

УДК 697.1

DOI: 10.30838/J.BPSACEA.2312.280519.78.439

ПРОЕКТ БУДИНКУ МРІЇ ТА ОБГРУНТУВАННЯ ЙМОВІРНОСТІ ЙОГО ЗВЕДЕННЯ

РОТТ Н. О.^{1*}, канд. техн. наук, доц.,

ПУША І. О.², учень,

ЗАВГОРОДНИЙ Д. В.³, учень

^{1*} Кафедра матеріалознавства та обробки матеріалів, Державний вищий навчальний заклад «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури», вул. Чернишевського, 24-а, 49600, Дніпро, Україна, тел. +38 (0562) 46-93-72, e-mail: natalyrott@gmail.com, ORCID ID: 0000-0002-3839-6405

² КЗ «Слобожанський НВК № 1 ССР», вул. Будівельників, 1, смт Слобожанське, Дніпровський район Дніпропетровської області, 52005, Україна, тел. +38 (050) 999-64-57, e-mail: fup5801@gmail.com, ORCID ID: 0000-0001-9995-6122

³ КЗ «Слобожанський НВК № 1 ССР», вул. Будівельників, 1, смт Слобожанське, Дніпровський район Дніпропетровської області, 52005, Україна, тел. +38 (095) 021-92-15, e-mail: blackzavjack@gmail.com, ORCID ID: 0000-0002-3333-3675

Анотація. Забезпечення населення доступним та якісним житлом, що відповідає принципам сучасної світової політики сталого розвитку – є важливою стратегічною соціальною задачею, яка актуальна для України. Для успішної вирішення цієї задачі необхідно впровадження в масове будівництво енергоефективних економічно виправданих технік застосування екологічних матеріалів при проектуванні малоповерхових житлових будинків.

Для житлового будівництва України в умовах національної екологічної, економічної та соціальної кризи є дуже актуальним питання зниження використання енергоресурсів при експлуатації житла, розвиток нових екологічних енергоефективних технологій нового будівництва, створення альтернативного та якісного доступного житла.

На сьогоднішній день використання сонячної енергії є одним з перспективних напрямків у галузі альтернативної енергетики.

Будинки нульового споживання є практичними і вже переходять з «майбутнього» в сьогодення. Все залежить від бажання власника жити в злагоді з природою, а далі проєктанти, будівельники і інстальатори зроблять все, щоб будинок став називатися нульового споживання.

При сучасному проектуванні інженерних систем все частіше застосовуються замість традиційних радіаторів, більш енергоефективні конструктивні рішення. Одним з таких є використання теплої підлоги для обігріву малоповерхових будинків.

Обігрів теплими підлогами має масу переваг, в порівнянні з іншими видами опалення: економія вільної площі, економія ресурсів, відсутність протягів, здоровий клімат в будинку. Крім цього, водяні системи інтегруються в опалення, де використовуються альтернативні джерела енергії: тепловими насосами, сонячними батареями, конденсаційними котлами.

Однією із складових даної роботи є проектування будинку та розрахунки економічної ефективності.

Ключові слова: енергозабезпечення; екологічний житловий будинок; «нуль енергії»

ПРОЕКТ ДОМА МЕЧТЫ И ОБОСНОВАНИЕ ВЕРОЯТНОСТИ ЕГО ВОЗВЕДЕНИЯ

РОТТ Н. А.^{1*}, канд. техн. наук, доц.,

ПУША И. А.², ученик,

ЗАВГОРОДНИЙ Д. В.³, ученик

^{1*} Кафедра материаловедения и обработки материалов, Государственное высшее учебное заведение «Приднiпровская государственная академия строительства и архитектуры», ул. Чернышевского, 24-а, 49600, Днiпро, Украина, тел. +38 (0562) 46-93-72, e-mail: natalyrott@gmail.com, ORCID ID: 0000-0002-3839-6405

² КЗ «Слобожанский УВК № 1 ССР», ул. Строителей, 1, пгт Слобожанское, Днiпровский район Днeпропетровской области, 52005, Украина, тел. +38 (050) 999-64-57, e-mail: fup5801@gmail.com, ORCID ID: 0000-0001-9995-6122

