

Диб М. З.

*Аспирант кафедры дизайна архитектурной среды
Киевский национальный университет строительства и архитектуры КНУСА
mishel-dib@ukr.net*

Научный руководитель: д. арх., проф. Сергейчук О. В.

ОЦЕНКА РЕАЛИЗОВАННЫХ ПРИМЕРОВ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫХ МАЛОЭТАЖНЫХ ЖИЛЫХ ДОМОВ В УКРАИНЕ

Аннотация: Проведен анализ и оценка особенностей объёмно-планировочных, конструктивных и инженерно-технических решений современных энергоэффективных малоэтажных жилых домов с учетом климата разных регионов Украины.

Ключевые слова: оценка, энергоэффективное проектирование, современные малоэтажные жилые дома, архитектурные, конструктивные и инженерно-технические решения, учет климата.

Постановка проблемы. В настоящее время вопросу энергоэффективного строительства в Украине уделяют особое внимание. Ведется экспериментальное проектирование и строительство, которые чаще всего исследуют какой-либо характерный типологический признак энергоэффективного здания. Как правило, это энергоэффективные конструкции и энергосберегающие технологии в системе теплоснабжения, но существует недостаток исследований по оценке архитектурных решений энергоэффективных зданий [1,2].

Целью статьи является анализ и оценка особенностей объёмно-планировочных, конструктивных и инженерно-технических решений современных энергоэффективных малоэтажных жилых домов с учетом климата разных регионов Украины.

Изложение основного материала исследования. В Украине вопросами проектирования энергоэффективных зданий начали заниматься сравнительно недавно. Ведущими организациями по этому направлению являются НИИСК, УКРНИИПграждансельстрой, КиевЗНИИЭП, КНУСА, ПГАСА и некоторые другие.

Одной из первых работ по архитектуре энергоэффективных жилых зданий является кандидатская диссертация Кащенко Т. А. [3]. В ней проведен анализ проблемы энергосбережения в области жилищного строительства, предложена концепция оптимизации основных параметров формы здания.

В УКРНИИПГраждансельстрой проведена работа по разработке рекомендаций по проектированию индивидуальных пассивных жилых домов условиях Украины [4]. В отчёте проанализированы принципы особенности объемно-планировочных, конструктивных и инженерно-технических решений таких домов с учетом климата в условиях Украины. Однако разработанные рекомендации носят общий характер, влияние климата на типологию энергоэффективного жилья не дифференцировано по разным регионам Украины.

Оценке эффективности энергосбережения и прогнозирования энергопотребления в сфере жилищного и коммунально-бытового обслуживания населения Украины посвящена работа [5].

Геометрическим вопросам проектирования энергоэффективных зданий посвящены докторские диссертации Сергейчука О.В. [6] и Мартынова В.Л. [7], а также кандидатская диссертация Буравченко В.С. [8]. В основу этих разработок положен конус солнечных лучей, предложенный проф. Подгорным А.Л [9].

Вопросам повышения энергоэффективности зданий посвящено много диссертационных работ [10-13], однако они рассматривают только особенности утепления зданий.

Институтом технической теплофизики НАН Украины построен в Киеве экспериментальный четырехэтажный дом пассивного типа, общей площадью 300 м² с отапливаемой площадью 267 м² [14]. Этот дом является экспериментальной базой для проверки многих энергоэффективных технологий в условиях Украины.

В целом, архитектурно-планировочное решение здания достаточно компактно, план – простой, практически квадратный. Ориентация дома широтная. Цокольный этаж углублен в почву на 175 см. Северная сторона окон не имеет, что хорошо согласуется с требованиями энергоэффективности здания. Вход в дом – через отделенную от здания эстакадную пристройку с тремя тамбурами.

