

ЭКОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКИЙ ПОДХОД К ОЦЕНКЕ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫХ КОНСТРУКЦИЙ И СВЕТОПРОЗРАЧНЫХ СИСТЕМ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ

Гликман М.Т.¹, к.т.н., проф., Шехтер Ф.Л.², к.т.н., с.н.с.,
Арсирый А.Н.¹, аспирант

¹Одесская государственная академия строительства и архитектуры,
Украина.

²ОАО «ЦМИИПромзданий», Москва, Россия

Потребление энергоресурсов в мире постоянно возрастает, природные запасы традиционных источников истощаются и коэффициент их использования остаётся низким. Одновременно растёт «тепловое загрязнение» и деэкологизация среды. Около 20% общего потребления энергии Украины приходится на отопление зданий и сооружений в зимнее и охлаждение в летнее время. При этом на долю нетрадиционных возобновляемых источников энергии (НВИЭ) приходится менее 1% от этого количества. В этих условиях приоритетное значение приобретает оптимальное проектирование современных и реконструкция существующих зданий с модернизацией и экологизацией систем энергообеспечения и инженерного обслуживания сооружений и всей системы застройки. Здесь важнейшая роль отводится организации объёмно-пространственной и конструктивной структуры зданий с дополнением её энергоэффективными элементами ограждений и устройствами для регулирования и поддержания в них требуемого микроклиматического и технологического комфорта.

Решение указанных проблем может быть осуществлено при комплексном рассмотрении следующих аспектов проектирования и строительства:

- архитектурного (компоновка, композиция, форма, ориентация);
- конструктивного (стенное и кровельное ограждение с учётом соотношения светопрозрачных и непрозрачных частей и их физико-технических и экологических характеристик);
- инженерных систем (отопление, вентиляция, кондиционирование).

В данной статье рассматриваются первые два аспекта.

В последние десятилетия в области строительства произошли существенные изменения, связанные с преобразованиями в сфере

производства строительных материалов и изделия и, соответственно, способах монтажа конструкций и возведении зданий и сооружений. Это, в свою очередь, позволило существенно расширить выразительные и функциональные возможности современных архитектурных решений [1,2,3,4,5,6].

Современная архитектура характеризуется разомкнутостью и открытостью пространства, перетеканием и слиянием внутреннего и наружного пространства, насыщенностью светом. При формировании современных архитектурных объемов с учетом этих проблем светопрозрачные ограждения могут составлять значительную часть площади ограждающих конструкций здания, вплоть до сплошного остекления фасадов и крыш, чего не могло быть в традиционных решениях [1,5,6].

Формирование здания (сооружения) осуществляется с учетом взаимосвязи его пространственно-конструктивной оболочки (ограждений) с внутренним режимом, технологией и внешними природно-климатическими и технологическими воздействиями (внешняя среда). Роль здания (строения) – в создании определенной степени укрытости (защищенности), поддерживающей заданные условия – внутренний комфорт при неблагоприятном сочетании внешних факторов (внешний дискомфорт) с одновременным максимальным использованием благоприятных эколого-экономических возможностей природных ресурсов [2].

Главным концептуальным направлением сегодня является настройка здания (сооружения), прежде всего его светопрозрачных конструкций и объёмных модулей с этими конструкциями на максимальное улавливание солнечного излучения в период холодного дискомфорта с одновременной минимизацией теплопотерь через светопрозрачные ограждения и на солнцезащиту в период жаркого дискомфорта (перегрева) [2,5,6].

Предлагаемая концепция строится на прогнозировании и оптимизации пространственно-ориентированных геометрических, оптических и конструктивных параметров здания в увязке с солнечным климатом во времени (суточный, сезонный и годовой циклы) и окружающей средой в пространстве (местоположение, ориентация в застройке, выбор и фиксация рабочих поверхностей в интерьере) (рис.1) [2,5,6].

