

Планировочная структура жилых домов с солнечным отоплением

Москва, 1985

Гелиотехнические требования по проектированию гелиодомов.

Жилые дома с системой пассивного солнечного отопления:

солнечный дом с системой прямого солнечного нагрева, Санта-Фе, David Wright;

солнечный дом со стеной Тромба и гелиотеплицей, Принстон (Нью-Джерси), Doug Kelbaugh.

Гелиодома с активной солнечной системой:

солнечный дом, Аризона, Питер Ли (золотая премия на всемирном конкурсе, США, 1957).

Гелиодома со смешанной (интегральной) гелиосистемой:

гелиодом — витраж и активная система, Франция, J. P. Lubes;

гелиодом «Терморок»: витраж и коллекторы на крыше, Лимнхамн, Швеция.

Выводы и рекомендации.

Печатается с сокращениями.

В настоящее время появились статьи и рекомендации по архитектурно-планировочной организации гелиодомов. Так, В. А. Акопджанян составил «Рекомендации по проектированию жилых домов с системами солнечного энергообеспечения» для условий Узбекистана.

Вопросам проектирования и архитектуры зданий с системами гелиотеплообеспечения посвящена статья А. В. Матвиенко и А. Р. Ферт «Здания, оборудованные гелиосистемами энергоснабжения». Особенности объёмно-планировочной структуры гелиодомов, отвечающей гелиотехническим требованиям, рассматриваются в статьях «К вопросу проектирования жилых домов с гелиосистемой отопления» А. А. Саидова и «Некоторые особенности формирования пространственной структуры зданий с системами солнечного теплоснабжения» М. М. Захидова.

Работы зарубежных авторов, посвящённые вопросам архитектуры гелиодомов, носят преимущественно проектно-экспериментальный характер. Наиболее широкие обобщения в этой области сделаны американским архитектором С. В. Зоколей в книге «Солнечная энергия и строительство».

Таким образом, по рассматриваемой проблеме накоплен достаточный материал, отражающий её различные аспекты.

Гелиотехнические требования по проектированию гелиодомов

На архитектуру гелиодома существенное влияние оказывает форма гелиоприёмника и его размеры. В этой связи для архитекторов важны такие показатели, как отношение площади гелиоприёмника к отапливаемой площади здания — коэффициент гелиообеспечения $K_{г.п.}^1$ и угол наклона гелиоприёмника α .

Архитектор В. А. Акопджанян [1] рекомендует для гелиодомов любой этажности и планировочной структуры $K_{г.п.}^1 = 0,5$. Однозначный ответ в данном случае представляется нам не совсем верным.

Д. А. Даффи и У. А. Бекман считают, что при оптимизации площади гелиоприёмника основное внимание следует обратить на стоимость гелиосистемы. По их мнению, минимальная стоимость гелиосистемы обеспечивается при $K_{г.п.}^1 = 0,33—0,66$ (в каждом конкретном случае это зависит от планировочного и конструктивного решения

здания, типа гелиосистемы и климата)¹. Они также отмечают, что Г. Леф и А. Тибо исследовали зависимость стоимости используемой энергии от доли солнечной энергии в теплотребности малоэтажного здания в Бостоне (43° с.ш.), Омахе (42 с.ш.) и Альбукерке (35° с.ш.). Наименьшая стоимость единицы тепловой энергии отмечалась при 40—70% доле солнечной энергии в тепле, потребляемом зданием.

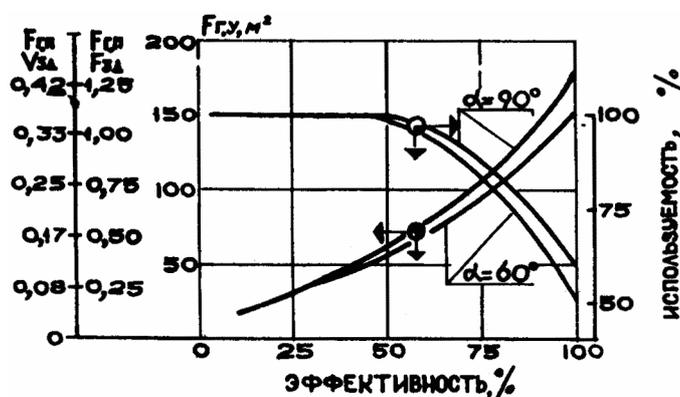


Рис. 1. Зависимость площади гелиоприёмника $F_{г.п.}$ (м²) и показателя использования выработанной гелиоэнергии I (%) от планируемой эффективности (%) гелиосистемы и угла наклона гелиоприёмника:

$F_{г.п.}/V_{зд}$ — отношение площади гелиоприёмника к объёму здания; $F_{г.п.}/F_{зд}$ — отношение площади гелиоприёмника к площади здания.

Указанные выше города расположены на широте Средней Азии и климатические условия их сходны. В этой связи результаты исследования представляют определённый интерес и для нашей зоны.

Анализ показателей малоэтажных гелиодомов, построенных в местах, сходных по климатическим условиям со Средней Азией позволил А. А. Саидову [10] выявить следующее: оптимальным долям (40—70%) солнечной энергии в теплотребности гелиодома соответствует $K_{г.п.}^1 = 0,5—0,65$. Учитывая большую теплоустойчивость многоэтажных зданий по сравнению с малоэтажными, для 4-этажных гелиодомов предлагается $K_{г.п.}^1 = 0,38—0,5$, для 9-этажных — $0,36—0,46$.

Нецелесообразность чрезмерного увеличения площади гелиоприёмников $F_{г.п.}$, а значит $K_{г.п.}^1$, отмечает М. М. Захидов [3]. Результаты исследования позволили ему установить определённую зависимость между $K_{г.п.}^1$ и эффективностью гелиосистемы (долей солнечной радиации в теплотребности здания), а также показателем использования выработанной гелиоэнергии. Так, увеличение $K_{г.п.}^1$ в 2 раза (с 0,25 до 0,5) повышает эффективность гелиосистемы более чем в 2 раза (с 25 до 50—55%). Дальнейшее повышение эффективности гелиосистемы в 2 раза (до 100%) требует увеличения площади гелиоприёмника почти в 3 раза; при этом резко снижается показатель использования солнечной энергии, что показано на рис. 1, где эффективность гелиосистемы, равной 40—70%, соответствует $K_{г.п.}^1 = 0,45—0,70$.

Угол наклона гелиоприёмника оказывает влияние не только на эффективность гелиосистемы, но и на формирование архитектурного образа гелиодома. М. М. Захидов рекомендует решать малоэтажные гелиодома только с вертикальным размещением гелиоприёмников на южном фасаде дома. При таком расположении ге-

1 Даффи Д. А., Бекман У. А. Тепловые процессы с использованием солнечной энергии (Пер. с англ.).— М.: Мир, 1977.

лиоприёмники меньше запыляются, не задерживают снег, что говорит об их эксплуатационных преимуществах по сравнению с наклонными.

Однако большинство авторов, как отмечает С. В. Зоколей [4], рекомендует угол наклона гелиоприёмника, равный широте местности. С. В. Зоколей считает необходимым учитывать климатические условия при выборе оптимального угла наклона гелиоприёмника. Для Лондона, где 54% годовой солнечной радиации падает на диффузную составляющую, максимальное тепловосприятие обеспечивается при угле наклона 34° . Оптимальный угол наклона гелиоприёмника, по мнению С. В. Зоколей, лежит между широтой местности и горизонталью, причём его значение определяется долей диффузной радиации.

Для условий Средней Азии, где преобладают ясные дни и доля диффузной радиации незначительна, А. А. Саидов [5] предлагает определять угол наклона гелиоприёмника α в зависимости от прямой солнечной радиации, а также от широты местности и периода эксплуатации гелиосистемы. Подсчитав количество теплоступлений от прямой солнечной радиации на поверхности разного наклона и ориентаций, А. А. Саидов предлагает: для систем круглогодичного действия $\alpha = \varphi + 10\text{—}15^\circ$, где φ — $90 - h_\lambda$, где h_λ — высота солнца в полдень 15 января; для гелиосистем, действующих только в тёплое время года $\alpha = \varphi$.

Эти же расчёты позволили А. А. Саидову определить оптимальную ориентацию рабочей поверхности гелиоприёмника, функционирующей круглогодично, в пределах $165\text{—}195^\circ$ ю.ш., в теплое время года — в пределах $150\text{—}210$ ю.ш.

