

# СОЛНЕЧНАЯ ЭНЕРГИЯ ДЛЯ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫХ ЖИЛЫХ ДОМОВ В УСЛОВИЯХ БЕЛАРУСИ



Виктор Покотилев



Александр Осененко

Исторически эволюция развития жилых зданий задавалась именно закономерностями солнечной инсоляции в месте застройки, поэтому классические архитектурные постройки для среднеевропейского климата, климата пустыни и т.д. являются примерами прагматичности архитектурно-планировочных решений. Принципы проектирования зданий, эксплуатируемых в полном согласии с радиационным климатом местности, описаны в трудах Сократа, Платона, других ученых и конструкторов. Примером могут служить сохранившиеся до настоящего времени в Иране жилые и общественные постройки, которые в условиях пустыни (ночью 0 °С, днем +40 °С, а в среднем за сутки +20 °С – как и в Беларуси) создают комфортные условия микроклимата за счет так называемой солнечной (биоклиматической) архитектуры без использования кондиционеров и иных устройств. Такие здания, при прочих равных условиях, имеют низкую себестоимость в сравнении с традиционным домостроением, в том числе за счет использования принципов полифункциональности конструктивных узлов.

Более 40 лет тому назад в Англии, США, Дании и др. были построены жилые и общественные здания так называемой солнечной архитектуры, отопление которых в течение года осуществляется за счет солнечной энергии без иных источников теплоты. К сожалению, у нас до сих пор преобладает практика жилых «коробок», ориентация которых по сторонам света и формирование фасадов никак не учитывают особенности локального климата, в результате чего возникают дополнительные теплопотери зимой и перегрев помещений летом. Поэтому жители Беларуси уже привыкли тратить деньги на приобретение квартирных кондиционеров, потребляющих в течение года электроэнергию на производство «холода» летом и «теплоты» – в переходные поры года.

Энергоэффективное проектирование базируется на теплофизической проработке архитектурной части проекта с целью придания энергоактивных качеств отдельным фасадам и зданию в целом. В таком здании инженерные системы представляются как составляющие единого

архитектурно-энергетического комплекса – здания. Для оптимального проектного решения следует предварительно выполнить энергетический анализ климата и места застройки. Затем сформировать несколько вариантов базового решения, из которых на основании анализа помесечных энергетических балансов по составляющим энергозатрат выбрать основной проектный вариант. Такое здание приобретает свойства саморегулирования, благодаря которым в течение года получает от внешней среды оптимальное количество энергии со снижением тепловых сбросов зимой и без перегрева в летний период. Существует множество различных типов энергоэффективных зданий.

Классическим энергоэффективным примером такого здания является индивидуальный дом архитектора К.С. Мельникова, построенный в 1929 г. в Москве (рис. 1). Компактная форма, южная ориентация остекленного фасада, полифункциональность элементов позволяют при минимальных теплопотерях воспринимать солнечную энергию в необходимом количестве в течение всего года.

Суммарная солнечная энергия  $Q_{\alpha}$ , падающая на наклонную поверхность (или гелиоколлектор) состоит из прямой  $S_{\alpha}$ , рассеянной  $D_{\alpha}$  и отраженной радиации  $R_{\alpha}$ :  $Q_{\alpha} = S_{\alpha} + D_{\alpha} + R_{\alpha}$ .

Максимальной активностью к восприятию солнечной энергии в зимний период обладают здания широтной ориентации (рис. 2).

При изучении радиационного режима для вертикальных поверхностей можно ограничиться выявлением направления гелиотермической оси для различных географических областей Беларуси

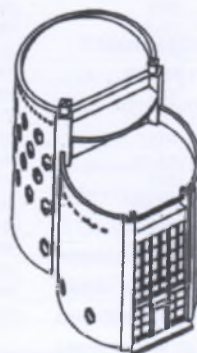


Рис. 1.  
Индивидуальный дом-мастерская архитектора К.С. Мельникова

и вычислением допустимых отклонений зданий от южной ориентации с целью определения возможных градостроительных решений при создании генплана места застройки и решении энергоэффективных фасадов зданий.

При отклонении от широтной ориентации происходит снижение поступающей за отопительный период солнечной энергии. Были вычислены значения коэффициента  $k_{ст}$  в виде отношения суммарной за отопительный сезон радиации  $Q_{ст,i}$  при азимутах  $a_{ст,i}$  к суммарной за отопительный сезон радиации  $Q_{ст}$  при  $a_{ст,i} = 0$  для различных городов Республики Беларусь. В качестве примера на рис. 3 представлены результаты расчета  $k_{ст}$  для климата Витебска.