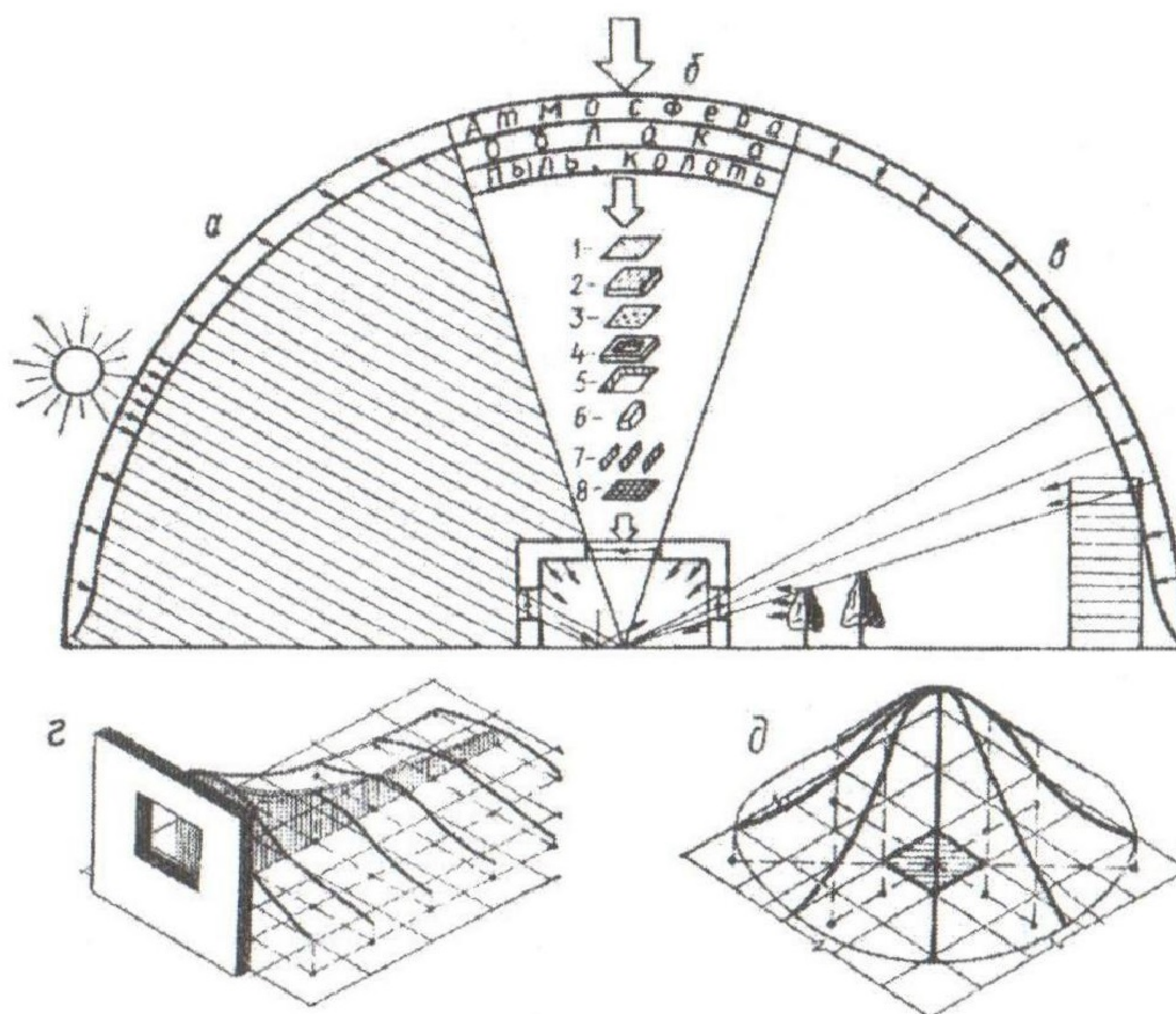


Рис.1. Взаимосвязь окружающей среды со световой средой здания
 а) прямое излучение Солнца, б) светопотери на пути излучений неба (преодолеваемые препятствия), в) рассеянное излучение неба и окружающей среды, г) схема распределения КЕО для бокового освещения, д) схема распределения КЕО для верхнего освещения, 1 – слой загрязнения (запыления) на светопрозрачной конструкции, 2 – светопрозрачное заполнение проема, 3 – конденсат на светопрозрачном заполнении (стекле), 4 – переплет светопроема, 5 – амбразура светопроема, 6 – несущие конструкции каркаса, 7 – солнцезащитные устройства (СЗУ), 8 – защитная сетка для зенитных фонарей (атриумов).