С. В. Зоколей допускает возможность отклонения от строго южной ориентации гелиоприёмника на восток или запад до 30° , что, по его мнению, даёт уменьшение суммарного теплоступления всего лишь на 2%.

В. А. Аюпджанян [1] рекомендует ориентировать поверхность гелиоприёмников не строго на юг, а со смещением на запад на 15° . По его мнению, такая ориентация позволяет получить наибольшее суммарное дневное теплоступление от солнца.

В рекомендациях ТашЗНИИЭП отмечена другая закономерность для условий Средней Азии²: поверхности, ориентированные на восток, получают больше солнечной радиации, чем поверхности, ориентированные на запад. Причиной такого положения является увеличение запылённости воздуха во второй половине дня.

Жилые дома с пассивной системой солнечного отопления

«Солнечные дома» имеют различную систему солнечного теплоснабжения. Разнообразие гелиосистем обусловило различную архитектуру гелиодомов. Американский архитектор С. В. Зоколей [4] классифицирует гелиодома по типу применяемой гелиосистемы на 3 группы:

- с пассивной гелиосистемой;
- с активной;
- с активной, имеющей тепловой насос.

В. А. Аюпджанян [1], также разделивший гелиодома на 3 вида, в отличие от С. В. Зоколей из группы с активной системой солнечного отопления выделил гелиодома со смешанной системой (активная плюс пассивная) и назвал её интегральной. Гелиодома с интегральной системой имеют свою специфику, характерное объёмно-планировочное решение жилища, присущее группе как с пассивной, так и с активной

² Ершов В. А., Корбут Г. О. и др. Рекомендации по расчёту тепловых нагрузок на здания в Средней Азии. — Ташкент: ТашЗНИИЭП, 1970.

системой.

К «солнечным домам» с пассивной системой гелиоотопления в той или иной мере можно отнести все жилые здания со светопроемами, ориентированными на южную половину горизонта. Пассивная система солнечного отопления основана на непосредственном обогреве солнечными лучами и на естественной циркуляции воздуха.

В США и Франции построен ряд жилых домов, отопление которых предусматривается непосредственно солнечной энергией, поступающей через большую плоскость остекления южного фасада — витража. Солнечное отопление такого рода называют обычно простейшим видом пассивной системы.

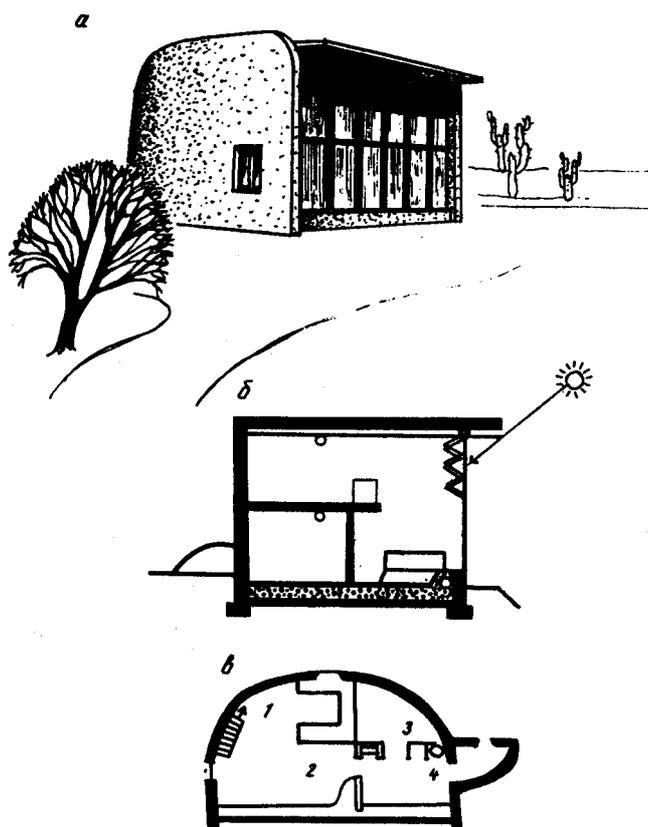


Рис. 2. «Солнечный дом» в Санта-Фе (США):

а — общий вид;

б — разрез;

в — план:

1 — кухня; 2 — общая комната; 3 — рабочая комната; 4 — комната-прихожая.

Планировочное решение «солнечного дома» в Санта-Фе (США, архитектор *David Wright*) наиболее характерно для всей группы таких домов. Четырёхкомнатный «солнечный дом» в Санта-Фе представляет собой полуцилиндр (рис. 2). По мнению *John I. Gellot*³, цилиндрическая форма здания способствует обтеканию северных холодных ветров вокруг здания и уменьшению его теплопотерь. Весь южный фасад дома остеклён. Общая комната и зелёная комната-прихожая имеют высоту два этажа и непосредственно выходят к этому витражу. Тем самым планировка дома обеспечивает

³ John I. Gellot. David Wright's residence in Santa-Fe.— ASHRAE Journal, 1978, vol. 20, N 1, p. 16—21.

свободный доступ конвективных токов воздуха, нагретых у витража, во все жилые помещения. Горизонтальный козырёк защищает витраж от высоких летних лучей солнца. Для дополнительной защиты от солнца летом и предотвращения теплопотерь в зимние ночи устроены складные шторы.

Рассмотренный вид солнечного отопления, как отмечает *John I. Gellot*, более всего подвержен изменениям погоды и поэтому ночной обогрев ненадёжен. В целом доля солнечного отопления невелика. Однако французские архитекторы *Marc Vase*, *Frederic Nicolas* считают, что подобный вид солнечного отопления позволяет экономить в среднем за год 17% энергии, в январе и феврале — 25% (расчёты выполнены для условий района Парижа)⁴.

Несколько эффективнее так называемый улучшенный вид пассивной системы солнечного отопления, основанный на применении ограждающей конструкции типа «стена Тромба». Впервые такую конструкцию предложил Феликс Тромб — директор Национального центра научных исследований в Одейо (Франция). Брюс Андерсон [6] объясняет, что «стена Тромба» — это массивная наружная стена, зачернённая с внешней стороны и остеклённая по всей площади; поверхность остекления отстоит от стены на расстоянии 15—20 см. При попадании солнечных лучей на эту стену в пространстве между зачернённой поверхностью стены и остеклением создаётся тепличный эффект. Нагретый воздух поднимается вверх и через отверстия в верхней части стены попадает в жилые комнаты. Остывший воздух возвращается через отверстия в нижней части стены-аккумулятора. Таким образом, отопление помещений производится естественной циркуляцией воздуха. В ночное время отопление помещений происходит путём теплового излучения с нагретой стены-аккумулятора. «Стена Тромба» играет роль приёмника солнечной энергии, аккумулятора тепла и прибора отопления.

Предполагается, что улучшенный вид пассивной системы солнечного отопления эффективен при однорядном расположении жилых помещений вдоль фронта «стен Тромба». Это подтверждает и *Doug Kelbaugh* [7] — создатель проекта дома в Принстоне (США, Нью-Джерси). Он считает, что для улучшения солнечного отопления дома все жилые комнаты следует обратить на юг, на «стену Тромба».

Этот дом представляется наиболее интересным из группы гелиодомов с однорядным расположением жилых помещений (рис. 3) ещё и потому, что находится на широте 40° — средней широте Средней Азии. Четырёхкомнатный жилой дом в Принстоне решён в компактном прямоугольном объёме, вытянутом вдоль южного гелиофасада. Жилые помещения расположены в двух уровнях. Южная стена — «стена Тромба» имеет массивную конструкцию толщиной 60 см и прерывается светопрёмами жилых помещений в обоих уровнях. На первом этаже расположена большая гостиная, кухня, санузел, на втором — три спальни в одном ряду и каждая выходит к «стене Тромба». Стеклопанель оранжерея связана с гостиной большим проёмом и выполняет роль дополнительного источника солнечного отопления. В «солнечном доме» в Принстоне представлены и улучшенный вид солнечного отопления, и близкое к нему солнечное отопление с помощью пристроенного стеклянного объёма (оранжерей, теплиц, остеклённых веранд). Основное отопление жилых помещений производится путём естественной циркуляции воздуха через стену-гелиоприёмник («стена Тромба») и радиационного излучения из этой стены. Как отмечает *Doug Kelbaugh*, камин, расположенный в гостиной, топился 2—3 раза в неделю, а электрообогреватели автоматически включались при снижении температуры в помещениях до 16°C. Экономия энергии в таких условиях достигла 55%, что говорит о достаточно высокой доле теплообеспечения пассивной системы.

