

## ТИПОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ПАССИВНЫХ ЖИЛЫХ ДОМОВ ВО II АРХИТЕКТУРНО-СТРОИТЕЛЬНОМ КЛИМАТИЧЕСКОМ РАЙОНЕ УКРАИНЫ

*Киевский национальный университет строительства и архитектуры,  
Украина*

*Анализируются особенности типологических требований к коттеджному строительству по стандарту Passivhaus для южного региона Украины на примере Одесской области. Исследуются вопросы оптимизации объёмно-планировочных решений, теплоизоляционной оболочки зданий, площади световых проёмов, солнцезащитных устройств.*

**Постановка проблемы.** Проблема энергосбережения стоит сегодня в Украине на первом месте. Жилой сектор, будучи одним из основных потребителей энергии в системе национальной экономики, имеет огромный потенциал энергосбережения. Поэтому сегодня в Украине остро назрела необходимость исследований и проектирования энергоэффективных малоэтажных жилых домов. Одним из удачных технических решений, которое зарекомендовало себя во многих странах мира являются здания, отвечающие стандарту пассивного дома, разработанного в институте пассивного дома (г. Дормштат, Германия).

**Анализ основных исследований.** Проблеме проектирования энергоэффективных пассивных домов на территории Украины посвящено много исследований [1,2,3], но общей типологической основы проектирования до сих пор нет.

**Постановка задачи.** На примере Одесской области разработать типологические основы проектирования жилых домов, отвечающих стандарту [4] для II архитектурно-строительного климатического района.

**Основная часть.** Основными направлениями снижения энергозатрат на климатизацию зданий являются:

1. Оптимизация объёмно-планировочных решений.
2. Оптимизация теплоизоляционной оболочки зданий.
3. Оптимизация площади световых проёмов
4. Проектирование и использование солнцезащитных устройств.

*Объёмно-планировочные решения.* В нормах Украины приводятся рекомендации по показателю компактности  $\Lambda$  жилых зданий [5]. Для двухэтажных и одноэтажных домов с

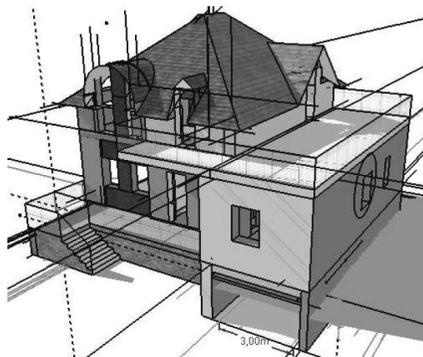


Рис. 1. Общий вид пассивного жилого дома для Одесской области

мансардой рекомендованное значение показателя компактности  $\Lambda \leq F_{\Sigma} / V_{\Sigma} = 0.9$ , где  $F_{\Sigma}$  и  $V_{\Sigma}$  – соответственно общая площадь внутренних поверхностей ограждающих конструкций и объём отапливаемой части дома.

Концепция предложенного варианта пассивного двухэтажного коттеджа – дом на семью со средним доходом. Поэтому в нём нет зимнего сада, двухсветных комнат, площади и высота комнат близки к показателям социального жилья [6]. Общая площадь дома – 208 м<sup>2</sup>, жилая площадь – 140 м<sup>2</sup>. Он характеризуется компактным объемно-пространственным решением ( $\Lambda = 0,89$ ), минимальным фронтом ограждающих поверхностей, тепловым зонирование функционально планировочных групп в доме (южная ориентация – жилые комнаты; северная – кухня - востока и подсобные помещения), максимальным использованием мансардного пространства.

*Оптимизация теплоизоляционной оболочки зданий.* Теплоизоляция оболочки пассивного дома оказывает решающее влияние на необходимое потребление тепловой энергии на отопление. В соответствии с требованиями стандарта Passive House коэффициент теплопередачи  $U$  стен и покрытий дома не должен быть больше 0,15 Вт/(м<sup>2</sup>·К) [7], т.е. приведенные значения сопротивления теплопередаче  $R_{\Sigma \text{ пр}}$  этих конструкций должны быть не меньше 6,67 (м<sup>2</sup>·К)/Вт.