Повышение уровня улавливания солнечного излучения на нужды освещения, обогрева или охлаждения здания в зависимости от сезона эксплуатации рассматривается как **экологический ресурс и резерв общего энергопотребления** [2].

При этом желателен отвод накопленной энергии для аккумуляции в так называемых «**оазисных узлах**» с последующим использованием ее для отопления или охлаждения помещений, как это показано в наших ранних работах [2,5,6], где рассмотрены принципы рационального формирования и конструирования ограждающих конструкций и светопрозрачных систем зданий и сооружений в условиях

повышенных требований к энергоресурсосбережению, экологической безопасности и надежности строений при их возведении и эксплуатации с учетом дальнейшей возможности реконструкции и модернизации. Во всех случаях целевая установка рассчитана на повышение потенциального жизненного ресурса здания, формируемого его энергоэффективностью и надежностью.

Важнейшими факторами внутренней среды (внутреннего режима-микроклимата) являются световая среда, температура, влажность, газовый состав и движение воздуха. При этом основными передающими устройствами на границе внутренней и внешней среды служат наружные ограждения: традиционные – стены, окна, крыши и фонари и современные – фасадные системы и атриумные элементы, сочетающие светопрозрачные и непрозрачные части ограждающих структур и устройств. Ограждения здания обладают разной степенью пропускания, поглощения и отражения для падающих на них энергетических потоков – солнечная прямая и рассеянная радиация в диапазоне ультрафиолетового, видимого и инфракрасного излучений Солнца, а также для электромагнитных и звуковых волн. Все это формирует **экологию жизнедеятельности** в здании и застройке, которую необходимо учитывать при их проектировании, строительстве, эксплуатации и реконструкции [1,2,3,4].

Основное внимание в наших исследованиях и разработках уделяется комплексной оценке и совершенствованию светопрозрачных ограждений и систем, которые в последнее время занимают все большую часть наружных ограждений, а во многих случаях ограждение превращается в сплошное остекление, что требует особого внимания к его конструированию, монтажу и эксплуатации.

Светопрозрачные конструкции – специфическая часть ограждений в связи с особыми функциями, присущими ограждениям – обеспечивать естественное освещение и аэрацию помещений.

Основными светопропускающими элементами светопрозрачного ограждения являются различные стеклоизделия. Наиболее распространённое из них – обычное листовое стекло. В последние годы получают всё большее распространение в строительстве стёкла с селективным (избирательным) пропусканием солнечной радиации, с повышенными прочностными (в т.ч. противоударными) свойствами, объёмные изделия из стекла (стеклопакеты, стеклоблоки) с повышенными тепло- и звукоизоляционными свойствами. Появились также полимерные светопропускающие материалы и изделия, широко используемые в современных светопрозрачных ограждениях.

Наряду с традиционными материалами, используемыми в качестве несущих элементов светопрозрачных конструкциях ограждений, таких например, как дерево, появились новые, полимерные и композитные материалы (поливинилхлорид-ПВХ, стеклопластик), а также комбинированные изделия, обладающие высокими несущими и, одновременно, теплоизоляционными свойствами (алюминиевые и стальные профили с теплоизоляционными вставками) [1,2,3,4].

На рис.2 приводится ряд наиболее распространенных типов окон.