Вопреки нормативно-техническим требованиям для пассивных домов с южной стороны также отсутствуют окна. Это обосновывается тем, что в условиях Киева число облачных дней в зимний период значительно и эффективность пассивного солнечного отопления низкая, а теплопотери через окна – значительны в сравнении с эффективными стенами. Летом, наоборот, солнечных дней много и южные окна вызывают перегрев. На наш взгляд, это спорное решение, так как при использовании в этом доме высококачественных окон с приведенным сопротивлением теплопередаче 3,8 м²·К/Вт солнечное отопление даже в дни с переменной облачностью может дать существенный эффект, а для защиты от перегрева нужно было запроектировать наружные солнцезащитные устройства. Кроме того, можно было предусмотреть ставни,

которые в ночное время дополнительно утепляют окна, а в сложенном состоянии работают как солнцезащита от летнего солнца [15].

Крыша решена в виде одного ската, ориентированного на юг с наклоном 35° к горизонту. Этот угол выбран как оптимальный в природно-климатических условиях Киева для интеграции в плоскость крыши гелиоприемников для преобразования солнечной энергии в электрическую. По нашим расчётам, с учётом реального годового хода облачности для Киева оптимальным углом наклона гелиоприёмников является 40° [16].

Архитектор Татьяна Эрнст запроектировала и построила себе пассивный дом в городе Киеве. Площадь дома 328 м^2 . Дом состоит из двух этажей и мансарды [17]. В целом, архитектурно планировочное решение дома достаточно компактное, план – простой с приемлемыми пропорциями. Окна основных помещений выходят на юг, что способствует устройству пассивного обогрева дома зимой. Они обустроены регулируемыми ставнями, которые могут использоваться летом в качестве солнцезащиты. Однако размещение лестницы на южном фасаде не рационально, так как это затеняет часть огромного окна, которое могло бы работать как солнечный коллектор, обеспечивая дополнительную пассивную энергию для отопления здания. Было бы логично разместить лестницу с северной стороны. Восточный фасад является благоприятным для пассивного отопления и не вызывает перегрева помещений через окна в летнее время, однако он затеняется противостоящим зданием. Дом хорошо утеплен: сопротивление теплопередаче стен составляет применено $6,25 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$, стен подвала – $5,3 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$, подушки фундамента – $5,6 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$, крыши – $7,7 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$, террасы – $6,67 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$, окон – $1,2 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$. [18].

К недостаткам проекта можно отнести наличие тепловых мостов. Например, в лестничной клетке, где плита перехода и плита балкона, термически не отделены от бетонного перекрытия. Лучше было бы для них использовать отдельные опоры, изолированные от здания. С точки зрения энергоэффективности, основными неудачным решением проекта являются устройство окна значительной площади с северного фасада. Было бы более рациональным убрать остекление этого фасада, заменив его на глухую стену со значительным сопротивлением теплопередаче.

В 2015 г. в Украине построен энергоэффективный загородный дом OptimaHouse [19]. Он запроектирован архитектором Александром Кучерявым. Дом компактный с отапливаемой площадью $141,4 \text{ кв.м}$. На двух этажах, включая мансарду, размещены гостиная, кухня-столовая, 2 спальни, общая гардеробная, с/у с душевой, просторная ванная с прачечной, техническое помещение со всеми инженерными системами. Дом построен по каркасной технологии. Ориентация дома широтная.

Площадь световых проемов относительно площади стен дома составляет 53% на южном фасаде, 21% – на западном, 16% – на восточном и 10% – на северном. Таким образом, окна основных помещений выходят на юг, что способствует устройству пассивного обогрева дома зимой. Для защиты от перегрева они на первом этаже имеют регулируемый тентовый козырёк, но на втором этаже на окнах не предусмотрена солнцезащита. Поэтому наличие значительного количества окон на западном фасаде без солнцезащиты не является рациональным. На наш взгляд, более рациональным было бы изменить объёмно-планировочное решение дома на зеркальное по отношению к меридиональной оси. В этом случае площадь западных окон уменьшилась бы, а восточных – увеличилась. Размещение подсобных нежилых помещений и входа на первом этаже с северной стороны рационально, так как они служат буферной зоной и защищают от зимних холодных ветров.