4 Vase Marc, Nicolas Frederic. The sun in the service of mankind. — UNESCO House, Paris, 1973, t. 2, N 6, p. 11—13.

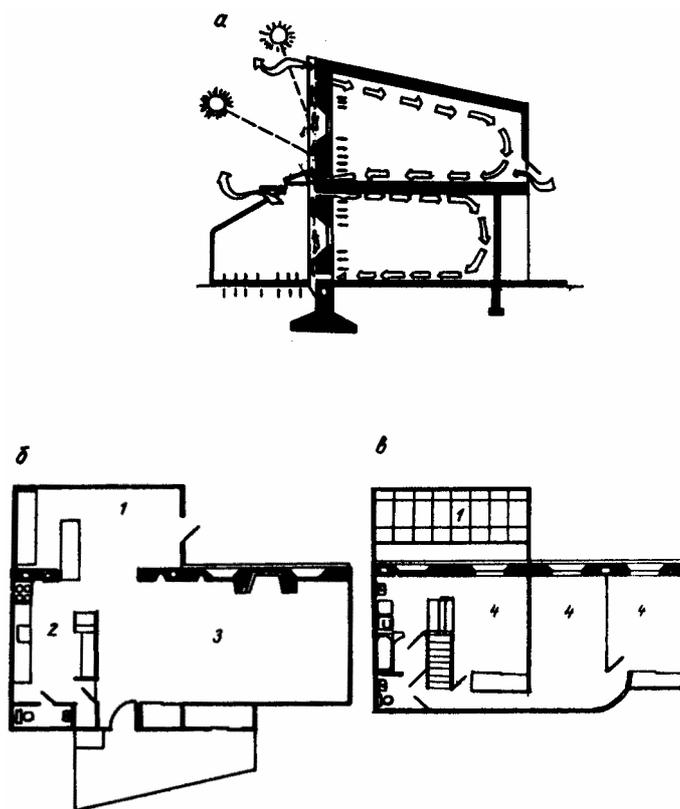


Рис. 3. Дом в Принстоне (США):

а — разрез;

б — план первого уровня;

в — план второго уровня;

1 — оранжерея; 2 — кухня; 3 — общая комната; 4 — спальни.

Из группы домов с улучшенным видом пассивной системы солнечного отопления, в которых жилые комнаты расположены в два ряда, можно отметить гелиодом в Марселе (Франция) и гелиодом в пос. Улугбек (Узбекистан). Гелиодом в Марселе (архитектор *D. L. Izard*) интересен тем, что состоит из нескольких блок-квартир. Особенности планировки квартиры заключаются в том, что спальни, ориентированные на север, непосредственно связаны дверным проёмом со спальнями южной ориентации для отопления конвективными токами воздуха, нагретого у «стены Тромба». Как считает С. В. Зоколей [4], такое планировочное решение несколько снижает бытовые удобства квартиры.

В этой связи в гелиодоме в пос. Улугбек для доставки тёплого воздуха от «стены Тромба» в помещения северной ориентации применены воздуховоды, подвешенные под потолком (рис. 4).

Двухквартирный гелиодом в пос. Улугбек является первым экспериментальным домом с пассивной системой солнечного отопления в Средней Азии. Этот дом построен по проекту института «Узсельхозстрой» и разработан Физико-техническим институтом им. С. В. Стародубцева АН УзССР в 1979 г.

В 1980—81 гг. зимой и летом А. А. Саидов, Р. Р. Аvezов и А. М. Гафуров [8] провели натурные исследования микроклимата этого дома, которые в целом показали воз-

возможность отопления квартир с двухрядным расположением жилых комнат с помощью пассивной системы:

- жилые комнаты, непосредственно не связанные со «стеной Тромба» при открытых дверях нагревались так же, как и южные комнаты;
- естественная конвекция (движение) воздуха через воздуховоды отсутствовала, тёплый воздух при закрытых дверях доставлялся через воздуховоды в северные комнаты путём принудительной вентиляции.

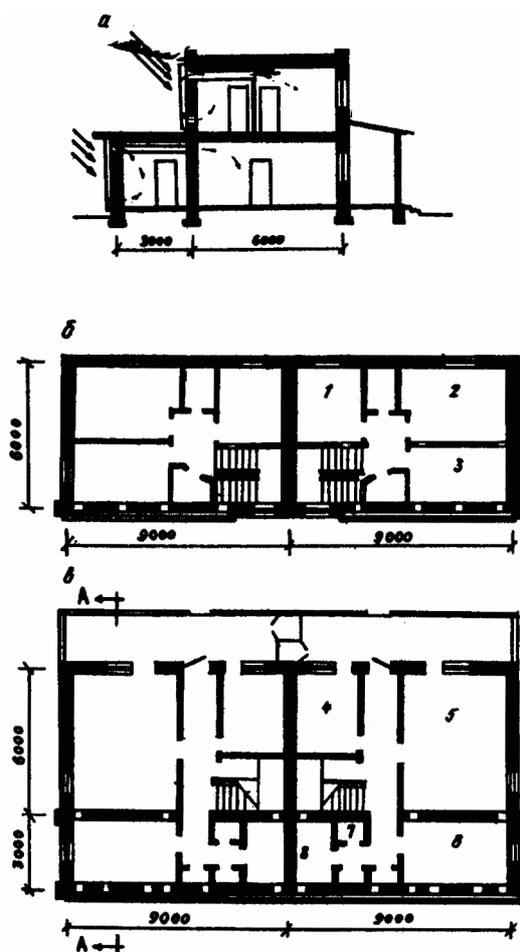


Рис. 4. Двухквартирный гелиодом в пос. Улугбек (Узбекистан):

а — разрез;

б — план второго уровня;

в — план первого уровня;

1 — вторая северная спальня; 2 — первая северная спальня; 3 — южная спальня; 4 — кухня; 5 — общая комната; 6 — котельная; 7 — санузел; 8 — ванная.

Проведя анализ климатических условий Средней Азии и результатов натуральных исследований, авторы делают следующие выводы:

1. Применение гелиодомов с пассивной системой возможно на всей территории Средней Азии и наиболее предпочтительно на юге, где среднеянварская температура выше 0°C.

2. В регионах пустынь и оазисов Средней Азии гелиодома с пассивной системой следует проектировать с жилыми комнатами в два ряда с учётом сквозного или углового проветривания квартиры. Планировочная структура таких домов должна обеспечить непосредственную связь жилых комнат северного и южного фасадов. В случае связи этих комнат через коридор или тамбур необходимо устроить их дверные проёмы напротив. Такое планировочное решение отвечает как зимним, так и летним климатическим условиям данных регионов Средней Азии.

Гелиодома с активной системой

Активная гелиосистема в отличие от пассивной представляет собой инженерную систему, состоящую из следующих основных компонентов: приёмника и преобразователя солнечной энергии в тепловую (гелиоприёмник), аккумулятора тепла, прибора отопления и системы распределения тепла.

