работы активной и пассивной систем). Экодом Solar-5 в каркасном варианте проектировался для застройки поселка «Радово» (группа из 5 домов в 1 очереди застройки, проектная компания Аргус-Арт), и для частных застройщиков в районе «Старого аэродрома» (каркасная версия, и вариант несущих стен из шлакоблоков с наружным утеплением). В 2007 г. энергоэффективная архитектура дома защищена патентом на изобретение RU 2342507 (рис. 1).

Отличительными чертами архитектуры здания являются подчинение его формы годовому ходу солнечных координат и господствующим зимним ветрам, а также решение проблемы комбинаторики архитектуры здания и активных солнечных систем – солнечной водонагревательной установки ИПМТ ДВО РАН и фотоэлектрической системы. Обтекаемая клиновидная форма кровли, лишенный проемов северный фасад и позволили снизить максимальную мощность тепловых потерь здания до 7,6 кВт (щитовой дом традиционной архитектуры сопоставимых размеров – 12 кВт) [7]. Северный фасад – без окон, но все комнаты дома освещаются солнцем не менее 4 часов в декабре. Архитектурные особенности здания позволяют в холодный период за световой день обеспечить поступление максимального количества солнечной энергии внутрь здания. Южный скат кровли, врезанный в «подкову», позволяет сохранить комфортный световой климат в жилых помещениях круглый год. Размеры базовой модели дома без открытой террасы – 12 x 8 метров, типовые рамные конструкции позволяют реализовать три варианта малоэтажного дома жилой площадью 78,0, 93,7 и 109,4 кв.м., вход как с западного, так и с восточного фасада при зеркальном планировочном решении. Стоимость квадратного метра общей площади, без активной солнечной системы, оценивается в 1000\$, что сопоставимо с зарубежными аналогами [6]. Состав помещений – традиционный для дома на одну семью с 2 детьми.

Пассивная система солнечного отопления здания включает:

- * термальные массивы перекрытий на отм. 0.000 (8,0 куб.м.) и на отм. 3.300 (2,0 куб.м.); камин (3,0 куб.м.); стену Тромба-Мишеля (1,2 куб.м.), инсолируемые непосредственно через витражи южной и западной ориентации (28,0 кв. м., тип энергосберегающий стеклопакет; соотношение 0,5 куб.м./1,0 кв.м.);
- * термальные массивы внутренних несущих конструкций здания и перегородок, получающими и отдающими тепло только за счет конвективного теплообмена: 2,5 куб.м.;
- * солнечный конвектор в витраже кухни-столовой и светоотражающие покрытия кровли и конькового витража, работающие в сочетании с трубчатыми солнечными коллекторами (рост мощности активной системы до 10%).

Установка активных солнечных систем на здания традиционной архитектуры, как правило, ведет к снижению их эффективности, что компенсируется "лишними" панелями коллекторов, ведет к удорожанию системы. Поэтому к достоинствам архитектуры экодома Solar-5 следует отнести решение проблемы комбинаторики архитектуры и активной системы солнечного тепло- и электроснабжения. Углы южного ската кровли и конькового витража подбирались с учетом максимальной теплоотдачи активной солнечной системы в зимний период. В том числе был использован эффект отражения прямой солнечной радиации южным скатом кровли в область размещения вакуумных панелей при низком солнцестоянии. Геометрия кровли рассчитана на размещение до 15 кв.м. солнечных коллекторов водяного отопления (до 0,8 кВт. с кв.м.) и – дополнительно - фотоэлектрической системы максимальной мощностью до 3 кВт. В качестве дублирующего источника тепловой энергии в комбинированной солнечной водонагревательной установке могут быть применены: электрический подогрев бака-накопителя

горячей воды; котел, работающий на отходах деревообработки; тепловые насосы или любой другой генератор тепловой энергии. Установка воздушного рекуператора в базовой комплектации дома не предусматривалась.

В 2008 – 2011 г. на основе решений «Экодома Solar-5» была запроектирована серия энергоэффективных малоэтажных зданий для массового строительства в условиях региона: жилые экомодули «Solar-5М» и «Solar-5S» (рабочие чертежи, налажено поточное производство на линии Hundegger, рис. 2 и рис.3), малогабаритный индивидуальный жилой дом эконом - класса «Экодом Solar-S» (сметная стоимость 100 000 евро, совместно с проектной компанией М-АРК, стадия проект), его вариант на семью из двух-трех человек «Solar-S экодacha» (рабочие чертежи каркасной версии) и «Экодом Solar-K» для северных и снежных районов Приморского края, юга Хабаровского края и Амурской области (стадия проект, частный заказчик, ограничение по интенсивности поступления солнечной радиации не севернее 50° с.ш.).