Дом хорошо утеплен: Сопротивление теплопередаче стен составляет применено $7,31 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$, крыши – $12,19 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$, окон – $0,78 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$. Хорошо организовано естественное проветривание помещений в летнее время. Приток воздуха осуществляется через окна на северном и южном фасаде, а вытяжка – через мансардные окна. В доме установлены тепловые насосы воздух-вода и воздух-воздух. Система вентиляция оборудована теплообменниками. Стоимость объекта составляла до $1000 \text{ \$}/\text{м}^2$ с внутренним убранством. Сроки строительства дома составили 120 дней.

Д.т.н. А. Т. Дворецкий построил себе под Симферополем энергосберегающий дом. На отопление дома тратится $80 \text{ кВтч}/\text{м}^2$ в год, что более чем в 2 раза меньше затрат на отопление обычного дома во II архитектурно-строительном климатическом районе Украины [20]. Ориентация дома широтная. Окна основных помещений выходят на юг и восток, что способствует устройству пассивного обогрева дома зимой и уменьшению перегрева летом. Однако, наличие нескольких окон с западной стороны не является рациональным в связи с летним перегревом. Возможно, в будущем на них появятся СЗУ. Северная сторона для уменьшения теплопотерь зимой окон практически не имеет, за исключением маленьких форточек для организации проветривания подсобных помещений. На северную сторону выходят лестница и подсобные помещения, которые служат буферной зоной и защищают от зимних холодных ветров. С этой же целью с северо-западной стороны пристроена остекленная веранда, которая кроме защиты от ветра зимой способствует защите от перегрева с западной стороны летом. С юга пристроена оранжерея, которая используется в качестве ловушки солнечного тепла. Это тепло направляется с помощью вентиляторов по воздуховодам, размещенным в цокольном этаже, в помещения, расположенные с северной стороны.

В доме установлена система автономного водоснабжения. Используется вода из колодца, а также вода, собираемая с крыши во время дождя в зачерненный металлический бак и используется для душа и полива участка. Для нагрева воды дополнительно используется концентрирующий солнечный коллектор, где теплоноситель (антифриз) нагревается летом до 150°C и по трубкам поступает в 200 литровый бак-аккумулятор, расположенный в доме, разогревая воду в нём до 50 °С. Бак держит тепло более двух суток.

Интересным по объёмно-планировочному решению является частный дом, построенный в Ужгороде [21]. Этот дом имеет форму полусферы, благодаря чему у него очень хорошие показатели компактности. Каркас купольного здания состоит из деревянных деталей, которые соединяются между собой специальными металлическими креплениями. Дом хорошо утеплен минеральной ватой. Отопление – печное. Зимой для отопления дома достаточно 5-7 кг дров в день. Стоимость строительства дома – 7 тысяч долларов.

На берегу Киевского моря запроектирован энергоэффективный малоэтажный дом «Hill House». Площадь дома 568,27 м². Дом состоит из один этаж и отдельно стоящий гостевой дом. В целом, архитектурно–планировочное решение здания достаточно компактно, план – простой, с приемлемыми пропорциями. Размещение светопрёмов большой площади на южных и восточных фасадах обусловлено их ориентацией на привлекательный зеленый пейзаж и реку. С северной стороны окна в основных помещениях отсутствуют. Это, в целом хорошо согласуется с требованиями энергоэффективности здания.

Были разработаны рекомендации по максимальному учёту климатических особенностей района строительства (М. Диб, О.В. Сергейчук) для достижения энергетических показателей здания «Hill House» как дома с нулевым потреблением энергии. Для получения максимального количества солнечной энергии в отопительный период, было рекомендовано повернуть дом в плане по часовой стрелке так, чтобы ориентации окон максимально приближалась к югу. Запроектированное на южном фасаде в прихожей остекление, благодаря пассивной солнечной радиации превращает это помещение в систему аккумуляирования тепла, а также, является буферной зоной уменьшающей теплопотери дома. Было рекомендовано убрать остекление северного фасада этого помещения, заменив его на глухую стену со значительным сопротивлением теплопередаче, так как с этой стороны теплопотери через окно зимой значительно превышают теплопоступления от солнечной радиации. Гостевой дом также рекомендовалось развернуть так, чтобы его окна были максимально ориентированы на юг.