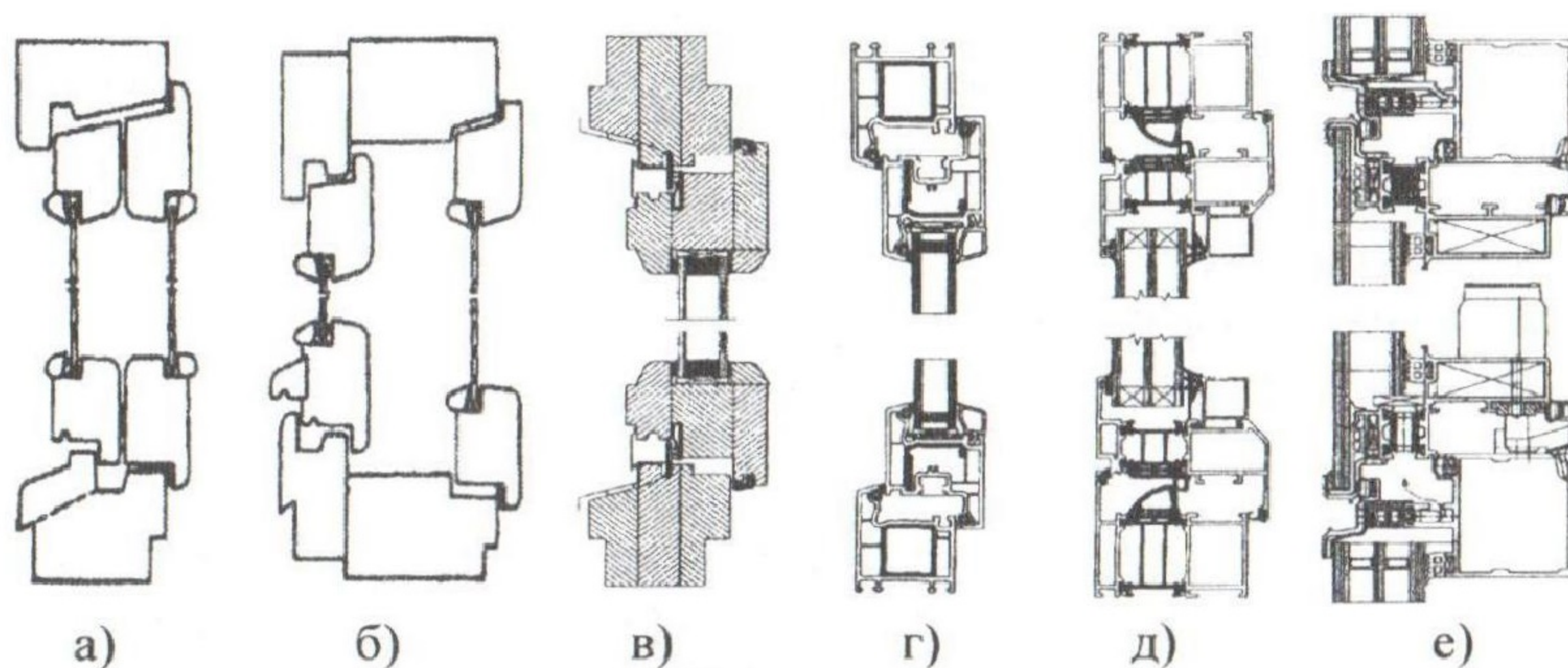


Рис. 2. Распространенные типы окон.

а – двойное остекление в спаренном переплете; б – двойное остекление в отдельных переплетах; в – однокамерный стеклопакет в деревянном переплете (евробрус); г – однокамерный стеклопакет в трехкамерном ПВХ профиле; д – двухкамерный стеклопакет в алюминиевом профиле; е) – структурное остекление

Решением существующих проблем должно послужить комплексное рассмотрение наружного ограждения, включающего светопрозрачные и непрозрачные части. При проектировании жилых зданий многие архитекторы зачастую увеличивают площадь остекления, мотивируя это решение эстетическими и архитектурно-композиционными требованиями, тем самым снижая общую энергоэффективность здания и в некоторых случаях понижая уровень комфортности помещений. При этом также не принимается во внимание уровень капитальных вложений в общей стоимости строительства здания. Необходимо, чтобы окупаемость вложений при сопоставлении различных вариантов была максимальной.