Рис. 2. Экомодуль для заповедников и погранзастав Solar-5S. Архитекторы Павел Казанцев и Екатерина Мовчан. Проект выполнен для Технопарка ДВФУ/ДВГТУ

Конструктивные решения зданий – деревянный каркас (конструктор – Слюсарева Т.О.). Решение теплоизоляции по типу «здания-термоса», термическое сопротивление наружных ограждающих конструкций R не ниже 7,0 кв.м.×°C/Вт, витражи – двухкамерный (трехкамерный) энергосберегающий стеклопакет с наружными теплоотражающими рольставнями, утепленный цоколь с обязательным устройством «теплой» отмостки по всему периметру дома (экомодули с теплоизоляцией только по внешнему контуру). Деревянный каркас зданий рассчитан на поточное производство на автоматической деревообрабатывающей линии, основой которой является строгально-фасочный станок Hundegger HMD/HM4 Speed-Cut SC3. При производстве тестового

экземпляра туристического варианта экомодуля «Solar-5М» (3 секции, 3 x 10,5 кв.м.) на распилку и полную сборку каркаса было затрачено 27 часов (Технопарк «Инновационное домостроение» ДВГТУ/ДВФУ, 2010 г). [8,9].

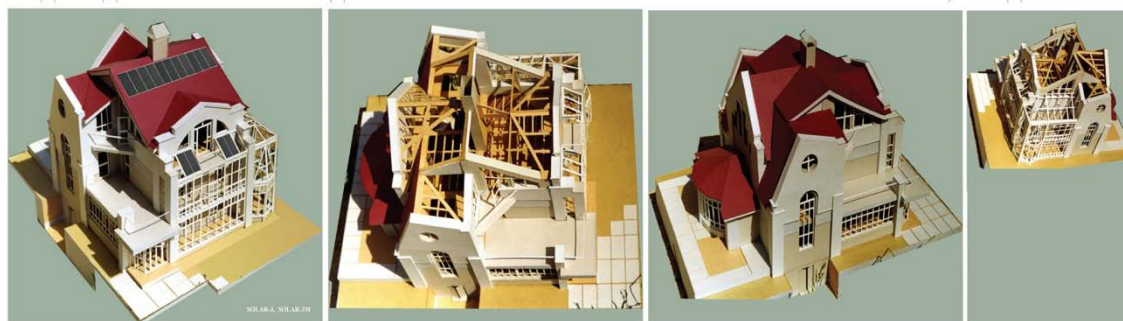


Рис. 3. Процесс сборки экомодуля Solar-5М в Технопарке ДВФУ/ДВГТУ

Проведенные по экодому Solar-5 расчеты показывают, что реализация принципов формирования энергосберегающей архитектурной формы позволит даже в наиболее холодную зимнюю пятидневку (-24°C) компенсировать до 38% затрат на отопление здания. В обычных зимних условиях (-14°C , северный ветер скоростью 5-10 м/с) прямая инсоляция термальных массивов зимнего сада, гостиной и стены Тромба компенсирует 57% потребностей дома в тепле (приведены расчетные данные А.В.Волкова для климатических условий южного Приморья) [7]. Суммарный вклад пассивной (архитектура) и активной (коллекторы) солнечных систем за отопительный сезон – 81%. При этом порог экономической целесообразности использования тех или иных приемов пассивной и активной солнечной архитектуры оценивается в 25% от потребностей здания в отоплении.

Помимо разработки проектов малоэтажных солнечных домов массовой застройки, с 2005 года было выполнено 5 проектов пассивных солнечных домов по частным заказам для юга Приморского края (рис. 4, рис. 5).