Другие рекомендации, связанные с инженерно-техническим решением, детально описано в [22].

Выводы. Выявлены положительные и отрицательные моменты учета климатических условий в современной архитектурной практике энергоэффективного малоэтажного жилого строительства в Украине. Показана необходимость разработки типологических основ проектирования энергоэффективных жилых домов на территории Украины, которые комплексно описывают архитектурные, конструктивные и инженерные особенности решения в разных климатических условиях страны.

Література:

1. Å. L. Hauge, J. Thomsen, T. Berker User Evaluations of Energy Efficient Buildings / Å. L. Hauge A. L., Thomsen J., Berker T. // zero emission buildings - proceedings of Renewable Energy Conference 2010, Trondheim, Norway, published online: 29 Jun 2011— pp. 109 – 127. [internet access].– Режимдоступу: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/17512549.2011.582350>
2. Lieve Weytjens, Griet Verbeeck Towards ‘Architect-friendly’ Energy Evaluation Tools / Weytjens Lieve, Verbeeck Griet // SpringSim – Proceedings of the 2010 Spring Simulation Multiconference, SpringSim 2010, Orlando, Florida, USA, April 11-15, 2010. — pp. 11 – 18. [internet access].– Режимдоступу: https://www.researchgate.net/publication/220953807_Towards_'architect-friendly'_energy_evaluation_tools
3. Кащенко Т.О. Підвищення енергоефективності житлових будинків на основі оптимізації форми : дис. ... канд. архітектури : 18.00.02 / Кащенко Тетяна Олександрівна. — К., 2001. — 190 с.
4. Буравченко С.Г., Криштоп Т.В., Маланюк В.В. ЗВІТ до НДР: «Проведення досліджень щодо оптимізації технічних рішень теплового захисту будинків та розроблення рекомендацій для проектування енергоефективних (пасивних) будинків із мінімальним використанням теплової енергії» / С. Г. Буравченко , Т.В.Криштоп , В.В. Маланюк
5. Агеева Т.П. Методичні основи оцінки енергозбереження та прогнозування енергоспоживання в сфері житлового та комунально-побутового обслуговування населення України: автореф. дис. на здобуття наук.ступеня канд. техн. наук : спец. 05.14.01 «Енергетичні системи та комплекси» / Т.П. Агеева. – Київ., 2002. — 20с.
6. Сергейчук О.В. Геометричне моделювання фізичних процесів при оптимізації форми енергоефективних будинків: дис. ... доктора тех. наук: 05.01.01 / Сергейчук Олег Васильович – К., 2008. — 334с.
7. Мартинов В.Л. Моделювання оптимальних геометричних параметрів енергоефективних будівель гранної форми: дис. доктора техн. наук: 05.01.01 / Мартинов Вячеслав Леонідович.–К., 2015. — 351с.

8. Буравченко В. С. Геометричні методи регулювання інсоляційного режиму енергоефективних будинків: дис. ... канд. техн. наук : 05.01.01 / Буравченко Всеволод Сергійович. – К., 2013 — 190 с.

9. Світлопрозорі огороження будинків : навч. посібник для студентів навч. закл. / О. Л. Підгорний, І. М. Щепетова, О. В. Сергейчук, О. М. Зайцев, В. П. Процюк ; під ред. О. Л. Підгорного — К. : Домашевська О.А., 2005. — 282 с.

10. Фаренюк Є.Г. Тепловий режим світлопрозорих огорожувальних конструкцій сучасних багатоповерхових будівель : автореф. дис ... канд. техн. наук: спец 05.23.01 «Будівельні конструкції, будівлі та споруди» / Є.Г. Фаренюк. – Рівне, 2015 . — 20 с.