В качестве критерия для комплексной сравнительной оценки светопрозрачных конструкций нами предлагается коэффициент эффективности $K_{эф}$, показывающий уровень относительной свето-

теплотехнической эффективности конструкции в рамках предъявляемых требований:

$$K_{эф} = \frac{(1/R_0^Э + 0,28G_0^Э) / \tau_0^B}{(1/R_0^B + 0,28G_0^B) / \tau_0^Э}, \quad (1)$$

где: τ_0^B и $\tau_0^Э$ – соответственно общие коэффициенты светопропускания рассматриваемого светопрозрачного ограждения и ограждения-эталона;

R_0^B и $R_0^Э$ – соответственно приведенное сопротивление теплопередаче рассматриваемого светопрозрачного ограждения и ограждения-эталона;

G_0^B и $G_0^Э$ – соответственно воздухопроницаемость рассматриваемого светопрозрачного ограждения и ограждения-эталона.

В табл. 1. приведены результаты анализа характерных вариантов оконных блоков.

Табл. 1. Сравнение энергетической эффективности оконных блоков

Конструкция окна	Общий коэффициент светопропускания, τ_0	Приведенное сопротивление теплопередаче, R_0 , м ² С/Вт	Воздухопроницаемость, G_0 , кг/(м ² ч)	Критерий энергоэффективности $K_{эф} = \frac{(1/R_0^Э + 0,28G_0^Э)}{(1/R_0^B + 0,28G_0^B)}$
1	2	3	4	5
Двойное остекление в деревянных спаренных переплетах (Эталон)	0,60	0,39	6,25	1,00
Двойное остекление в деревянных отдельных переплетах	0,52	0,42	3,85	1,44
В спаренных деревянных оконных блоках из ПВХ с тройным остеклением (стекло + стеклопакет).	0,55	0,53	4,0	1,57
Однокамерный стеклопакет с низкоэмиссионным покрытием в деревянном переплете	0,58	0,58	2,50	1,84
Однокамерный стеклопакет с низкоэмиссионным покрытием заполненный аргоном в одинарном переплете из ПВХ	0,54	0,64	2,00	2,26
Двухкамерный стеклопакет с низкоэмиссионным покрытием в одинарном переплете из алюминия	0,55	0,52	3,00	1,70

Из табл. 1. следует, что наиболее эффективным является однокамерный стеклопакет с низкоэмиссионным покрытием, заполненный аргоном в одинарном переплете из ПВХ. При этом коэффициент эффективности составляет 2,26.

Дополнительные возможности повышения эффективности светопрозрачных ограждений заключается в применении рассмотренных нами ранее [2,5,6] атриумно-оранжерейных модулей (АОМ), световодов и оазисных узлов. Существуют АОМ в виде **наклонных модулей**, высокий режим освещения и инсоляции которых зимой намного превышает режим традиционных решений, одновременно сохраняя теплотехнические и аэрационные показатели зимой и летом. При этом наклонная рабочая поверхность и пол сооружения могут быть террасированы как трибуна стадиона, что создает эффективные условия для формирования **каскадных систем**, а «подстеллажное пространство» и пространство под общей наклонной частью пола можно использовать для размещения складов, шампиньонниц, гаражей и подсобных помещений, тяготеющих к энергетическим системам [2,5,6]. Потенциальные возможности **наклонных каскадных АОМ** практически неисчерпаемы. Их главное назначение сегодня мы видим в создании **оазисных энергетических узлов (ОЭУ)** в системе застройки, улавливающих, концентрирующих, аккумулирующих и передающих энергию солнца всему комплексу, связанному с ними, одновременно обеспечивая наилучшие условия для разведения и выращивания светолюбивых растений, вплоть до экзотических, с минимальным расходом дополнительной энергии. Улавливающий и аккумулирующий солнечную энергию АОМ (в качестве «оазисного узла») позволяет иметь дополнительный резерв этой энергии, компенсирующий поступление недостающей энергии в условиях пасмурного неба и в «темный» период, играя роль энергетического дублера, дополнительно подпитываемого энергией ветра или другого НВИЭ.

Существующие нормативные документы [7,8] жестко регламентируют соотношения между площадью светопроемов и площадью пола помещения. Ряд проверочных расчетов с использованием предложенной нами компьютерной программы на основе «метода сеток» [2], показал, что данное ограничение справедливо лишь при определенном соотношении габаритов помещений. В некоторых случаях при обеспечении требуемого соотношения площади светопроема с площадью пола в расчетных точках отмечается недостаточный уровень освещенности. Поэтому при

проектировании нетиповых объектов с нестандартными объемно-планировочными решениями возникает необходимость в проведении аналитического расчета с учетом пространственного распределения освещенности с использованием ЭВМ.