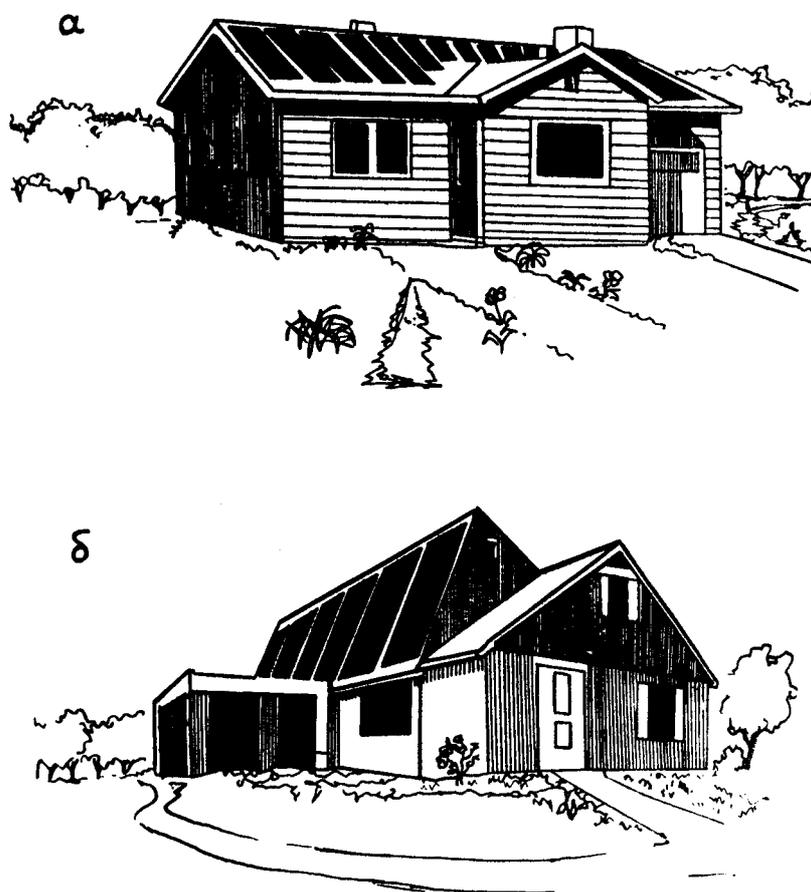


Рис. 5. Гелиодома с гелиоприёмниками на скате кровли (США):

а — гелиодом в Болдере;

б — гелиодом—3 Томасона.

Наличие непрерывных пасмурных дней зимой не позволяет обеспечить бесперебойное теплоснабжение дома за счёт активной системы. В этой связи в гелиостановку подключают топливный дублёр (водогрейная установка, действующая на газе или угле) или применяют электрообогрев.

Активная система отличается своей многофункциональностью, её можно использовать для отопления, охлаждения и горячего водоснабжения зданий. Это явилось одной из причин существенного преобладания гелиодомов с активной системой над гелиодомами с пассивной системой.

Так как активная гелиосистема распределяет тепло в каждую комнату, в таких гелиодомах нет определённых требований к взаиморасположению помещений, как отмечает А. А. Саидов и др. [8]. Однако архитектура (экстерьер) гелиодомов с активной системой определяется характером расположения гелиоприёмников по отношению к объёмной структуре здания.

Первоначально, когда гелиодома с активной гелиосистемой только начали появляться, гелиоприёмники располагались на одном из скатов ранее существующей кровли. Облик гелиодома ничем существенным не отличался от обычных малоэтажных домов с наклонной крышей. На этом начальном этапе, по мнению С. В. Зоколей [4], основное внимание уделялось исследованию самой гелиосистемы. Как например можно привести гелиодом в Болдере (США) (рис. 5а). Неэффективный угол наклона гелиоприёмников и малые значения $K_{г.п.}^1$ (0,42) явились основной причиной низкого удельного веса гелиосистемы в теплопотребности здания (40%).

В последующем для размещения необходимой площади гелиоприёмников стали проектировать гелиодома с развитым объёмом чердака и крутым южным скатом кровли. Так называемый *гелиодом—3* Томасона (США) является тому хорошим примером (рис. 5б). Плоскость гелиоприёмников установлена под более отвесным углом (60°), чем скат крыши. Часть объёма дома, расположенная под гелиоприёмниками, имеет плоскую крышу с отражателями, что повышает эффективность работы гелиоприёмников. Решение гелиодома в нескольких объёмах и их сочетание оживляют внешний облик здания. Для достижения необходимой площади гелиоприёмников и придания им оптимального уклона пришлось принять высоту чердака большей, чем высота основного объёма дома. На наш взгляд, нерационально, что такой большой объём чердака не используется для жилья. В гелиодоме—3 Томасона коэффициент гелиообеспечения довольно высокий $K_{г.п.}^1 = 0,6$. Это явилось одним из условий обеспечения теплопотребности здания за счёт солнечной энергии до 75%.

«Солнечный дом», построенный в г. Фениксе (США, Аризона, 32° с.ш.) по проекту архитектора Питера Ли, является наиболее интересным и характерным для гелиодомов с гелиоприёмниками типа «солнцезащита» (гелиоприёмники располагаются отдельными наклонными рядами на плоской кровле)⁵. Этому проекту была присуждена золотая премия на всемирном конкурсе на лучший «солнечный дом» (США, 1957) (рис. 6). Одноэтажный 5-комнатный «солнечный дом» Питер Ли запроектировал с учётом сухого жаркого климата Аризоны. Гелиодом решён в прямоугольном объёме с плоской кровлей. Зоны дневного (общая комната и кухня) и ночного (три спальни и две ванные) пребывания связываются посредством внутреннего двора. Все жилые помещения раскрываются во внутренний дворик, как и в народном жилище Узбекистана. Гелиоприёмники в виде отдельных пластин установлены на кровле и между стальными балками, переброшенными над двориком. Для достижения удовлетворительного значения коэффициента гелиообеспечения ($K_{г.п.}^1 = 0,5$) гелиоприёмники также установлены над южным и северным фасадами дома в виде горизонтального козырька-жалюзи, что позволяет полностью защитить от солнца южный фасад гелиодома при высоком летнем стоянии солнца. Наклон пластин-гелиоприёмников регулируется часовым механизмом по ходу движения солнца и тем самым обеспечивается большая эффективность гелиосистемы. Летом часть гелиоприёмников поворачивается обратной алюминиевой поверхностью для отраже-

5 Oshida Isai, Utilization the sun energy. - Karuky, 1973, vol. 43, N 11, p. 26—33.

ния солнечных лучей и солнцезащиты кровли и двора. Зимой гелиосистема используется для отопления и горячего водоснабжения жилого дома, летом преобразованная солнечная энергия применяется в холодильной установке и для подогрева бассейна, расположенного во дворе.