Однако эти рекомендации не дифференцированы в зависимости от ориентации стен и покрытия. Вместе с тем, количество солнечной энергии, которая приходит на поверхности разной ориентации различно. Также различна энергетическая освещенность этих поверхностей тепловой (длинноволновой) радиацией атмосферы. Это должно сказаться на рекомендуемых значениях тепловой изоляции конструкций в зависимости от их ориентации.

Рассмотрим как сказывается ориентация ограждающей конструкции на рекомендуемые значения сопротивления теплопередаче для пассивного жилого дома в условиях Одесской области.

Для этого были рассчитаны значения эффективной температуры воздуха около наружных поверхностей ограждающих конструкций  $T_{\text{ум}}$ , К, для четырёх ориентаций стен (север, восток, юг, запад) и покрытия (зенитная ориентация). Расчёт проводился по формуле, приведенной в [8]:

$$T_{\text{ум}} = T_3 \cdot 4 \sqrt{\frac{G(\alpha)}{G_{\text{ср}}(\alpha)}} + \rho \frac{I(\alpha, \beta) + i(\alpha, \beta)}{\alpha_s}, \quad (1)$$

где  $T_3$  – температура внешнего воздуха, К;

$G$ ,  $I$ ,  $i$  – энергетическая освещенность поверхности заданной ориентации соответственно тепловой, прямой солнечной и рассеянной радиации, Вт/м<sup>2</sup>;

$G_{\text{ср}}$  – пространственная интенсивность тепловой радиации, Вт/м<sup>2</sup>;

$\rho$  – коэффициент поглощения солнечной радиации наружной поверхности ограждающей конструкции;

$\alpha_s$  – коэффициент теплообмена между наружной поверхностью ограждения и внешним воздухом, Вт/(м<sup>2</sup>·К).

Значения  $T_{ум}$  просчитывались для среднемесячных значений климатических параметров всех месяцев отопительного периода по данным [8]. Затем находились средние значения эффективных температур наружного воздуха за отопительный период. При этом рассматривались разные условия облачности – ясное небо и средние для Одессы условия облачности, а также разная отделка наружных поверхностей: светлая, темная и темные стены при светлой крыше.

Учитывая, что наиболее высокая средняя эффективная температура воздуха за отопительный период у стены южной ориентации, принято для этой стены значение сопротивления теплопередаче не уровне минимально рекомендуемого сопротивления  $R_{юг} = 6,67 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$ . Для других ориентаций сопротивления теплопередаче рассчитаны, исходя из соотношения

$$R_i = \frac{(t_b - t_i)}{(t_b - t_{cp})} \cdot R_{юг}, \quad (2)$$

где  $R_i$  – сопротивление теплопередаче ограждающей конструкции рассматриваемой ориентации,  $\text{м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$ ;

$t_b = 20$  – температура воздуха внутри здания,  $^{\circ}\text{C}$ ;

$t_i$  – средняя температура наружного воздуха за отопительный период у поверхности рассматриваемой ориентации,  $^{\circ}\text{C}$ ;

$t_b = 1,8$  – средняя температура наружного воздуха за отопительный период, в Одессе,  $^{\circ}\text{C}$ .

По полученным значениям  $R_i$  определены необходимые значения толщины утеплителя для ограждающих конструкций разной ориентации. При этом в качестве утеплителя принято базальтовое волокно «Supergrock», с расчётным значением теплопроводности  $\lambda_{вт} = 0,035 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$  [9].

Результаты расчёта сведены в табл. 1. На рис. 2. показаны графики зависимости изменения рекомендуемого сопротивления теплопередаче поверхностей разной ориентации по отношению к южной стене, полученные по формуле (2).

