

ПРООН/ГЭФ
Проект №00077154

«Повышение энергетической эффективности жилых зданий в Республике
Беларусь»

**Исследование основных архитектурных и инженерных характеристик
пилотного объекта в Могилеве**

(этап 3.10)

Исполнитель,
Эксперт по внедрению солнечных коллекторов
в системах теплоснабжения и горячего
водоснабжения в жилом секторе

В.В. Покотиллов

Минск
сентябрь 2014

Содержание

	стр.
Введение	3
1. Обоснование применимости архитектурно-планировочных решений для повышения энергоэффективности отопления проектируемого пилотного здания в Могилеве за счёт солнечной энергии	4
2. Обоснование специальных технических и конструктивных решений для повышения энергоэффективности отопления и горячего водоснабжения проектируемого пилотного здания в Могилеве за счёт солнечной энергии	10

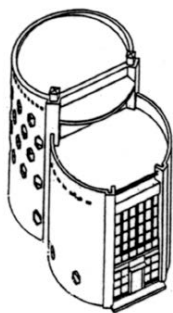
Введение

Исследование основных архитектурных и инженерных характеристик пилотного объекта в Могилеве базируется на применении утилизатора теплоты сточных вод, элементов «солнечной архитектуры» южного фасада, гелиосистемы с гелиоколлекторами тепловой энергии, тепловых сетей.

1. Обоснование применимости архитектурно-планировочных решений для повышения энергоэффективности отопления проектируемого пилотного здания в Могилеве за счёт солнечной энергии

Как правило, проектирование систем микроклимата начинают после завершения архитектурного проекта жилого дома. При такой технологии проектирования энергоэффективность здания обеспечивается только за счёт усложнения инженерных систем: повышения степени автоматизации, использования утилизаторов теплоты сбросов, применения механической приточно-вытяжной вентиляции, воздушного отопления, гелиосистем и др. средств.

Современное энергоэффективное проектирование базируется на теплофизической проработке архитектурной части проекта с целью придания отдельным фасадам и зданию в целом энергоактивных качеств [1-3]. Здание при этом приобретает свойства саморегулирования, благодаря которым получает в течение года от внешней среды оптимальное количество энергии при снижении тепловых сбросов и без перегрева в летний период. В таком здании инженерные системы представляются как составляющие единого архитектурно-энергетического комплекса - здания. Существует множество различных типов энергоэффективных зданий.



Классическим отечественным примером такого здания является индивидуальный дом архитектора К.Мельникова, построенный в 1929г. в Москве (рис.1).

Рис. 1. Индивидуальный дом-мастерская архитектора К.С.Мельникова, построенный в 1929г. в Москве

Компактная геометрическая форма дома, а также южная ориентация остеклённого фасада позволяют при минимальных теплопотерях воспринимать солнечную энергию в необходимом количестве в течение всего года. Дополнительное отопление дома обеспечивается гравитационной воздушной системой, совмещённой с вентиляцией.

Для формообразования фасадов многоквартирных зданий архитекторы широко используют, к сожалению, изломы поверхности наружных стен. В упрощённом виде форма таких зданий в плане показана на рис.2.а. Обычно “впадины” используются для формирования лоджий. Данное конструктивное решение создаёт множество теплопроводных включений (в опорных местах железобетонных плит лоджий) и приводит к увеличению площади наружных стен и количества наружных углов, в результате чего значительно повышаются теплопотери здания. Кроме того, усложняется строительство и повышается стоимость 1м^2 общей площади. Следует отказаться от подобных архитектурных приёмов, а в качестве энергоэффективного базового варианта принять простую форму здания (рис.2.б), для которого фасады следует формировать с использованием энергоактивных конструктивных решений.

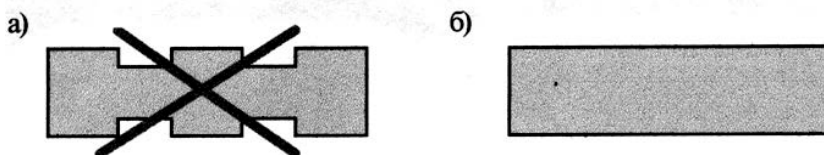


Рис.2. Варианты формообразования жилого дома (в плане)
а) энергозатратная форма; б) энергоэффективная форма.

Повышению теплопотерь в здании способствуют также “встроенные” в его объём незадымляемые лестничные клетки, так как внутренние стены, ограничивающие их объём, по сути являются “наружными” вследствие значительного понижения температуры внутреннего воздуха в лестничной клетке (рис.3а). Желательно отказаться от подобных энергозатратных планировок взамен на вариант неотапливаемой, “пристроенной” к дому на северном фасаде, незадымляемой лестничной клетки из светопрозрачных наружных ограждений (рис.3б). Предлагаемый вариант позволяет снизить сметную стоимость 1 м^2 общей площади здания при уменьшении расхода теплоты на отопление.