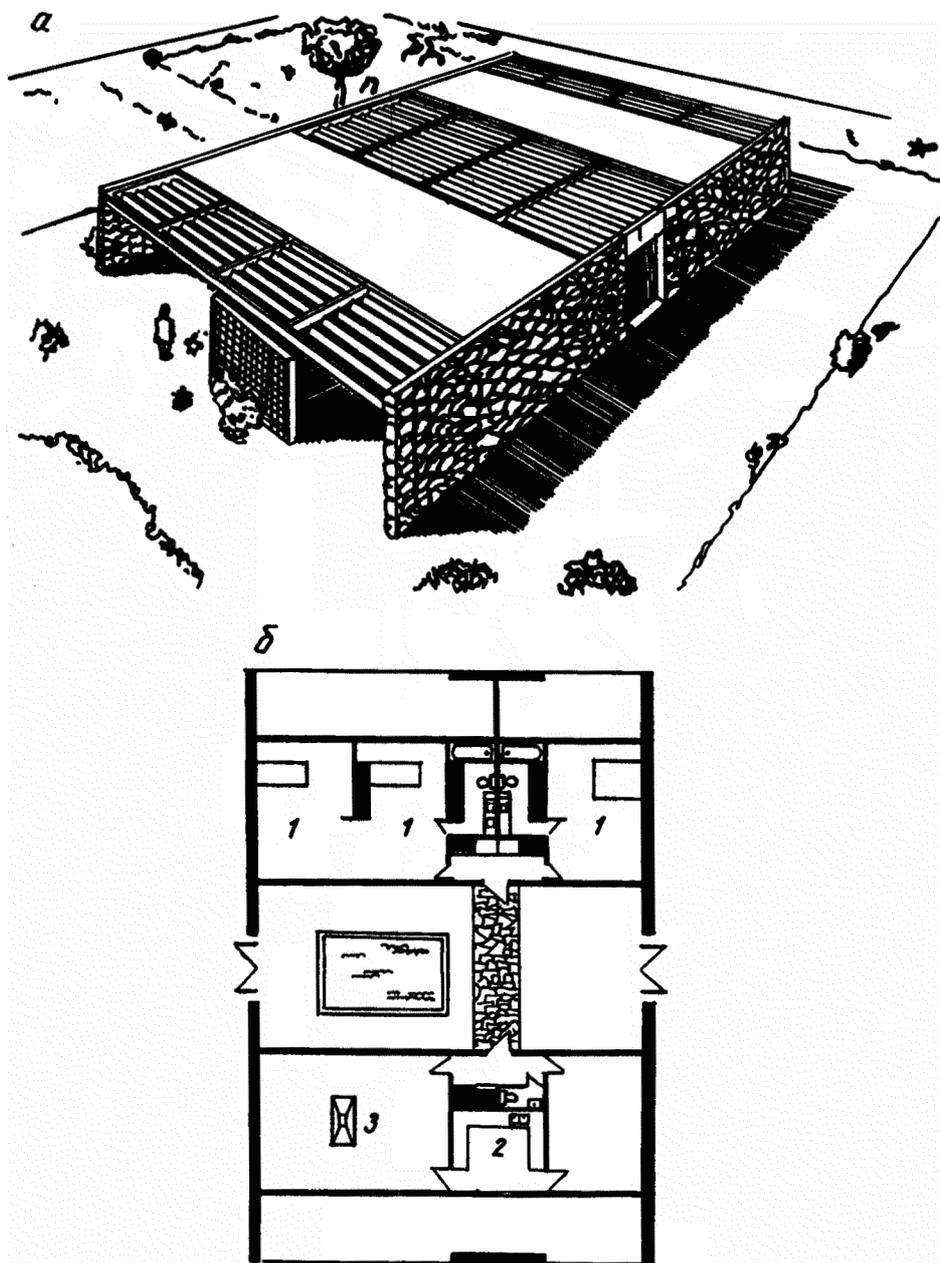


Рис. 6. Одноэтажный гелиодом Питера Ли в Санта-Фе (США):

а — общий вид;

б — план:

1 — спальня; 2 — комната; 3 — общая комната.

Oshida Isai считает, что решение гелиоприёмников в виде солнцезащиты на плоской кровле имеет свои преимущества: возможность посезонного регулирования гелиоприёмников, легкость их обслуживания, отсутствие чердачного объёма и защита

крыши дома от солнечной радиации летом. Слабой стороной такого решения является то, что гелиоприёмники продуваются со всех сторон и эффективность их ниже, чем при совмещении с ограждающей конструкцией здания.

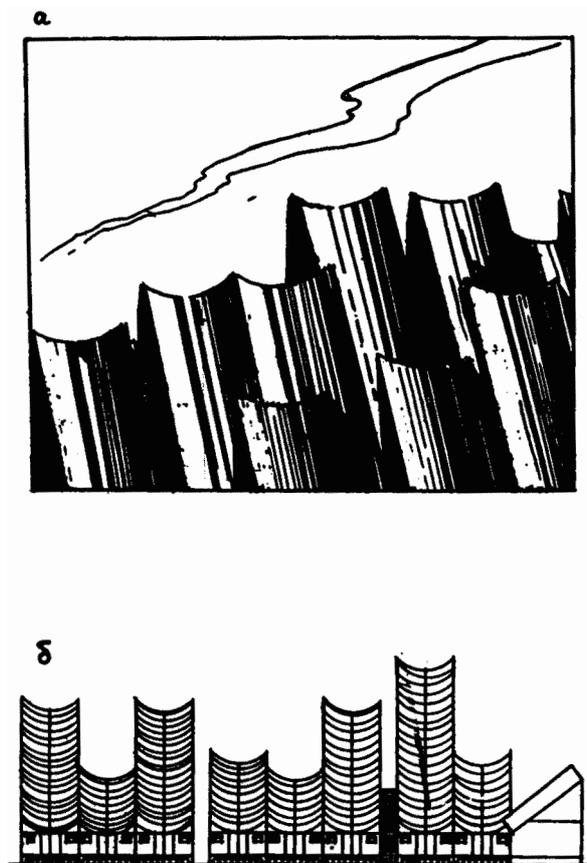


Рис. 7. Проект жилой группы из малоэтажных гелиоблок-квартир:

а — перспектива;

б — фасад.

Гелиодома, наклонная поверхность гелиоприёмников которых решена в объёмной структуре здания, выделены в отдельную группу. По мнению *James Lambeth*, совмещение плоскости гелиоприёмников с наклонной ограждающей конструкцией здания не только повышает эффективность гелиосистемы, но и способствует организации новой, своеобразной архитектуры жилых домов, где форма здания в полной мере раскрывает своё содержание⁶. В созданном *James Lambeth* проекте группы малоэтажных гелиодомов с квартирами в двух и четырёх уровнях наклонные гелиоприёмники являются одновременно и стеной, и кровлей жилища. Ритмично повторённые наклонные поверхности гелиоприёмника, обращённые к солнцу, оказывают новое эмоциональное воздействие (рис. 7).

Как отмечают А. Р. Ферт и А. В. Матвиенко [9], включение солнечных коллекторов в структуру зданий в качестве вертикальных ограждающих конструкций и элементов кровли позволит снизить стоимость гелиосистемы на 30%.

В рассматриваемой группе большой интерес представляет гелиодом, запроектированный архитектором *G. Canavese* (Франция)⁷. Гелиодом состоит из нескольких блок-

⁶ Lambeth James, dm Hun Bae. *Architectura solare*. — *Domus*, 1973, N 528, p. 5—8.

⁷ Canavese G., Petrovitch B. *Maison pour HOT3*. — *Techniques architecture*, 1977, N 315, p. 54—55.

квартир, решённых в плане в виде шестиугольника. По мнению автора проекта, линейная застройка из нескольких таких блок-квартир оказывает новое эмоциональное воздействие — ритмично повторённые наклонные поверхности цветных гелиоприёмников связываются в общий объём ступенчатой линии белых стен. Ступенчатая блокировка жилых ячеек создает впечатление динамичной композиции.

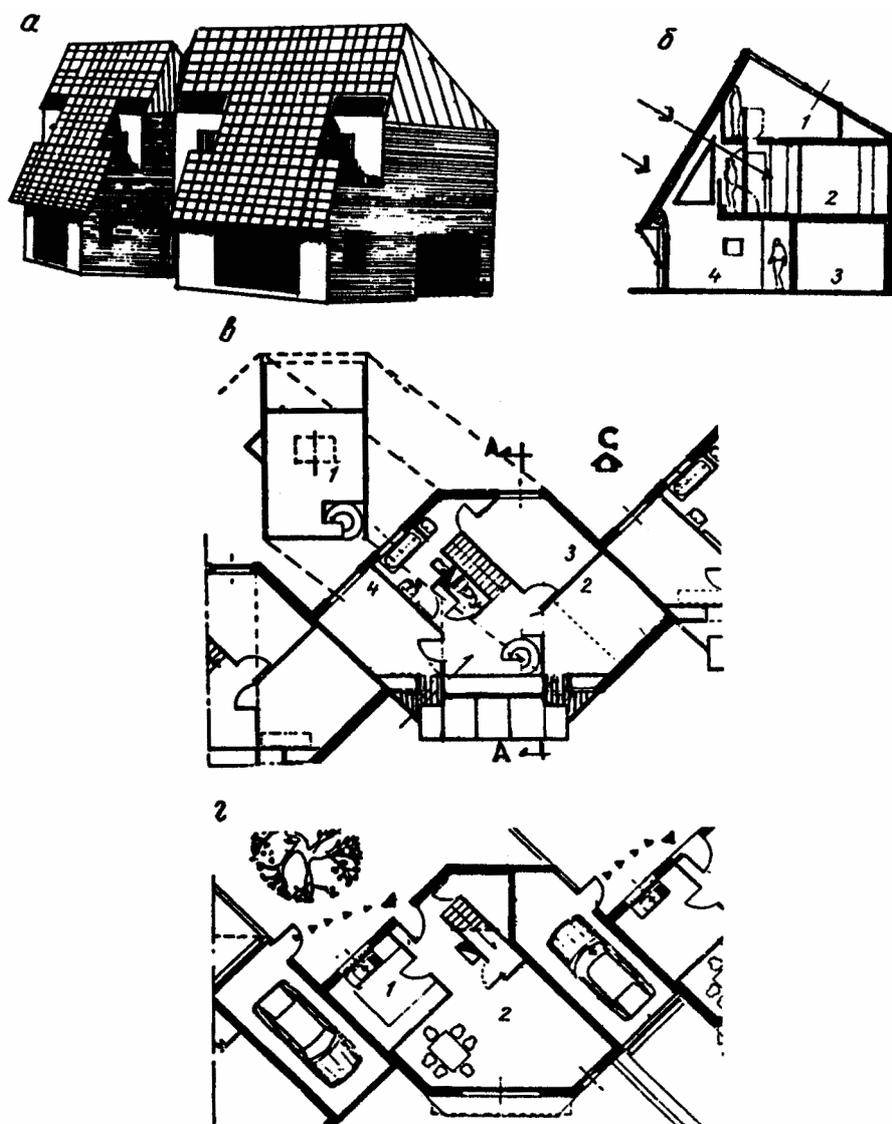


Рис. 8. Гелиоблок-квартира в трёх уровнях с гелиоприёмником в объёмной структуре здания:

а — общий вид;

б — разрез:

1 — четвёртая спальня; 2 — первая спальня; 3 — гараж; 4 — общая комната;

в — план второго и третьего уровней:

1 — четвёртая спальня 9 м²; 2 — первая спальня 12 м²; 3 — вторая спальня 9 м²; 4 — третья спальня 9 м²;

г план первого уровня:

1 — кухня 9 м²; 2 — общая комната 22 м².