Таким образом, проектирование светопрозрачных ограждений должно осуществляться с учетом комплексного рассмотрения наружного ограждения как единой системы с оптимизацией соотношения прозрачных и непрозрачных участков при эффективном сочетании их свето-теплотехнических характеристик.

Многие проблемы, возникающие при устройстве и эксплуатации светопрозрачных ограждений, не могут быть решены без специальных знаний, учитывающих специфику новых решений. Следует отметить, что устройством светопрозрачных конструкций, как правило, занимаются специализированные фирмы, сотрудники которых проходят специальное обучение. Однако это обучение ограничивается знакомством с набором некоторых необходимых рабочих операций и правил и не даёт, естественно, полного знания о предмете.

Между тем, зачастую приходится сталкиваться с характерными ошибками в проектировании и устройстве светопрозрачных ограждений, которые приводят к дискомфорту в помещениях с их применением, к их разрушению в процессе эксплуатации и другим негативным последствиям

Характерным примером низкого уровня профессионализма в области проектирования светопрозрачных ограждений является наметившаяся в последние годы устойчивая тенденция к сплошному фасадному остеклению общественных зданий различного назначения. Сплошное остекление, затем, в процессе эксплуатации часто приходится для защиты от ослепленности прямыми солнечными лучами и от перегрева полностью закрывать жалюзи или шторами, а также отодвигать рабочие места от наружного остекления.

Сопrotивление теплопередаче светопрозрачной конструкции в 4-5 раз ниже, чем аналогичное значение для стены [3,7]. Поэтому, если светопрозрачные ограждения составляют до 80% от общей площади стен, то система отопления такого здания в осенне-зимний период «отапливает улицу». Подобных ошибок можно легко избежать, обладая необходимыми знаниями в данной области.

Специфические требования к светопрозрачным конструкциям, с одной стороны, и значительно возросший в последние годы их ассортимент с другой стороны приводят к необходимости выделения светопрозрачных ограждений в отдельную область ограждающих конструкций зданий и разработке соответствующего нового спецкурса

при обучении студентов архитектурно-строительных вузов и слушателей курсов повышения квалификации. Сегодня это является актуальной проблемой, которая начинает реализовываться в обучении с использованием современных компьютерных технологий, в частности в Одесской государственной академии строительства и архитектуры (ОГАСА), в том числе и в последипломной подготовке. Данная проблема нашла отражение и в одном из спецкурсов в развитие государственной минвузовской программы «Ресурс».

SUMMARY

In the article the questions of ecology-economy hike are considered to the complex estimation of light transparent constructions as parts of part of common outward protection of building. To be led to the way of increase of energy effective of non-load-bearing constructions in modern terms.

ЛИТЕРАТУРА

1. Борискина И.В., Шведов Н.В., Плотников А.А. Современные светопрозрачные конструкции гражданских зданий. Справочник проектировщика. Том I, II. -М.: НИУПЦ «МИО»., 2005.
2. Гликман М.Т., Кошлатий О.Б., Вітвицька Є.В. Основи будівельної фізики сільських споруд. – К.: Урожай, 1995.
3. Рекомендации по выбору и устройству современных конструкций окон / Ю.П. Александров, Б.Л. Валкин, Ф.Л. Шехтер. – М, ГУП ЦПП, 2000.
4. Рекомендации по проектированию и устройству фонарей для естественного освещения помещений/ Ю.П. Александров, Ф.Л. Шехтер. – М, ГУП ЦПП, 2002.
5. Гликман М.Т., Ивко Н.В. Современный подход к проектированию атриумно-оранжерейных модулей. – Світло люкс, 2003, №2, с. 29-31.
6. Гликман М.Т., Ивко Н.В. Мансарды и атриумы в современном городе. – Світло люкс, 2003, №1, с. 33.
7. ДБН В.2.5-28-06. Естественное и искусственное освещение.
8. ДБН В.2.6-31:2006. Тепловая изоляция зданий.