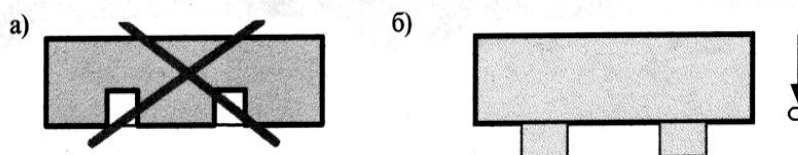


Рис.3. Формообразование жилого дома с незадымляемой лестничной клеткой;
а) традиционное планировочное решение, б) предлагаемое планировочное решение.

Максимальной активностью к восприятию солнечной энергии в зимний период обладают здания широтной ориентации. При посадке на местности здания с отклонением от широтной ориентации происходит снижение поступающей за отопительный период солнечной энергии, однако в пределах 5% такое снижение не отразится на общих годовых теплотехнических характеристиках здания, так как эти изменения находятся в пределах погрешности исходных климатических данных. Чтобы выявить диапазон допустимых азимутов ($\pm a_{ст i}$) свободной посадки на местности типового энергоэффективного здания, были рассчитаны на основании климатических данных месячных сумм солнечной радиации на вертикальную стену [5,6] значения коэффициента $k_{ст}$ в виде отношения суммарной за отопительный сезон радиации $q_{с i}$ при азимутах $a_{ст i}$ к суммарной за отопительный сезон радиации q_c при $a_{ст i} = 0$ (рис.4а). Диапазон азимутов свободной посадки на местности типового энергоэффективного дома можно ограничить пределами $a_{ст i} \in -20...+30^\circ$, что значительно расширяет градостроительные возможности (рис. 4б).

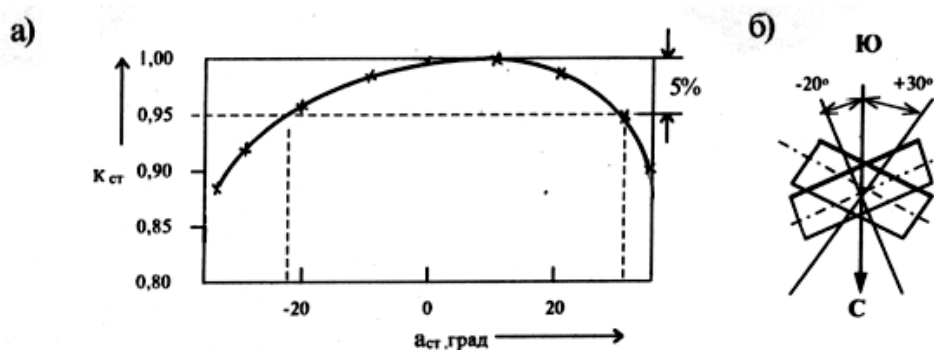


Рис. 4. Допустимые отклонения ориентации здания ; а) зависимость коэффициента $K_{ст}$ от азимута $a_{ст}$, б) азимуты здания, при которых сезонная солнечная радиация уменьшается не более чем на 5%.

Воздействия наружного климата на каждый из фасадов здания отличаются как по характеру, так и по времени года и суток, что и обуславливает существенные отличия архитектурно-строительных защитных решений ЗЭИЭ каждого фасада.

Энергоэффективные здания также именуется “зданиями солнечной архитектуры”, так как окна южного фасада рассматриваются в качестве гелиоприёмников, а облучаемые внутренние поверхности - в качестве тепловых элементов. Тепловой комфорт в помещении зависит от тепловой активности облучаемых поверхностей, поэтому в “солнечных домах” используют керамические полы с бетонной подготовкой толщиной до 0,2м, не применяют оклейку обоями теплоёмких поверхностей помещений, а для улучшения условий инсоляции пола применяют высокие окна [1,2].

В традиционном строительстве применяют в основном полы из нетеплоёмких материалов. Поэтому необходима иная схема, позволяющая использовать для аккумуляции солнечной энергии поверхности стен и потолка [3,7]. Энергетический эффект значительно повышается при устройстве остеклённой лоджии с теплоёмкими элементами (рис.5).