Пятикомнатный жилой блок решён в трёх уровнях (рис. 8). На первом уровне, как

обычно, — общая комната и кухня, на втором — три спальни, на третьем — одна спальня. В целом объём дома используется рационально. Следует отметить, что плоскость гелиоприёмников решается не глухой, а прерывается светопроёмами для освещения и инсоляции жилых и вспомогательных помещений. При этом $K_{г.п.}^{1}$ Достигает 0,55.

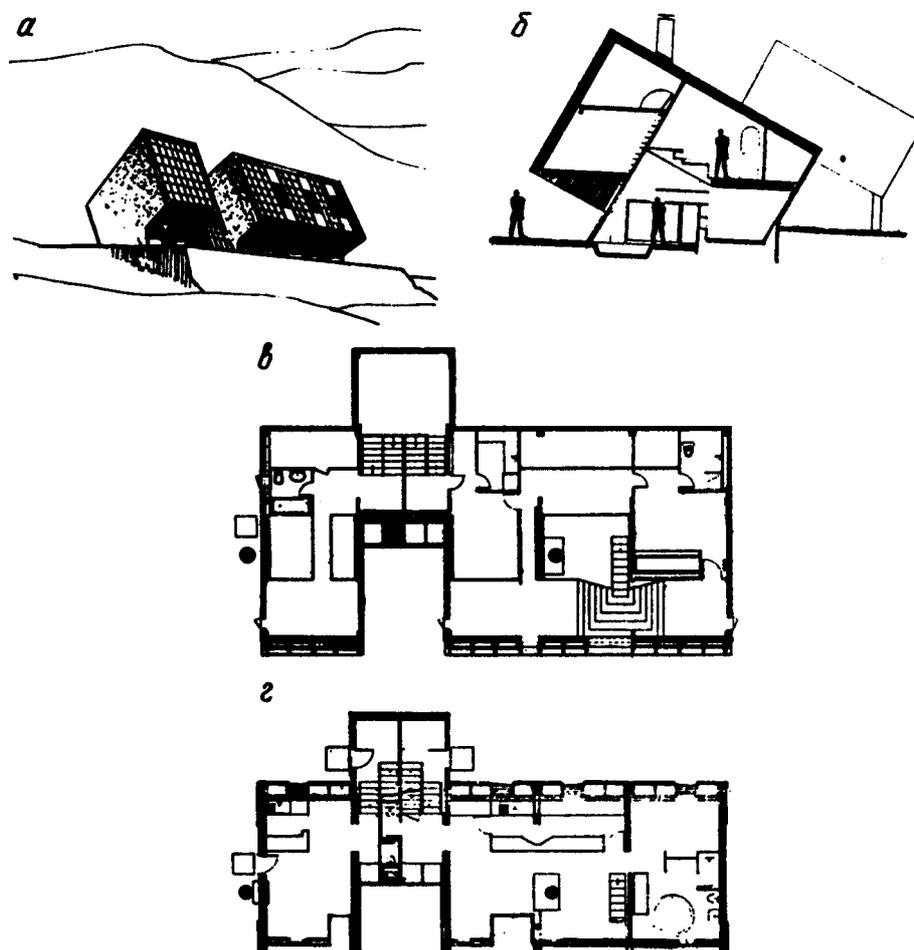


Рис. 9. Гелиодом в Эмбрене (Франция):

- а — перспектива;
- б — разрез;
- в — план второго уровня;
- г — план первого уровня.

В группе гелиодомов с гелиоприёмниками в объёмной структуре здания несколько выделяются гелиодома, в архитектуре которых видна чрезмерная увлечённость формой. Сказанное наглядно проявляется в гелиодоме в Эмбрене, Верхние Альпы (архитекторы *Alain Tavis, Robert Rebutato*, Франция)⁸.

Гелиодом в Эмбрене представляет собой параллелепипед, поставленный на ребро (рис. 9). Такое решение можно частично объяснить желанием авторов проекта удивить необычной архитектурой гелиодома. Вместе с тем такое объёмное решение

⁸ Tavis Alain, Rebutato Robert. Maison embrayon dans les Hautes—Alpes. — Techniques architecture, 1977, N 315, p. 93.

подчёркивает, что дом всем своим содержанием обращён к солнцу, что это «солнечный дом» и его функционирование основано на солнечной энергии. Однако такое необычное объёмное решение гелиодома усложнило планировку квартиры и вследствие этого создало бытовые неудобства — во всех комнатах по несколько наклонных стен.

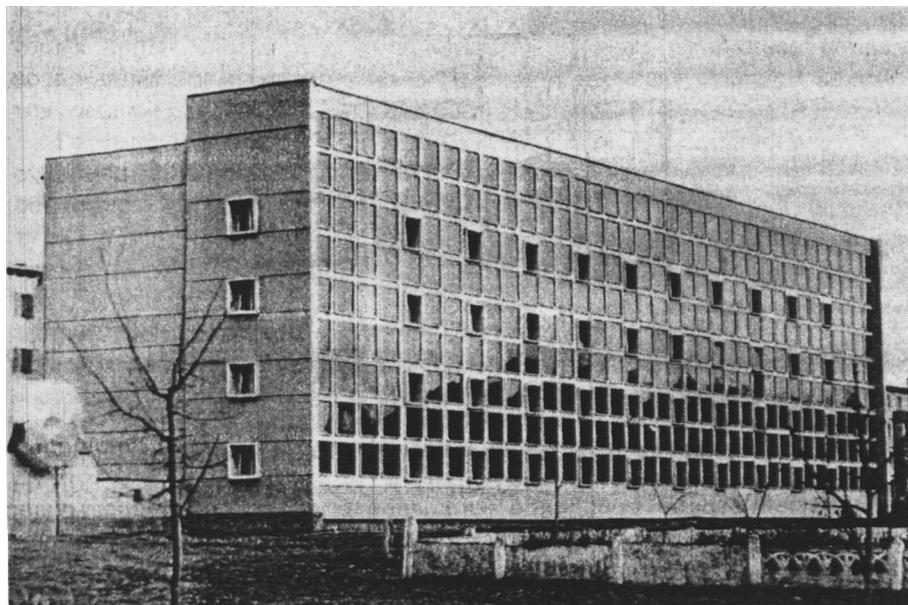


Рис. 10. Четырёхэтажный гелиодом в г. Чирчике (УзССР).

В нашей стране городское жилищное строительство преимущественно осуществляется многоэтажными домами. В этой связи определённый интерес представляют многоэтажные гелиодома. Реализованных проектов многоэтажных гелиодомов в мировой практике очень мало, в результате малочисленны и исследования по их проектированию.

А. А. Саидов [10] анализирует различные типы строящихся в настоящее время в Средней Азии многоэтажных жилых домов по возможным гелиотехническим показателям в случае переоборудования их в гелиодом. Автор считает, что размещение гелиоприёмников требуемой площади на фасаде и крыше дома выдвигает более жёсткие требования к планировочной структуре многоэтажного гелиодома, чем малоэтажного. Предпочтительными типами многоэтажных гелиодомов являются секционный и точечный, которые лучше отвечают комплексу гелиотехнических показателей (теплоустойчивость, коэффициент гелиообеспечения и т. д.). Галерейные гелиодома нецелесообразны ввиду их малой теплоустойчивости. Планировочная особенность коридорного дома с односторонними квартирами не позволяет ставить его широко, т. е. переорганизовывать в гелиодом (исключение составляет коридорный дом с квартирами в двух уровнях, выходящих на оба противоположных фасада). Коэффициент гелиообеспечения коридорного дома получается ниже удовлетворительных значений: $K_{г.п.}^1 = 0,23—0,3$.