³ КЗ «Слобожанский УВК № 1 ССР», ул. Строителей, 1, пгт Слобожанское, Днiпровский район Днeпропетровской области, 52005, Украина, тел. +38 (095) 021-92-15, e-mail: blackzavjack@gmail.com, ORCID ID: 0000-0002-3333-3675

Аннотация. Обеспечение населения доступным и качественным жильем, соответствующей принципам современной мировой политики устойчивого развития является важной стратегической социальной задачей, которая актуальна для Украины. Для успешной решения этой задачи необходимо внедрение в массовое строительство энергоэффективных экономически оправданных техник применения экологических материалов

при проектировании малоэтажных жилых домов.

Для жилищного строительства Украины в условиях национальной экологической, экономической и социальной кризиса очень актуальным вопрос снижения использования энергоресурсов при эксплуатации жилья, развитие новых экологических энергоэффективных технологий нового строительства, создания альтернативного и качественного доступного жилья.

На сегодняшний день использование солнечной энергии является одним из перспективных направлений в области альтернативной энергетики.

Дома нулевого потребления являются практическими и уже переходят из «будущего» в настоящее. Все зависит от желания владельца жить в согласии с природой, а дальше проектанты, строители и installаторы сделают все, чтобы дом стал называться нулевого потребления.

При современном проектировании инженерных систем все чаще применяются вместо традиционных радиаторов, более энергоэффективные конструктивные решения. Одним из таких является использование теплого пола для обогрева малоэтажных домов.

Обогрев теплыми полами имеет массу преимуществ, по сравнению с другими видами отопления: экономия свободной площади, экономия ресурсов, отсутствие сквозняков, здоровый климат в доме. Кроме этого, водяные системы интегрируются в отопление, где используются альтернативные источники энергии: тепловых насосов, солнечными батареями, конденсационными котлами.

Одной из составляющих данной работы является проектирование дома и расчеты экономической эффективности.

Ключевые слова: энергообеспечение; экологический жилой дом; «ноль энергии»

DESIGN OF THE HOUSE OF DREAM AND SUBSTANTIATION OF THE PROBABILITY OF ITS ERECTION

ROTT N.O.^{1*}, *Cand. Sc. (Tech.), Ass. Prof.*,

PUSHA I.O.², *Student*,

ZAVHORODNYI D.V.³, *Student*

^{1*} Department of Materials Science and Materials Processing, State Higher Educational Institution "Prydniprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture", 24-A, Chernyshevskoho St., 49600, Dnipro, Ukraine, tel. +38 (0562) 46-93-72, e-mail: natalyrott@gmail.com, ORCID ID: 0000-0002-3839-6405

² Municipal Institution "Slobozhanskyi educational complex No. 1", 1, Budivelnykiv St., town settlement of Slobozhanske, Dniprovskiy district, Dnipropetrovsk region, 52005, Ukraine, tel. +38 (050) 999-64-57, e-mail: fup5801@gmail.com, ORCID ID: 0000-0001-9995-6122

³ Municipal Institution "Slobozhanskyi educational complex No. 1", 1, Budivelnykiv St., town settlement of Slobozhanske, Dniprovskiy district, Dnipropetrovsk region, 52005, Ukraine, tel. +38 (050) 999-64-57, e-mail: blackzavjack@gmail.com, ORCID ID: 0000-0002-3333-3675