ИНДИВИДУАЛЬНЫЙ ЖИЛОЙ ДОМ С СОЛНЕЧНЫМ ОТОПЛЕНИЕМ SOLAR-3/SOLAR-3М, ВЛАДИВОСТОК



РАСЧЕТНЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ ПО СОЛНЕЧНОЙ СИСТЕМЕ ДОМА: ПАССИВНОЕ ОТОПЛЕНИЕ 40% ПОТРЕБНОСТЕЙ В ОТОПЛЕНИИ ЗДАНИЯ, АКТИВНАЯ СИСТЕМА - 40-45%, ЭЛЕКТРОПОДОГРЕВ - 15-20%. РАССМАТРИВАЕТСЯ ВАРИАНТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТЕПЛОВЫХ НАСОСОВ И ВЕТРОВОГО ЭЛЕКТРОГЕНЕРАТОРА. ПРОЕКТ В РЕАЛИЗАЦИИ. АРХИТЕКТОР - П.КАЗАНЦЕВ, КОНСТРУКТОР - А.КАЗОРИН.

ИНДИВИДУАЛЬНЫЙ ЖИЛОЙ ЭКОДОМ С СОЛНЕЧНЫМ ОТОПЛЕНИЕМ **SOLAR-3М**

Рис. 4. Экодом Solar-3М. Архитектор Павел Казанцев, конструктор Алексей Казорин. Проектная компания – М-АРК. Массивный дом – несущие кирпичные стены с наружным утеплением, солнечное отопление Isolated gain, активная солнечная система отопления встроена в откос сопки перед зданием, на кровле – размещение фотоэлектрической системы. Строительство начато в 2010 г., г. Артем, Приморский край.



Рис. 5. Экодом Solar-Astra. Архитекторы Павел Казанцев, Анна Ляшко (проектная компания – М-АРК), конструктор – Татьяна Слюсарева (Аргус-Арт). Каркасный дом, прямой солнечный обогрев центрального атриума и стена Тромба (не реализована), активная солнечная система горячего водоснабжения (в монтаже). Северные фасады – два этажа, глухие, южный – три этажа. Сложная архитектура дома определена участком застройки – необходимостью поддержать фронт улицы, вытянутой с ЮВ на СЗ, и стремлением развернуть основной массив фасада на юг, к Солнцу и морю.

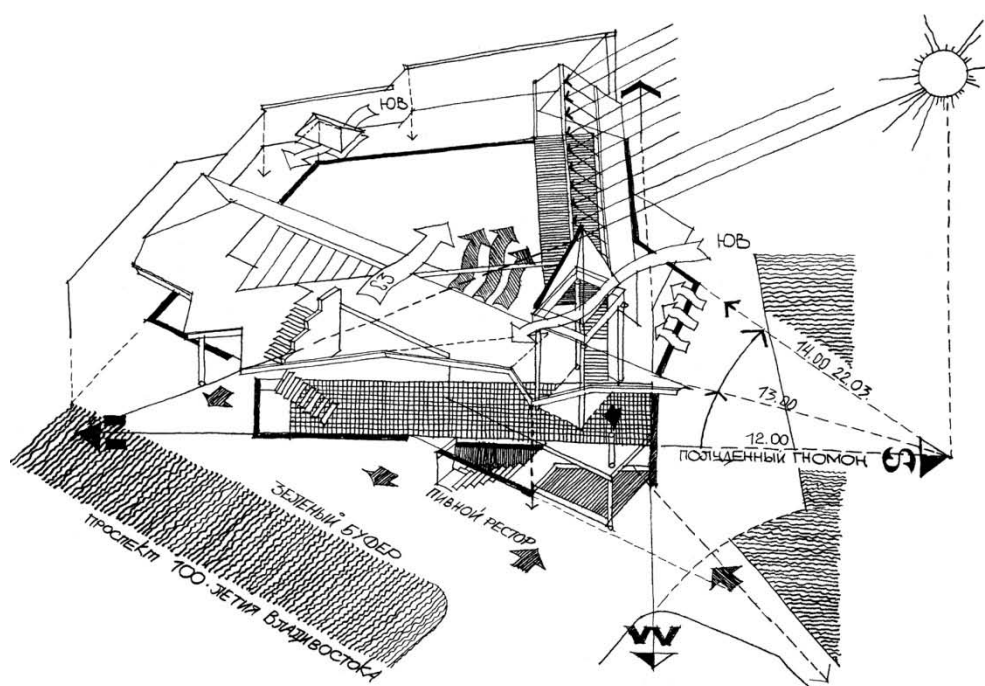


Рис. 6. Супермаркет «Парус», Владивосток. Архитектор Павел Казанцев, конструктор – Татьяна Слюсарева, 2005 г. При проектировании и строительстве в данном случае общественного здания удалось реализовать: - раскрытие атриумов на южную сторону горизонта, - естественную аэрацию на основе «Солнечной трубы», - энергоэффективные витражи, - солнцезащиту западного фасада. Термальные массивы бетонных перекрытий облицованы белым керамогрантом, что практически выключило их из работы, и, дополнительно, вызвало световой дискомфорт в околополуденные часы. Форма здания в плане повторяет границы участка по землеотводу под строительство.