Анализ проведенных расчётов показывает, что рациональная толщина утеплителя в ограждающих конструкциях пассивного дома в условиях П архитектурно-строительного климатического района Украины зависит от ориентации поверхности. Если для стен разной ориентацией этой зависимостью можно пренебречь (расхождение составляет меньше 3%), то для покрытий это расхождение уже существенно (при ясном небе составляет около 20%, а при средних условиях облачности – около 10%). На толщину утеплителя также влияет цветовая отделка поверхностей. Самая большая дифференциация рациональной толщины утеплителя наблюдается при темной отделке стен и светлой кровле.

Таблица 1.

Расчет сопротивления теплопередаче и толщины утеплителя для ограждающих конструкций в условиях Одессы

Ориентации поверхности	Наименование материала и состояние поверхности	$\rho$	$t_i$	$R_i$	$\delta_i$	% расхождения $R$ и $\delta$	
<i>Тёмная отделка наружных поверхностей</i>							
Средние условия облачности	Юг	штукатурка темная	0,73	2,75	6,32	0,22	0
	Север	штукатурка темная	0,73	2,39	6,45	0,23	2,05
	Восток	штукатурка темная	0,73	2,52	6,4	0,23	1,29
	Запад	штукатурка темная	0,73	2,52	6,4	0,23	1,32
	Зенит	сталь кровельная, окрашенная в темно-красный цвет	0,75	1,16	6,9	0,25	9,21
	<i>Светлая отделка наружных поверхностей</i>						
	Юг	штукатурка белая	0,25	2,42	6,44	0,23	0
	Север	штукатурка белая	0,25	2,29	6,49	0,23	0,74
	Восток	штукатурка белая	0,25	2,34	6,47	0,23	0,41
	Запад	штукатурка белая	0,25	2,35	6,46	0,23	0,38
Зенит	сталь кровельная, окрашенная в светлый цвет	0,44	0,92	6,99	0,25	8,54	
<i>Тёмная отделка стен, светлая кровля</i>							
Ясное небо	Юг	штукатурка тёмная	0,73	2,75	6,32	0,22	0
	Север	штукатурка тёмная	0,73	2,39	6,45	0,23	2,06
	Восток	штукатурка тёмная	0,73	2,52	6,4	0,23	1,27
	Запад	штукатурка тёмная	0,73	2,52	6,4	0,23	1,27
	Зенит	сталь кровельная, окрашенная в светлый цвет	0,44	0,92	6,99	0,25	10,6
	<i>Тёмная отделка наружных поверхностей</i>						
Ясное небо	Юг	штукатурка белая	0,73	3,05	6,21	0,22	0
	Север	штукатурка тёмная	0,73	2,7	6,34	0,23	2,07
	Восток	штукатурка тёмная	0,73	2,72	6,33	0,23	1,96
	Запад	штукатурка тёмная	0,73	2,84	6,29	0,22	1,28
	Зенит	сталь кровельная оцинкованная, окрашенная в темно-красный цвет	0,75	0,16	7,27	0,26	17,1
	<i>Светлая отделка наружных поверхностей</i>						
	Юг	штукатурка белая	0,25	2,73	6,33	0,23	0
	Север	штукатурка белая	0,25	2,62	6,37	0,23	0,66
	Восток	штукатурка белая	0,25	2,64	6,36	0,23	0,49
	Запад	штукатурка белая	0,25	2,65	6,35	0,23	0,43
Зенит	сталь кровельная оцинкованная, окрашенная в светлый цвет	0,44	-0,07	7,35	0,24	16,2	
<i>Тёмная отделка стен, светлая кровля</i>							
Ясное небо	Юг	штукатурка тёмная	0,73	3,05	6,21	0,22	0
	Север	штукатурка тёмная	0,73	2,7	6,34	0,23	2,07
	Восток	штукатурка тёмная	0,73	2,72	6,33	0,23	1,96
	Запад	штукатурка тёмная	0,73	2,84	6,29	0,22	1,28
	Зенит	сталь кровельная, окрашенная в светлый цвет	0,44	-0,07	7,35	0,24	18,4