В этой статье рассматривается также один из первых многоэтажных гелиодомов в нашей стране, который построен в г. Чирчик (УзССР) (рис. 10). Этот дом запроектирован в УзНИИП градостроительства совместно с ФТИ АН УзССР в 1975 г. на основе серии 77 типовых проектов жилых домов. Гелиоприёмники расположены на плоскости южного фасада, в простенках между светопрёмами и на высоком парапете кровли. Этой площади гелиоприёмников оказалось достаточно для достижения

удовлетворительных значений коэффициента гелиообеспечения: $K_{г.п.}^1 = 0,45$.

Установка гелиосистемы в основном не повлияла на планировку квартир в доме. К незначительным изменениям можно отнести следующее: отсутствие балкона и балконной двери в спальнях южной ориентации и светопрёма в ванной. На месте этих проёмов установлены гелиоприёмники.

Архитектор В. А. Акопджанян [1] отдаёт предпочтение террасным гелиодомам на ровной местности и на рельефе. По его мнению, развитая наружная поверхность террасного типа позволяет разместить больше площади гелиоприёмника на единицу отапливаемой площади, чем в других типах многоэтажных жилых зданий. С целью увеличения $K_{г.п.}^1$ секционные дома автор рекомендует решать со сдвижной частью комнат относительно фасадной плоскости в глубь квартиры. Фасад гелиодома представляет чередование западающих и выступающих вертикальных объёмов.

Вертикальные поверхности фасада, обращённые на юг, рекомендуется сплошь покрывать гелиоприёмниками. Окна жилых комнат ориентируются на западные и восточные румбы.

Следует отметить, что эти планировочные предложения приводят к увеличению поверхности наружных стен, повышая тем самым теплопотери здания.

Гелиодома со смешанной (интегральной) гелиосистемой

В последнее время при проектировании гелиодомов используется преимущество двух систем: эффективность и гибкость активной системы сочетается с надёжностью и простотой пассивной системы. Гелиодома со смешанной или интегральной гелиосистемой подразделяются на 2 группы: гелиодома, объёмно-планировочное решение которых определяется применением пассивной системы солнечного отопления, выделены в первую группу. Ко второй группе отнесены гелиодома, в которых при наличии пассивной основную роль в гелиообеспечении здания играет активная система.

Наиболее типичным представителем первой группы является гелиодом, запроектированный архитектором *J. P. Lubes* (Франция)⁹. Дом состоит из двух сблокированных 4-комнатных квартир, расположенных в двух уровнях (рис. 11). Общая комната и кухня расположены на первом этаже, а три спальни — на втором. Одна треть общей комнаты имеет высоту на два этажа и этот объём выступает из общего прямоугольного объёма здания. Выступающий объём общей комнаты имеет остекление — витраж по всей площади южного фасада и в верхней наклонной части вместо кровли ($K_{г.п.}^1 = 0,35$). Такая большая площадь витража обеспечивает значительное поступление тепла от солнечной энергии. Пространство между двухслойным остеклением витража в ночное время заполняется специальным тёмным веществом для уменьшения теплопотерь путём излучения. По этой же причине в жилых комнатах устроены маленькие светопрёмы, которые снабжены откидными ставнями. Причём на светопрёмах северной ориентации ставни установлены со внутренней стороны окна, что облегчает их регулирование зимой. На светопрёмах, ориентированных на юго-запад и юго-восток, ставни установлены со внешней стороны окна во избежание перегрева воздуха между остеклением и ставнями при попадании на фасад солнечных лучей летом.

Вход в спальни на втором уровне осуществляется через коридор-галерею, с которого просматривается общая комната. Все три спальни имеют широкие двухстворчатые двери, выходящие на галерею или на витраж. Двухсветная часть общей комнаты

9 Loubes J. P., Marzat F. Collectif et maisons pour HOT3 Avec Mur A. Billes. - Techniques architecture, 1977, N 315, p. 97.

зрительно объединяет пространство обеих уровней квартиры. Все эти объёмно-планировочные особенности предусмотрены для доставки нагретого воздуха от витража во все жилые помещения путём естественной конвекции. Вместе с тем *J. P. Loubes* создал необычное объёмно-планировочное решение квартиры, новую трактовку архитектурного пространства.

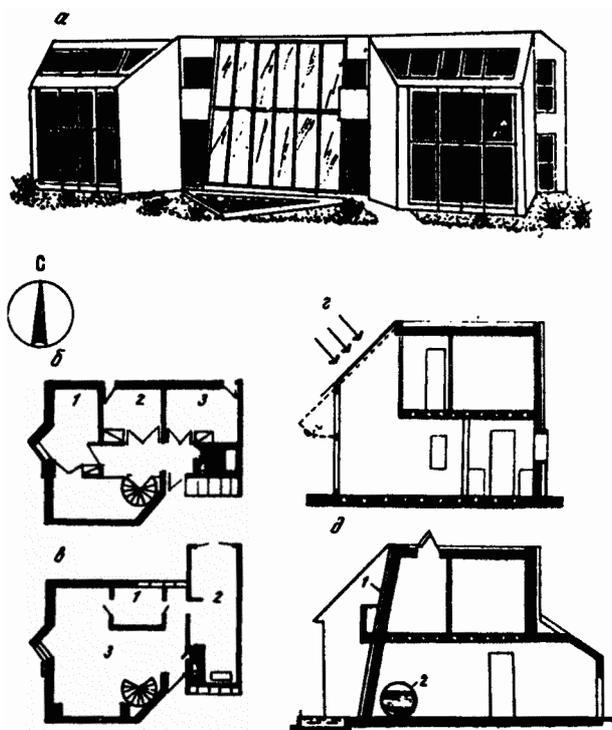


Рис. 11. Двухквартирный гелиодом с интегральной системой гелиоотопления (Франция):

- а — общий вид;
- б — план второго уровня блок-квартиры:
1—3 — первая, вторая, третья спальни соответственно;
- в — план первого уровня блок-квартиры:
1 — кухня; 2 — гараж; 3 — общая комната;
- г — разрез по общей комнате;
- д — разрез по гаражу:
1 — гелиоприёмник; 2 — аккумулятор.

На случай затяжных пасмурных дней и для горячего водоснабжения дома в качестве дополнительной применена активная гелиосистема. Гелиоприёмники её установлены на наклонной южной стене гаража и ванной. Площадь гелиоприёмников активной системы составляет 25% отапливаемой площади квартиры, т. е. $K_{гн}^1 = 0,25$.

Гелиоприёмники на фасаде занимают небольшую площадь, не перегружая его, чем выгодно отличают данные типы гелиодомов от тех, где активная гелиосистема является преобладающей.

Во второй группе гелиодомов с интегральной системой преобладающий вес имеет также активная гелиосистема. Устраиваемый простейший вид солнечного отопления используется только на какой-то части объёма дома и не влияет на его планировоч-

ную структуру. Особенности объёмно-планировочного решения таких гелиодомов хорошо показаны на примере гелиодома *Терморок* в г. Лимхамне (Швеция, 56° с.ш.)¹⁰. Здание построено концерном «Еврок». Гелиодом является экспериментальным. Концерн «Еврок» с постройкой гелиодома связывал проведение экспериментов не только по солнечному отоплению, но и по максимально возможной экономии энергии: регенерация тепла из сточных вод и вытяжного воздуха, биологическое разложение отходов, устройство тщательных теплоизоляций окон и т. д.