Опыт проектирования солнечных домов массового строительства показал, что помимо субъективных причин, сдерживающих массовое внедрение архитектурных солнечных технологий, основными негативными факторами для региона являются низкое качество строительства и его высокая стоимость. Например, для экодому Solar-5 в каркасной версии, при условии изготовления каркаса в Германии и доставки его морем, стоимость СМР без установки активных систем выходила в 25 т.р./кв.м. (расчет одного из заказчиков каркасной версии), примерно 6 млн. руб. на весь дом. Отечественная фирма (Владивосток) только за производство и сборку каркаса на импортном деревообрабатывающем оборудовании запросила \$200000. Если сравнивать стоимость кв.м реализованных активных солнечных экодому, то в Германии без стоимости земли кв.м. выходит в 50 тыс. рублей «под ключ» (по данным журнала S&W Energy, активные солнечные дома Energetikhous 100 порядка 58000 руб/кв.м., Sonnenhaus Straubing — 46 тыс. руб/кв.м.)[6]. Стоимость кв.м. в малоэтажной застройке района «Патрокл», Владивосток, при высоком качестве строительства – до 139 тыс.руб.

Если рассматривать этот вопрос вне связи с региональным аспектом, экодому в среднем на 10-30% дороже. Но этот недостаток проявляется в системе расчетов на стадии «построил — сдал — забыл». И, если заказчик обезличен (что и происходит, например, при массовой застройке), то энергоэффективная архитектура воспринимается строителем (а нередко и архитектором) как «излишество», требующее к тому же еще и «немецкого качества» проектирования и строительства. Если же мы рассматриваем экономику экодому на всем отрезке эксплуатации здания, экодому здесь вне конкуренции. Срок окупаемости его систем составляет примерно 10 лет. В первую очередь должны быть задействованы экономические рычаги, например, простимулированы заказчики энергоэффективных зданий через льготные кредиты или возврат части средств, затраченных на проектирование и установку систем альтернативного тепло- и электро-снабжения....

Литература

1. Деркачева Л.Н., Русанов В.И.. Климат Приморского края и его влияние на жизнедеятельность человека. Владивосток, ДВО АН СССР, 1990, 136 с.
2. Пивкин В.М., Обертас О.Г., Вольтер В.А., Баранова Т.П. Санитарно-гигиеническая оценка природно-климатических условий городов Дальнего Востока для градостроительных целей (методические рекомендации) Новосибирск, 1977. 67с.
3. Реттер Э.И. Архитектурно-строительная аэродинамика. М: Стройиздат, 1984 –294 с.
4. Яковлев А.В. Градостроительство на Крайнем Севере: (Метод. основы градостроительной физики). Л: Стройиздат, Ленингр. отд-ние, 1987 г. – 182 с.
5. Казанцев Павел. Основы экологической архитектуры. Учебное проектирование энергоэффективных зданий. Теория и практика энергоэффективной архитектуры. Lambert academic publishing, Saarbrucen, Germany, 05.2012 - 205 с.
6. Solar houses: On the way to a mass market. Sun and wind energy 3/2007, p. 16-27
7. Волков А.В., Ковалев О.П., Казанцев П.А. Солнечный дом для Приамурья и Приморья (современные технологии). Архитектура и строительство Дальнего Востока, № 11-12 (56-57). – Хабаровск, 2007. – с. 50-51.
8. Казанцев П.А. Дом с комбинацией активной и пассивной солнечных систем. Архитектура.Ру. – Альманах Союза архитекторов России. – М. СА РФ, 2012. – с. 112-114.
9. Казанцев П.А. Экомодуль Solar-5M/S для учебных и научно-исследовательских целей Вестник Инженерной школы ДВФУ, №2 (11), 2012. – с.21-25