По результатам расчетов, выполненных для различных географических областей Беларуси, можно отметить следующее.

1. В летний период имеет место перегрев восточного фасада на 16–20% и западного – на 10–14% по сравнению с южным фасадом. За световой день удельное поступление суммарной солнечной энергии на восточный и западный фасады в 2,2–2,4 раза больше,

чем поступления солнечной энергии на южный фасад.

2. В отопительный период максимальной активностью к восприятию солнечной энергии обладает фасад с азимутом  $+3,3^\circ$  в Бресте, Гомеле и Гродно,  $+2,5^\circ$  в Могилеве и Минске,  $+2,2^\circ$  в Витебске. При иной ориентации происходит снижение поступающей солнечной энергии. Однако при допустимом отклонении до 5% получаем диапазон азимутов посадки на местности здания широтной ориентации в Беларуси в пределах  $a_{ст,i} -24...+32^\circ$ .

Предлагаем составлять планировочное решение жилой застройки из ячеек дальнего порядка, сформированных транспортными дорогами широтной ориентации с допустимыми от нее отклонениями на  $+32^\circ$  и  $-24^\circ$  (рис. 4). Таким образом, здание так называемой солнечной архитектуры можно «поворачивать» в диапазоне  $58^\circ$  (в пределах азимутов:  $32^\circ$  на ЮЗ и  $24^\circ$  на ЮВ относительно нулевого меридиана) без снижения его энергоэффективности, что значительно расширяет градостроительные возможности. Ячейка формируется в виде треугольника, боковые грани которо-

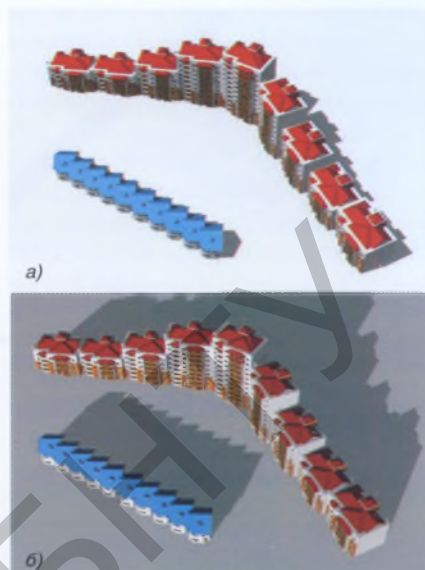


Рис. 4. Энергоэффективная градостроительная ячейка с домами солнечной архитектуры: летний (а) и зимний (б) периоды

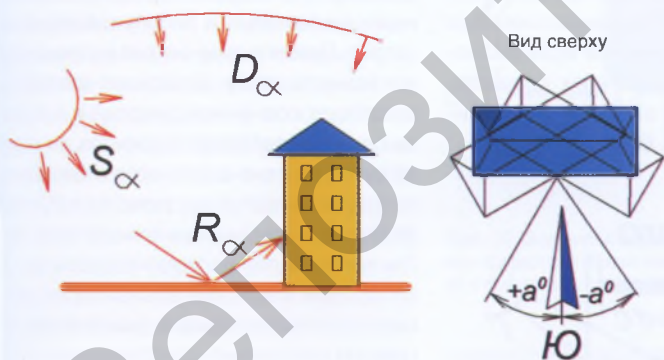


Рис. 2. Компоненты энергетического солнечного излучения и азимуты вертикальной поверхности здания

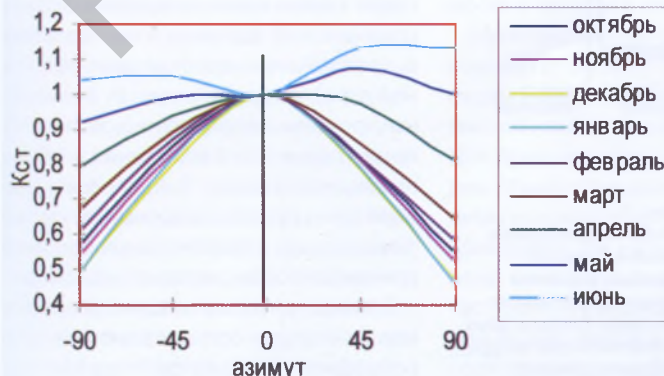


Рис. 3. Зависимость коэффициента  $k_{ст}$  от ориентации стены  $a_{ст,i}$  для каждого месяца года при климатических условиях Витебска

го находятся под углом  $32^\circ$  и  $24^\circ$  относительно его основания широтной ориентации, вдоль которого предусматривается застройка 1–2-этажными блокированными домами. В данной части ячейки могут встраиваться детские сады. На боковых сторонах ячейки располагаются многоэтажные дома с увеличением этажности к вершине ячейки. Дворовые пространства минимальным образом затеняются окружающими зданиями, при этом хорошо вентилируются и в то же время защищены от ветров ЮВ направления, преобладающего в зимний период года, и от ветров СЗ направления – в летний период года. Основное тенеобразование от зданий приходится на полотно дорог, формирующих градостроительную ячейку, что увеличивает срок их службы. Дороги меридианной ориентации нежелательны.