Abstract. Providing the population with affordable and high-quality housing that corresponds to the principles of the modern world policy of sustainable development is an important strategic social task that is relevant for Ukraine. For successful solution of this task it is necessary to introduce into mass construction the energy-efficient economically substantiated techniques of the use of ecological materials in the design of low-rise residential buildings. For the housing construction of Ukraine in the conditions of the national ecological, economic and social crisis it is a very urgent issue of reducing the use of energy resources in the operation of housing, the development of new environmental energy-efficient technologies of new construction, the creation of alternative and quality affordable housing. Today solar energy is one of the most promising areas in the field of alternative energy. Houses of zero consumption are practical and they are already moving from the "future" to the present. Everything depends on the owner's desire to live in harmony with nature, and then the designers, builders and installers will do everything to make the building known as zero consumption. In modern design engineering systems, instead of traditional radiators, more energy-efficient design solutions are increasingly used. One of these is the use of a warm floor for the heating of low-rise buildings. The heating with warm floors has a lot of advantages compared with other types of heating: saving free space, saving resources, lack of drafts, a healthy climate in the house. In addition, water systems are integrated into heating, which uses the alternative sources of energy: heat pumps, solar panels, condensing boilers. One of the components of this work is the design of the house and calculations of cost-effectiveness.

Keywords: energy supply; ecological dwelling house; "zero energy"

Вступ. Забезпечення населення доступним та якісним житлом, що відповідає принципам сучасної світової політики стійкого розвитку, – важливе

стратегічне соціальне завдання, актуальне для України. Для його успішного виконання необхідне впровадження в масове будівництво енергоефективних економічно

виправданих технік застосування екологічних матеріалів під час проектування малоповерхових житлових будинків.

Сучасні технології змушують нас іти в ногу з часом. Застосування енергії від природних явищ – одне з найбільш значущих досягнень нашої науки.

Ми навчилися використовувати воду, вітер, тепер настав час сонця. Сонячна енергія невичерпна, так чому не застосувати її на благо?

На разі використання сонячної енергії – один із перспективних напрямків у галузі альтернативної енергетики. Прекрасна реалізація перетворення тепла сонячного випромінювання на електричну енергію – це впровадження в побутове життя людини сонячних батарей. Зовсім недавно сонячні батареї використовувалися тільки в космічній промисловості як джерело енергії для руху міжпланетних станцій. Однак тепер сонячні акумулятори найактивніше відстоюють свої позиції в повсякденному житті людини. Панельні перетворювачі знайшли своє широке застосування у всіх сферах людської діяльності. Це стосується, в першу чергу, електростанцій, що працюють тільки за рахунок сонячного тепла.

Останніми десятиліттями розвиток використання сонячної енергії особливо актуальний. Потенціал сонячної енергетики світу надзвичайно високий.

У зв'язку із цим виникає необхідність у розробленні інженерних систем для екологічних малоповерхових будинків, а також для проектування активних будинків, що не тільки вживають «нуль енергії», а й продають її надлишок.

Аналіз літературних джерел. Екологічний – це будинок, що максимально можливо інтегрується у навколишнє середовище, сконструйований з натуральних місцевих матеріалів, цілком відновлюваних.

Енергоефективна будівля – це передусім будівля з гарною теплоізоляцією, яка мінімізує тепловтрати будинку, дозволяючи економити до 50 % електроенергії на опаленні.

Для створення оптимальної конструкції доступного в будівництві, експлуатації та

утилізації якісного житла необхідне поєднання критеріїв екологічності та енергоефективності будівлі [1].

Близько половини всіх невідновлюваних ресурсів, споживаних людством, використовуються в будівництві. Будівельна галузь значно збільшує чинники забруднення навколишнього середовища. Основна ознака традиційної будівельної галузі – це надмірне використання енергії, що впливає на процес глобального потепління і зміни клімату. Енергія витрачається під час видобутку сировини, виробництва і транспортування матеріалів, у процесі будівництва, експлуатації, ремонту і ліквідації будівель. Згідно з даними багатьох досліджень, до 50 % викидів вуглекислого газу припадає на будівельну індустрію. Крім того, шкода навколишньому середовищу на етапі ліквідації та утилізації будівлі може бути еквівалентною його впливу протягом всього життєвого циклу.

Усі ці фактори роблять будівництво однією з найстійкіших галузей у світі, і в той же час найбільш перспективною для впровадження нових технологій і досягнення помітного результату в скороченні впливу на навколишнє середовище.

Основний матеріал. Кожен мріє про екологічне енергоефективне житло. Наш ідеальний будинок, розташований за містом, просторий і світлий.