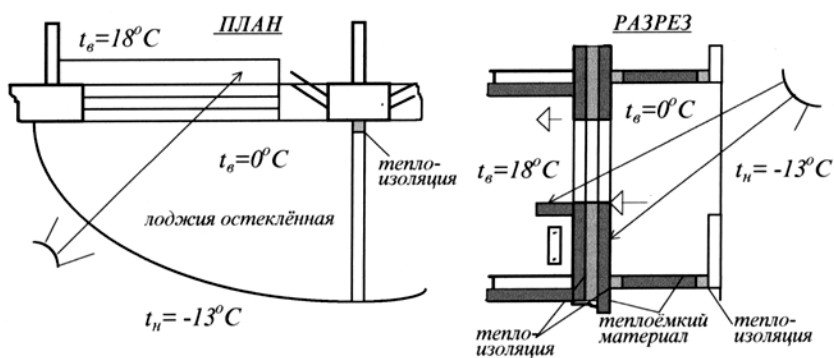


Рис.5. Энергоэффективное решение южного фасада

Восточный и западный фасады подвержены неблагоприятному воздействию солнечного излучения в осенне-весенний и летний периоды года,

поэтому солнцезащитные мероприятия реализуются либо за счёт узких оконных проёмов, либо за счёт отражающего остекления.

Выбор оптимального комплекса проектируемых инженерных систем ЗЭИЭ базировался на следующих исходных условиях: а) технические решения должны легко тиражироваться в типовом проектировании; б) следует ориентироваться на отечественные материалы, оборудование и технологии; в) импортное оборудование и средства автоматизации применять только при отсутствии отечественных аналогов высокой эксплуатационной надёжности; г) по уровню технической сложности системы должны соответствовать существующей квалификации эксплуатационных служб.

Для удаления воздуха применяют гравитационные вытяжные системы вентиляции с дефлекторами для обеспечения работоспособности в летний период за счет ветрового потока. Дефлекторы ЦАГИ не эффективны при наклонном ветровом потоке “снизу”, характерном для режима обтекания кровли. К тому же они не обладают эстетическими качествами. Следует использовать аэродинамически эффективные виды дефлекторов, аналог которых применялся в начале 20 века [8]. На рис.6 показана принципиальная схема дефлектора. Дефлектор может быть установлен на шахтах вентиляционных блоков или на сборной шахте коллекторов канальной системы вытяжной вентиляции.

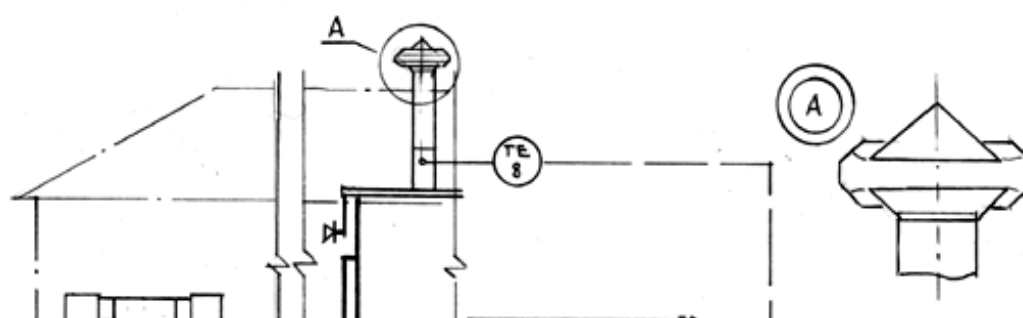


Рис. 6.Схема энергоэффективного решения системы естественной вентиляции

Учитывая многофакторность определяющих параметров теплопоступлений и теплопотерь здания, с целью оптимизации выбора варианта архитектурно-конструктивного решения, степени теплозащиты отдельных ограждений и варианта комплекса санитарно-технических систем для каждого варианта базового решения здания следует проводить энергетическую годовую оценку в пределах диапазона задаваемых значений каждого параметра.

Для получения оптимального проектного решения следует предварительно провести энергетический анализ климата и места застройки. Затем формируются несколько вариантов базового решения, из которых выбирается основной на основании анализа помесичных энергетических балансов по составляющим энергозатрат для каждого варианта[1,2,4].

Энергоэффективность проектного решения оценивается уровнем удельного годового теплопотребления здания $q_{г}$, отнесенной к 1 м^2 общей отапливаемой площади или 1 м^3 объёма [1,2,]. Для энергетического анализа

вариантов проектного решения определяется тепловая мощность системы отопления и годовое потребление теплоты, вычисляемое по тепловым балансам каждого месяца.