Ячейку можно также формировать в виде прямоугольного треугольника с боковыми гранями – дорогами под углом  $+45^\circ$  и  $-45^\circ$  относительно его основания широтной ориентации.

В Минске имеются кварталы с домами широтной ориентации, например по улице Одинцова, что должно вроде бы способствовать энергоэффективности в отопительный период. Выполненный графический анализ характера инсоляции (совместно с магистром А.В. Лариным) показал: несмотря на широтную ориентацию

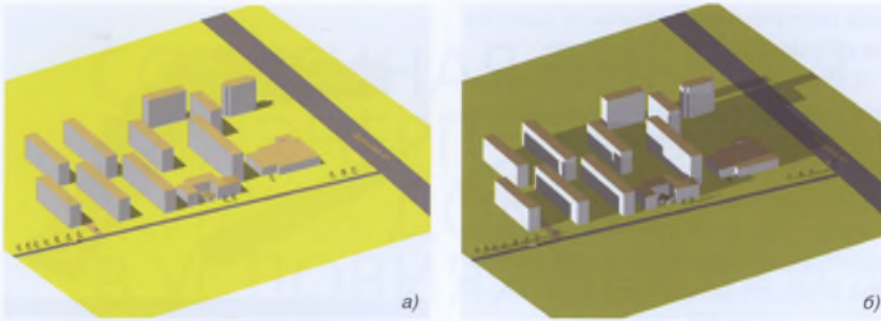


Рис. 5. Характер инсоляции квартальной застройки в летний (а) и зимний (б) периоды

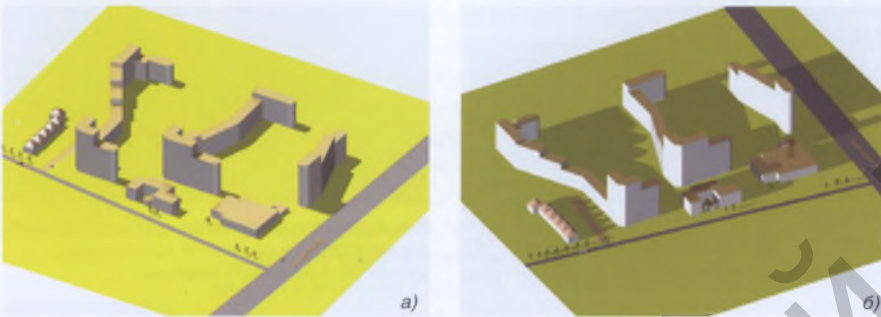


Рис. 6. Альтернативный энергоэффективный вариант квартальной застройки. Характер инсоляции в летний (а) и зимний (б) периоды

зданий, практически исключается использование ими солнечной энергии в зимний период из-за взаимозатененности южных фасадов (рис. 5).

Здесь явно проявляется непродуманность планировочной застройки, так как жилые здания затеняют не только фасады соседних домов, но и перекрывают доступ солнечного облучения к зданиям культурно-образовательного назначения и прилегающим к ним площадкам. Планировка квартала создает

перегрев в помещениях летом и не позволяет использовать солнечную энергию в зимний период.

Мы решили «преобразовать» исходный энергонезэффективный квартал (рис. 4) в энергоэффективный квартал так называемой солнечной архитектуры на основании вышеизложенных принципов с сохранением всех экономических и планировочных параметров и показателей застройки указанной площадки (рис. 6).