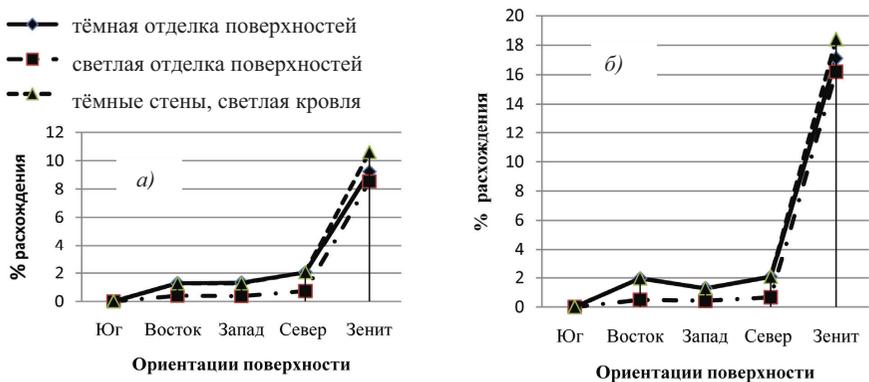


Рис. 2. Зависимость изменения сопротивления теплопередаче поверхностей разной ориентации по отношению к южной стене  
*a* – при средних условиях облачности *б* – при ясном небе

*Оптимизация площади световых проёмов.* Является спорным рекомендация [10] о целесообразности увеличения площади светопрозрачных конструкций южной ориентации. Это связано с тем, что в пассивных домах используются окна с высокими показателями теплоизоляции, добиться которых можно только при использовании стекол с низкоэмиссионным покрытием. Эти стекла работают как тепловые зеркала, отражая тепловую энергию в сторону, откуда она поступает. Поэтому зимой вклад прошедшей внутрь дома солнечной энергии в уменьшение затрат на отопление будет минимальным и, навряд ли, тепловая энергия от солнца компенсирует те дополнительные теплопотери, которые будут обусловлены увеличенной площадью светопроёмов.

В этой связи, концепцией проектирования светопроёмов в пассивных домах должна базироваться на максимальном уменьшении их площади. В рассматриваемом проекте оптимизация площади окон было проведено на основе усовершенствованной методики расчета КЕО, которая закреплена в Изменении № 2 к ДБН В.2.5-28-2006 (вступает в действие с 01.09.2012), участие в разработке которой принимал автор [10].

*Проектирование и использование солнцезащиты.* Отличительной особенностью народного жилища Одесской области является устройство ставен [11]. Их основным назначением была защита жилых помещений от внешних температурных воздействий. Зимой в холодные ветреные дни ставни защищали помещения от продувания, а летом, в жару – от перегрева солнечными лучами.

В современной архитектуре ставни незаслуженно забыты. На наш взгляд, они должны быть возвращены в коттеджное строительство в качестве регулируемых солнцезащитных конструкций и дополнительного утепления окон в тёмное время суток зимой. Конечно, их конструкция, внешний вид, материал, а, возможно, и система регулирования закрыванием должны претерпеть существенное изменение.

**Выводы.** Проектирование домов, удовлетворяющих требованиям Passivhaus, во II архитектурно-строительном климатическом районе Украины должно базироваться на особенностях климатических, культурных, национальных, экономических и других требованиях этого региона. Это касается таких вопросов, как оптимизация распределения утеплителя, определения рациональной площади остекления, выбор и проектирование солнцезащиты. Аналогичные вопросы должны быть рассмотрены и в других районах Украины, что предполагается сделать в дальнейших исследованиях.