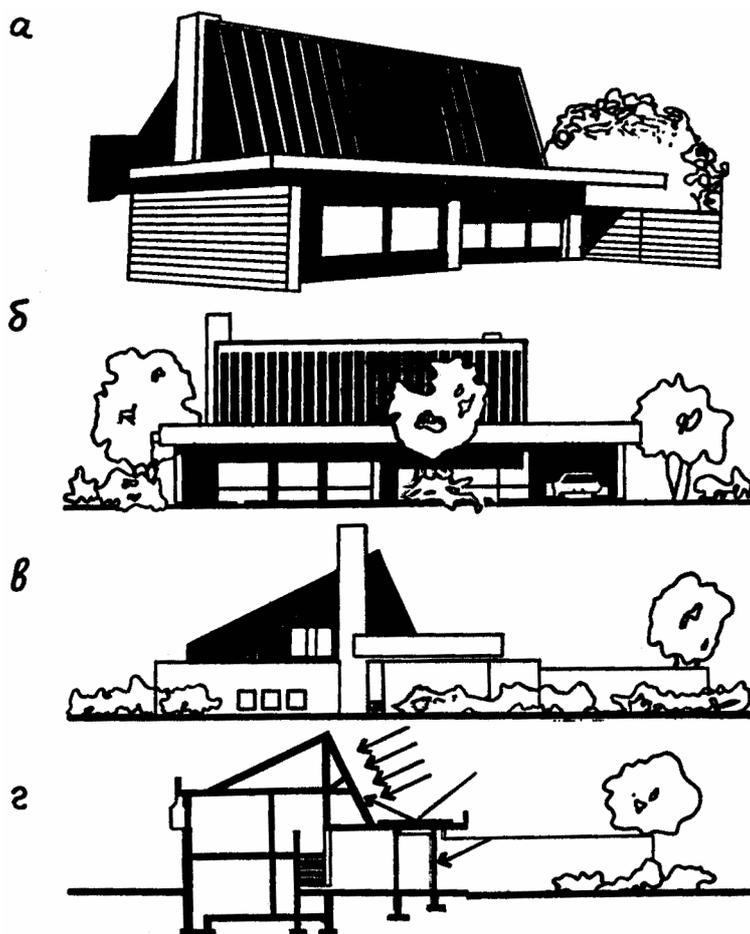


Рис. 12. Одноквартирный гелиодом в двух уровнях в г. Лимхамне (Швеция):

- а — перспектива;
- б — фасад;
- в — боковой фасад;
- г — разрез.

Шестикомнатный жилой гелиодом *Терморок* решён с гелиоприёмниками (50 м²) на южной скате кровли. Плоскость гелиоприёмников наклонена под углом 70° к горизонту. Перед гелиоприёмниками над гостиной и столовой устроена плоская кровля, на которой расположены отражатели солнечных лучей на солнечный коллектор (рис. 12).

На фасаде на первый план выступает горизонтальный козырёк светлого тона в

¹⁰ Здание Терморок в г. Лимхамне (Швеция) — опытная станция с автоматическим управлением. — М.: ЦИНИС, 1976.

контрасте с тёмной поверхностью вертикального остекления; поверхность гелиоприёмников отодвинута на второй план. Тем самым достигнуто многоплановое, интересное решение фасада гелиодома.

Вся поверхность фасада жилых помещений, ориентированных на юг, остеклена. В результате в отоплении этих помещений существенную роль играет непосредственный обогрев солнечными лучами.

Большая плоскость остекления южного фасада обеспечивает хороший обзор и зрительное единство внутреннего пространства с придомовым участком. В отличие от гелиодомов предыдущей группы планировочная структура данного жилья не позволяет обеспечить простейшим видом солнечного отопления все жилые помещения. Спальни, ориентированные на север и на запад, расположены на пол-этажа выше, чем группа помещений, ориентированных на юг, и не имеют между собой непосредственной связи.

Отопление помещений происходит путем циркуляции тёплой воды в трубах, размещённых в конструкции пола. Площадь отопления — 150 м². Применение простейшего вида солнечного отопления позволило сократить площадь гелиоприёмника активной системы, а коэффициент гелиообеспечения этой системы равен всего лишь 0,3.

Выводы и рекомендации

При проектировании гелиодомов следует учитывать комплекс гелиотехнических факторов: коэффициент гелиообеспечения $K_{г.п.}^1$, угол наклона гелиоприёмника α , теплоустойчивость здания. На стадии формирования объёмно-планировочной структуры здания $K_{г.п.}^1$ следует принимать равным для малоэтажных домов 0,5—0,65, 4-этажных — 0,38—0,5, 9-этажных — 0,35—0,45. Угол наклона гелиоприёмника рекомендуется принимать в зависимости от назначения гелиосистемы: для круглогодичного использования $\alpha = \varphi + 10—15^\circ$, где φ — широта местности; для тёплого периода года $\alpha = \varphi$; для гелиоотопления $\alpha = \varphi + 20$.

Объёмно-планировочную структуру гелиодома следует предусматривать компактной, с наименьшей площадью наружных стен на единицу отапливаемого объёма. В этой связи для малоэтажных гелиодомов предпочтительны полусферическая форма с наклонной плоскостью сечения для расположения гелиоприёмников и форма, близкая к кубу, так же с наклонным сечением для расположения гелиоприёмников. Для многоэтажных гелиодомов рекомендуется обычная параллелепипедная форма, а также цилиндр и многоугольная призма.

Гелиодома с пассивной системой отличаются простотой исполнения, надёжностью, небольшой стоимостью. При этом в холодный период система обеспечивает существенную долю теплотребности здания.

Большинство существующих гелиодомов с пассивной системой построено с однорядным размещением жилых комнат вдоль южной стены гелиоприёмника. Для квартир с двухрядным расположением жилых комнат характерна непосредственная связь комнат северной ориентации с общей комнатой через широкий дверной проём. Общая комната, как правило, ориентируется на гелиофасад; в двухъярусных квартирах эта комната зарубежными архитекторами часто решается высотой в два уровня, что облегчает доставку тёплого воздуха от гелиофасада в комнаты северной ориентации и создаёт своеобразие архитектурного решения пространства квартиры.

Устройство воздуховодов под потолком для доставки тёплого воздуха от «стены Тромба» в комнаты северной ориентации даёт определённые преимущества при проектировании двухсторонних квартир. В дальнейшем необходимо уделить внима-

ние планировочной организации квартиры в зависимости от расположения дома на участке. В Средней Азии дворик в малоэтажном доме в тёплый период года является функциональным центром квартиры. В этой связи комнаты дневного пребывания целесообразно ориентировать во двор. Однако специфика пассивной системы требует ориентации общей комнаты на гелиофасад даже в том случае, если это не дворовый фасад.

Планировочная структура гелиодома с пассивной системой должна обеспечить непосредственную связь жилых комнат северного и южного рядов; в случае связи этих комнат через коридор, тамбур, необходимо устроить их дверные проёмы напротив.

Результаты исследования показали, что объёмно-планировочную структуру гелиодомов с активной системой следует формировать с учётом региона строительства и назначения гелиосистемы.

В регионах оазисов и пустынь Средней Азии в случае применения системы гелиотеплохладоснабжения рекомендуется компактная форма здания с гелиоприёмниками, совмещёнными с наклонной наружной стеной, что способствует, с одной стороны, повышению эффективности гелиосистемы, с другой — созданию своеобразной архитектуры гелиодомов.

В случае применения системы гелиоотопления и горячего водоснабжения в условиях пустынь предпочтительна компактная прямоугольная форма дома с гелиоприёмниками в виде наклонных рядов на плоской кровле и над частью дворика. Такое расположение гелиоприёмников не ограничивает ориентацию блок-квартиры и позволяет создать плотные жилые структуры типа «шахматной», отвечающей условиям пустыни.

В регионе оазисов и предгорий при системе гелиоотопления и горячего водоснабжения рекомендуется обычная прямоугольная форма дома с гелиоприёмниками, установленными вертикально на наружной стене южной ориентации. Данное решение обеспечивает минимальную запылённость гелиоприёмников и большие теплопотупления от солнца в течение холодного периода года.

Как показывает анализ публикаций, возможно создание многоэтажных гелиодомов, отвечающих комплексу гелиотехнических требований. Целесообразными типами многоэтажных гелиодомов следует считать секционный и точечный. На рельефе предпочтительны террасные гелиодома. Нецелесообразны галерейный и коридорный типы гелиодомов.

Перспективным направлением в проектировании гелиожилищ должно стать сочетание многофункциональной активной системы с простейшим видом пассивной системы (отопление через большую плоскость остекления). В этой связи в многоэтажном гелиодоме летнее помещение, выходящее на гелиофасад, следует решать вне светового фронта жилых комнат, развитым вглубь квартиры, и с регулируемым остеклением светопроёма (с возможностью раскрытия или снятия в тёплое время года). Летнее помещение типа веранды без остекления рекомендуется устраивать при комнатах, ориентированных не на гелиофасад.

Как в малоэтажных, так и многоэтажных гелиодомах светопроёмы жилых комнат предпочтительно ориентировать на юг, на гелиофасад. Летом небольшой козырёк полностью затеняет светопроём, а зимой такое окно представляет собой простейший вид солнечного отопления.