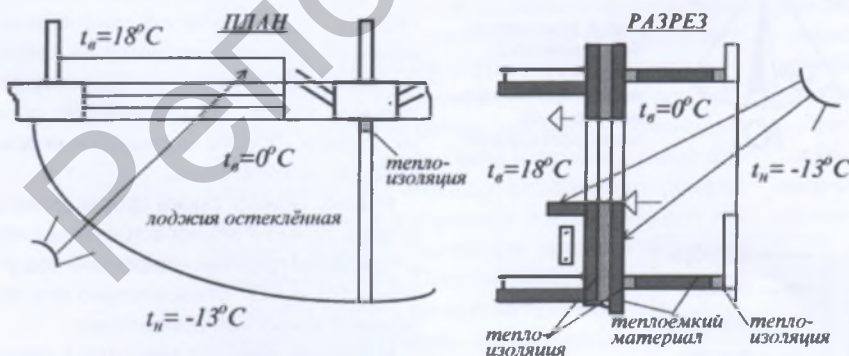


Рис. 7. Энергоэффективное решение южного фасада. Варианты энергоэффективного решения фасадов дома солнечной архитектуры (полдень 22 июня)



Представленный в качестве примера альтернативный вариант квартальной застройки исключает взаимное затенение домов в зимнее время при одновременном сохранении полезной площади застройки. На данном примере показана необходимость энергоэффективного подхода в градостроении, что позволяет без дополнительных капитальных затрат получать энергоэффективное решение и комфортный объем квартала.

В энергоэффективном здании так называемой солнечной архитектуры окна южного фасада рассматриваются в качестве гелиоприемников, а облучаемые внутренние поверхности – в качестве тепловых элементов. Для энергоэффективного здания предлагаем южный фасад из широких окон, заглубленных относительно наружной поверхности ограждений, высотой до 1,2 м в сочетании с широкими теплоемкими подоконниками (из бетона, камня и т.п.) и отражателями с наружной стороны. Эффект значительно повышается при устройстве остекленной лоджии с облучаемыми теплоемкими элементами (рис. 7).

Проблемы энергосбережения в Беларуси, как правило, связывают только с зимним периодом, забывая, что и летом жильцы должны иметь комфортные условия проживания без дополнительных капитальных и эксплуатационных затрат. Летом в течение дня на окна как восточного, так и западного фасадов поступает солнечной энергии в 1,1 раза больше, чем на окна южного, то есть за сутки на окна восточного и западного фасадов поступает теплоты в 2,2 раза больше, чем на окна южного (рис. 8). Так как в жилой застройке преобладают здания меридиональной ориентации, то исходный радиационный перегрев им изначально обеспечен.

Летний перегрев для таких зданий через окна восточного и западного фасадов можно исключить путем формирования этих фасадов в соответствии с простейшими принципами солнечной архитектуры. На рис. 9, а показаны причины перегрева из-за поступления солнечного излучения в объем помещения, на рис. 9, б, в – классические принципы формирования прагматичных энергоэффективных решений для восточного и западного фасадов.

Варианты оформления фасадов вертикальными солнцезащитными устройствами можно встретить в Минске,

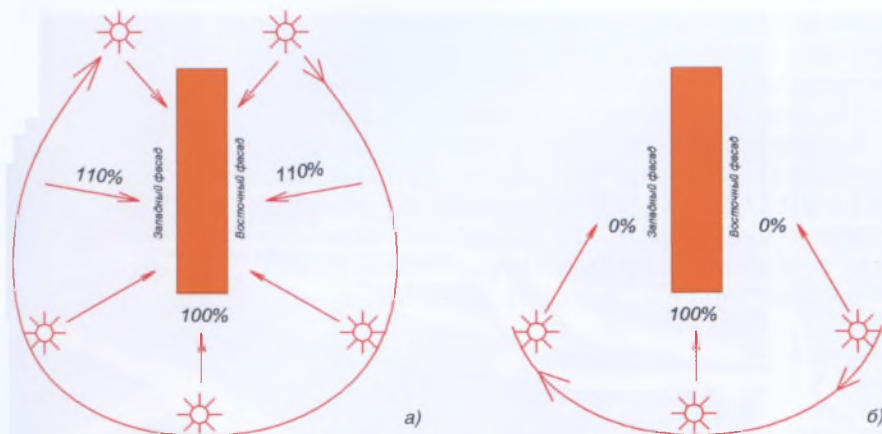


Рис. 8. Схема поступления солнечной энергии на фасады многоэтажного жилого дома меридиональной ориентации в летний (а) и зимний (б) периоды года

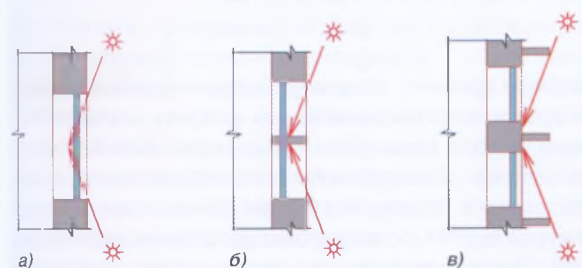


Рис. 9. Схемы инсоляции окон восточного (западного) фасада: а) перегрев помещения через окно при традиционном решении фасада; б) вариант солнцезащитного решения путем «заглубления» узких окон; в) вариант солнцезащитного решения с помощью вертикальных солнцезащитных устройств

например на южном фасаде корпуса № 15 БНТУ: в результате помещения значительно перегреваются, так как южный фасад следует оформлять не вертикальными, а горизонтальными солнцезащитными устройствами.