## Литература

1. *Сергейчук О.В.* Особливості об'ємно-планувальних, конструктивних та інженерно-технічних рішень будинків за стандартом „PASSIVE HOUSE“ в умовах України / Олег Васильович Сергейчук // Градостроительство и территориальное планирование: Наук.-техн. сборник. – К.: КНУСА, 2004. – Вип. 17. – С. 299- 304.
2. *Диб М.З.* Кліматичне районування України для пасивного будівництва / Мохамад Закарія Діб // ЕКОІнформ: 2 (262) <2011> с.52-53. [3].
3. *Плоский В.О.* Формування садибного житла на основі принципу енергоефективності на території північного регіону України / Віталій Олександрович Плоский // Енергозбереження в будівництві та архітектурі:Наук.-техн. сборник. – К.: КНУСА, 2011. – Вип. 2. – С. 131- 138.
4. *Пакет проектирования пассивного дома RHPP 2007 / Passivhaus Institut (Институт пассивного дома (PHI)), [Электронный ресурс] — Режим доступа <http://www.passive-on.org/en/cd.php>*
5. *Теплова ізоляція будівель : ДБН В.2.6-31:2006. — [Чинні від 2007-04-01] / Мінбуд України — К.: Мінбуд України, 2006. – 65 с.— (Державні будівельні норми України).*
6. *Житлові будинки. Основні положення: ДБН В.2.2.-15-2005. [Чинні від 2006-01-01] / Держбуд України. – К.: Укрархбудінформ, 2005. – 50 с. – (Державні будівельні норми України).*
7. *Файст В.* Основные положения по проектированию пассивных домов / Вольфганг Файст // М. Перевод с немецкого с дополнениями под редакцией А.Е. Елохова. — Издательство Ассоциации строительных вузов, Москва 2008. -144 стр.
8. *Будівельна кліматологія : ДСТУ-Н Б В.1.1 – 27:2011. [Чинний з 2011-11-01] / Мінрегіонбуд України. — К.: Мінрегіонбуд України, 2011. – 123 с.— (Державний стандарт України).*
9. *Строительные конструкции Rockwool. [Электронный ресурс] — Режим доступа : <http://www.rockwool.ua/products/superrock> .*
10. *Природне і штучне освітлення : ДБН В.2.5-28-2006. [Чинні з 2006-10-01, зміна №2 чинна з 2011р.] / Держбуд України. — К. : Укрархбудінформ, 2006. — 76 с. — (Державні будівельні норми України).*

11. *Самойлович В.П.* Народное архитектурное творчество Украины / Виктор Петрович Самойлович // — 2-е изд., перераб. и доп. —К.:Будивэльныйк,1989. — 344с.,[8] л. ил. — ISBN 5-7705-01 79-0.

**ТИПОЛОГІЧНІ ОСНОВИ ПРОЕКТУВАННЯ ПАСИВНИХ ЖИТЛОВИХ  
БУДИНКІВ В II АРХІТЕКТУРНО-БУДІВЕЛЬНОМУ КЛІМАТИЧНОМУ  
РАЙОНІ УКРАЇНИ**

*Мохамад Диб*

Аналізуються особливості типологічних вимог до котеджного будівництва за стандартом Passivhaus для південного регіону України на прикладі Одеської області. Досліджуються питання оптимізації об'ємно-планувальних рішень, теплоізоляційної оболонки будівель, площі світлових прорізів, сонцезахисних пристроїв.

**FUNDAMENTAL TYPOLOGY DESIGN FOR DESIGNING OF PASSIVE  
HOUSE IN THE II ARCHITECTURE-CONSTRUCTION CLIMATIC  
REGION, OF THE TERRITORY OF UKRAINE**

*Mohamad Dib*

In this article the fundamental typological design of Passive House standards are analyzed in the South region by example the region of Odessa. The article researches' in optimization of space planning, heat insulation of the building envelope, light opening frames and sunshield element.