11. Чумуріна О.Б. Температурно-вологісний режим огорожувальних конструкцій будівель: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук : спец. 05.23.03 «Вентиляція, освітлення та теплогазопостачання» / О.Б. Чумуріна - Харків, 2007. — 24 с.

12. Соха В.Г. Науково-методичні основи підвищення експлуатаційної ефективності технологічних систем теплоізоляції фасадів: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня доктора техн. наук : спец. 05.23.08 / «Технологія та організація промислового та цивільного будівництва» / В.Г. Соха. – Одеса, 2010. — 35с.

13. Ометова М.Ю. Підвищення енергоефективності повітрярозподільчих пристроїв промислових підприємств: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук: спец. 05.14.04 «Промислова теплоенергетика» / М.Ю. Ометова. – Іваново, 2004. — 23 с.

14. Басок І. Б. Експериментальний будинок пасивного типу / Б. І. Басок // Енергозбереження в будівництві та архітектурі: Наук.-техн. збірник. – К.: КНУСА, 2014. – Вип. 6. – С. 3-8.

15. Сергейчук О.В., Злоба В.В., Мохамад Д.З. Патент на корисну модель 99738 Україна, МПК E06B 3/00. Енергозберігаюча система для світлових прорізів будівель [Текст] / В.О. Сергейчук, В.В. Злоба, З.Д. Мохамад ; заявник і патентовласник Київський нац. ун-т. буд, і арх., - №u201412542 від 21.11.2014 ; опубл. 25.06.2015, Бюл.№ 12. – 6 с. : іл.

16. Сергейчук О.В., Диб М.З. О перспективе дальнейшего увеличения теплоизоляции наружных ограждающих конструкций в Украине / В.О. Сергейчук, З. М. Диб // Энергосбережение в строительстве. Современные конструктивные системы, эффективные материалы и инженерное оборудование: наук.и техн. сборник. – К.: КНУСА, 2013. – Вип.3. – С. 253-258.

17. Татьяна Эрнст Архитектура и Экология / Эрнст Татьяна // – [Електронний ресурс]: — Режим доступу: http://www.ernst.kiev.ua/Passiv-Haus_ru.html

18. Татьяна Эрнст Архитектура и Экология / Эрнст Татьяна // – [Электронный ресурс].: — Режим доступа: <http://www.dom-ua.com/index.php?c=24&o=11296>
19. OptimaHouse: Энергоэффективный дом в Украине – [Электронный ресурс]. – 37 р. – Режим доступа: <http://www.slideshare.net/ssuser8dd731/optima-house>
20. Построил независимый дом Крымская газета No 224(19409), 6 Декабря 2013 – [Электронный ресурс].: №53 2013 .— 4 р. — Режим доступа: <http://arxitektor.net/ivan2.pdf>
21. На Закарпатье построили энергоэффективный дом в виде полусферы – [Электронный ресурс].: — Режим доступа: <http://ecotown.com.ua/news/Na-Zakarpatti-zbuduvaly-enerhoefektyvnyy-budynok-u-vyhlyadi-pivsfery/>
22. Диб М.З. Проектирование энергоэффективного усадебного жилья “Hill House“ в Киевской области / М.З. Диб // Містобудування і територіальне планування: Наук.-техн. збірник. – К.: КНУБА. 2014. – №51. – С. 88-95.

Анотація. Проведено аналіз і оцінка особливостей об'ємно-планувальних, конструктивних та інженерно-технічних рішень сучасних енергоефективних малоповерхових житлових будинків з урахуванням клімату різних регіонів України.

Ключові слова: оцінка, енергоефективного проектування, сучасних малоповерхових житлових будинки, архітектурні, конструктивні та інженерно-технічні рішення, облік клімату.

Abstract. It has been analyzed and evaluated taken into account the climate consideration in different climatic zones of Ukraine, the features of spatial architecture layout design, structural and technical engineering designs of the modern energy efficient low rise buildings.

Key words: Evaluation, energy-efficient design, contemporary low rise buildings, architecture, structural and technical engineering solutions, climatic considerations.