Для нагревания воды в системах горячего водоснабжения используются гелиоколлекторы, преобразующие высокочастотное солнечное излучение в тепловую энергию, а также аккумулятор тепловой энергии, сглаживающий между собой нерегулярности поступления солнечной энергии и потребления теплоты системой горячего водоснабжения.

Потребность жилого дома в тепловой энергии на нужды отопления и горячего водоснабжения изменчива в течение суток, месяца и года. В повсеместной практике наиболее применяемыми являются гелиосистемы с одно-двухсуточным аккумулированием тепловой энергии. Условно их подразделяют на небольшие, средние и крупные. Такое разделение связано с принципиальными различиями в конструкции. Небольшие гелиосистемы применяют с естественной и насосной циркуляцией теплоносителя в контуре гелиоколлектора. Системы с естественной

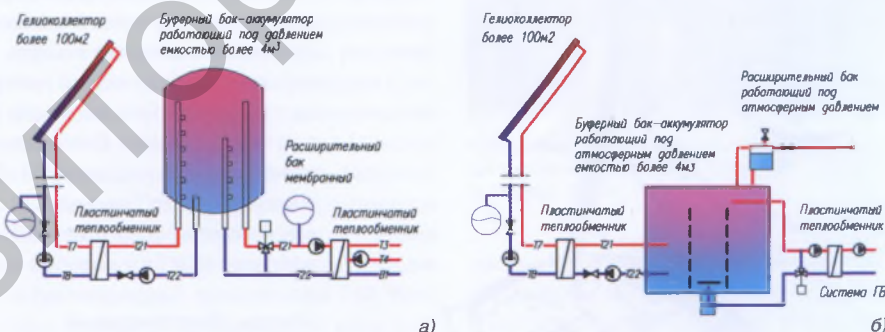


Рис. 10. Варианты крупной гелиосистемы: а) с буферным баком-аккумулятором под давлением; б) с буферным баком-аккумулятором, работающим под атмосферным давлением

циркуляцией обладают более высокой энергоэффективностью по сравнению с насосными, имеют меньшую стоимость и просты в эксплуатации.

Небольшие гелиосистемы с гелиоколлектором до 10 м<sup>2</sup> и аккумулирующим бойлером емкостью до 500 л являются наиболее распространенными. Для средних гелиосистем с коллектором общей площадью до 40 м<sup>2</sup> необходимы аккумуляторы более 500 л. Здесь применяют так называемые буферные баки емкостью до 3 м<sup>3</sup>, заполненные теплоаккумулирующей деаэрированной водой, теплота передается к воде горячего водоснабжения через труб-

чатый змеевик-теплообменник, расположенный по всей высоте бака.

К крупным гелиосистемам относят гелиосистемы с гелиоколлектором общей площадью более 100–200 м<sup>2</sup>. В гелиотехнической практике нашей страны такие системы впервые будут использоваться в рамках проекта ПРООН/ГЭФ «Повышение энергетической эффективности жилых зданий в Республике Беларусь».

Для крупных гелиосистем применяются скоростные теплообменники, отделяющие контур гелиоколлектора от контура горячего водоснабжения с помощью буферного бака-аккумулятора емкостью более 4 м<sup>3</sup> (рис. 10).

Для климатических и эксплуатационных условий Беларуси более соответствуют солнечные плоские коллекторы с одинарным светопрозрачным покрытием, срок службы которых составляет от 20 до 35 лет, гарантийный срок – от 1 года до 13 лет.

Основные параметры гелиосистемы задаются на основании технического задания и технико-экономического

обоснования. Задавшись местоположением, углом наклона и типом гелиоколлекторов, следует выявить исходные радиационно-климатические характеристики места застройки.

Современный энергоэффективный многоквартирный жилой дом солнечной архитектуры, как правило, оснащается дополнительными возобновляемыми низкотемпературными источниками теплоты. Наряду с гелиосистемой они используются для низкотемпературной системы отопления дома, которая в отличие от традиционной имеет свои особенности в проектировании и эксплуатации.