Установочная мощность системы отопления здания определяется по формуле:

$$Q_{от} = Q_T + Q_{и} - Q_{б} \cdot (1 - \eta_1), \quad (1)$$

где Q_T , $Q_{и}$ - соответственно суммарные трансмиссионные теплотери здания и теплотери вследствие воздухообмена, Вт; $Q_{б} = 150 \cdot A_{п} / f_{п}$ - бытовые тепlopоступления, Вт; $A_{п}$ - площадь пола жилых помещений, m^2 , $f_{п}$ - средняя величина жилой площади на 1 человека, $m^2/чел.$; η_1 - коэффициент, принимаемый в зависимости от способа регулирования системы отопления: $\eta_1 = 0,80$ при индивидуальном регулировании, $\eta_1 = 0,4$ при местном регулировании, $\eta_1 = 0,2$ без регулирования.

Суммарное потребление теплоты на отопление по каждому месяцу $Q_{ми}$, МДж, равно

$$Q_{ми} = 2,6 [(Q_T + Q_{и}) \cdot (t_b - t_{ми}) / (t_b - t_n) - Q_{б} \cdot \eta_1] - Q_{сми} \cdot \eta_1, \quad (2)$$

где t_b , t_n - расчётная температура соответственно внутреннего и наружного воздуха (параметры Б); $t_{ми}$ - среднемесячная температура; $Q_{сми}$ - поступления от солнечной энергии через окна южного фасада за месяц, МДж.

Суммарные тепlopоступления от солнечной энергии за каждый месяц отопительного периода через окна южного фасада здания:

$$Q_{сми} = Q_{сти} \cdot \eta \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot k_{зи} \cdot A_o, \quad (3)$$

где $Q_{сти}$ - сумма радиации за месяц на вертикальную стену южной ориентации, МДж; η - коэффициент пропускания солнечного излучения через остекление оконных проёмов; k_1 , k_2 - коэффициенты соответственно запылённости остекления и затенённости от переплёттов; $k_{зи}$ - коэффициент, учитывающий влияние солнцезащитных устройств (рассчитывается для каждого месяца); A_o - общая площадь остекления южного фасада, m^2 .

Удельное годовое тепlopотребление на отопление жилого здания $q_{г от}$, кВт·ч/ m^2 , определяется по формуле:

$$q_{г от} = 0,28 \cdot (\sum Q_{ми}) / A. \quad (4)$$

Для условий Беларуси экономически привлекательным вариантом использования гелиотехнологий в строительстве является сочетание «солнечной архитектурой» с гелиосистемами [9...11]. Наиболее эффективными являются здания широтной ориентации, но даже и при отклонении ориентации «солнечного здания» от южной ориентации в диапазоне азимутов 32° ЮЗ - 24° ЮВ величина солнечного излучения на поверхности здания меняется не более,

чем на 5%. Это обстоятельство предоставляет архитекторам достаточно широкие возможности в создании жилой застройки из «солнечных домов» без взаимного затенения. Предлагаем формировать планировку жилой застройки в виде треугольной ячейки из разноэтажных зданий. В этом случае исключается взаимное затенение зданий, обеспечивается инсоляция внутренних дворов и затененность дорог и проездов. Две стороны треугольной ячейки имеют угол наклона 32° и 24° по отношению к третьей. Они состоят из многоэтажных зданий с числом этажей, постепенно увеличивающимся в направлении их внутреннего угла. Третья сторона имеет широтную ориентацию и состоит из 1-2 этажных зданий, расположенных в ряд. Анализ поступления солнечного излучения для двух крайних периодов года доказывает, что летом комнаты защищены от перегрева, а зимой солнечное излучение достигает внутреннего пространства каждой квартиры (рис. 7).

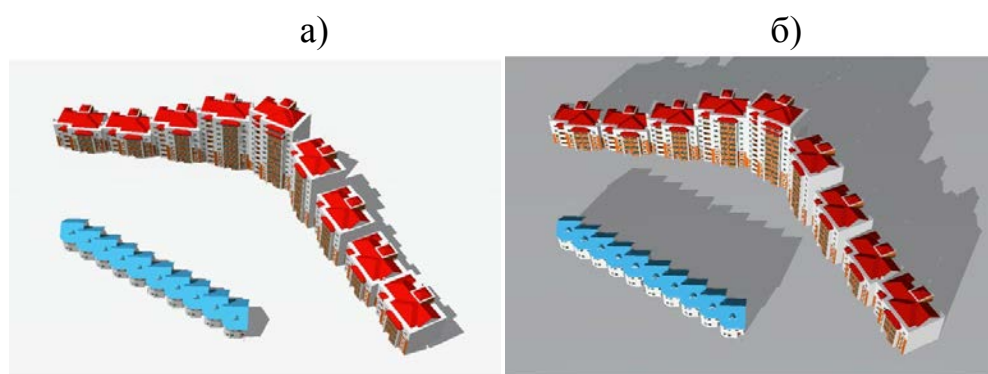


Рис. 7 : Солнечное излучение на ячейку жилой застройки [9]
а) 22 июня, полдень ; б) 21 декабря, полдень.

2. Обоснование специальных технических и конструктивных решений для повышения энергоэффективности отопления и горячего водоснабжения проектируемого пилотного здания в Могилёве за счёт солнечной энергии

В соответствии с заданием следует разработать рекомендации относительно исполнения проектирования и строительства 160 квартирного 10-ти этажного энергоэффективного жилого дома в г. Могилёве, строительство которого будет выполнять Могилёвский облисполком.

Основные характеристики здания и проектируемых инженерных систем:

1. Здание имеет ориентацию главного фасада на юго-запад, что позволяет применить к нему принципы солнечной архитектуры, применяемые для зданий с широтной ориентацией, для которых сезонный приход солнечной энергии отличается от юго-западной ориентации не более, чем на 10%.
2. Здание имеет неотапливаемый подвал.
3. Основная система отопления – воздушная с поквартирными утилизаторами теплоты удаляемого воздуха.
4. Дополнительная система отопления – водяная, присоединяемая к тепловым сетям по независимой схеме.
5. Дополнительная система вентиляции – естественная вытяжная с вентиляционными вентблоками, каждый из которых выводится выше парапета на кровлю с устройством специального дефлектора аэродинамического обтекания самостоятельного изготовления с высоким коэффициентом местного сопротивления.
6. Источники тепловой энергии для системы горячего водоснабжения - гелиосистема с гелиоколлекторами, располагаемыми на кровле, утилизирующая теплота сточных вод.
Гелиоколлекторы гелиосистемы располагаются на плоской кровле с ориентацией на юго-запад.
7. Дополнительны источник тепловой энергии – водяные тепловые сети.

С точки зрения приоритетного использования источников тепловой энергии следует предусмотреть следующую последовательность их применения для системы горячего водоснабжения:

1. утилизатор теплоты сточных вод;
2. элементы «солнечной архитектуры» южного фасада;
3. гелиосистема с гелиоколлекторами тепловой энергии;
4. теплообменник тепловых сетей.

Литература

1. Othmar Humm. Niedrigenergiehauser in Theorie und Praxis. 226 S.m.v. Abb., 1990.
2. С.Терной, Л.Бекл и др. Проектирование энергоэкономичных общественных зданий / Пер. с англ. А.С.Гусева; Под ред. В.П.Титова .- М.: Стройиздат, 1990.- 336с.
3. В.Ермашкевич, В.Покотилов, С.Макаревич, А.Осененко и др. Энергоактивные здания в условиях Беларуси // Арх-ра и стр-во. - Мн., 1995, - №1.-с.32-34.
4. В.Покотилов. Энергию солнца- на службу хозяину// Энциклопедия сельского хозяина;-Мн.: БелЭн, 1994, -с.109-114.
5. З.Пивоварова. Климатические характеристики солнечной радиации как источника энергии на территории СССР.- Л.:Гидрометеиздат, 1988.-295с.
6. В.Турулов., Б.Хрустов. Рекомендации по теплотехническому расчёту наружных стен зданий с гелиовоздухонагревателями.-М.: ГИПРОНИИЗДРАВ, 1985.-37с.
7. В.Покотилов, А.Шалак. Испытания пассивного воздушного коллектора солнечной энергии// Энергетика.(Изв.Высш.Учеб. зав-ий).-1994,-№3-4,-с.85-92.
8. Б.М.Аше, Г.А.Максимов. Отопление и вентиляция: т.П: Вентиляция и воздушное отопление: Учеб. для вузов.- 2-е изд.- М.-Л.: Гос.изд-во строит.лит-ры, 1940.- 472с.
9. Покотилов В.В., Осененко А.В. Энергоэффективная ячейка жилой городской застройки для климата Витебска // Архитектура и строительство. 1999. №3. С.25-26.
- 10.S.Zenhanka, V.Pokotilov (Belarus), Tomas Kopf (Austria). First results of solar thermal equipment produced by “Doma” in International Sakharov Institute of Radioecology // World sustainable energy day. Rroceedings, 4.-5.3.1999, Wels/ Austria, P.170.
- 11.V.V.Pokotilov, S.A.Makarevich, S.A.Zenhanka. Heliosystems and bioclimatic architecture for Belarus condition // CISBAT’ 99. Conference Internationale Energie Solaire et Batiment. Lausanne 22-23 septembre 1999, EPFL, Batiment LESO, P.283-287.