Ця двоповерхова споруда забезпечує сам себе електрикою і гарячою водою. Побудована з дерева, всередині має утеплювач (костра конопель).

Фасад пофарбований в жовтий колір і оздоблений облицювальною цеглою.

Дах зроблений з плит з очерету, на які прикріплені сонячні панелі. Вони найголовніші в цьому будинку, адже завдяки їм будинок оснащено електрикою.

Загальний вигляд «Будинку мрії» показано на рисунку 1, конструктивно-планувальне рішення – на рисунку 2, схема огорожувальних конструкцій – на рисунку 3.

Житловий будинок – двоповерховий, покрівля – двоскатна. Загальна площа

будинку – 146,3 м², житлова – 82,6 м², опалювана площа – 146,3 м², висота першого поверху – 3,275 м, мансардного поверху – 2,7 м.

Фундаменти, монолітні стрічкові залізобетонні та залізобетонні стійки

об'єднуються ростверком, піднесеним над відміткою денної поверхні на 490 мм – до низу ростверку. Рівень чистої підлоги на 1,6 м вищий позначки землі.



Рис. 1. Енергоефективний малоповерховий житловий будинок «Будинок мрії» / Fig. 1. Energy efficient low-rise dwelling house "House of Dreams"

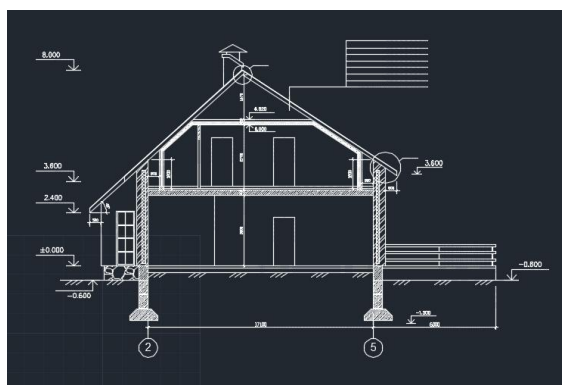


Рис. 2. Загальний вигляд «Будинку мрії» / Fig. 2. General view of "House of Dreams"

Конструктивна схема будинку – каркасна (з дерев'яним каркасом). Зовнішні стіни являють собою просторову каркасну конструкцію заводського виготовлення, яка складається з дерев'яних стійок типу «сходи» з кроком 500 мм, заповнених теплоізоляційним органічним матеріалом із костри конопель. Товщина стінового огороження – 500 мм. Внутрішня і зовнішня обробка стін – цегла-сирець товщиною 120 мм.

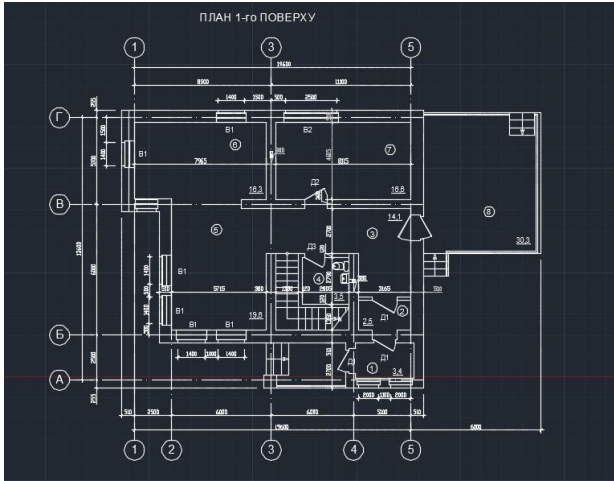
Перекрытие підлоги, перекрыття другого поверху і кроквяна конструкція – дерев'яні гратчасті ферми з кроком 500 мм із кріпленням елементів до стінового каркаса на металевих зубчастих пластинах.

Теплоізоляція та звукоізоляція конструкцій забезпечуються заповненням міжфермового простору таким самим теплоізоляційним матеріалом, як і для стін будинку. Висота ферм перекрыття – 600 мм, стропильних ферм – 500 мм. Із зовнішнього і внутрішнього боків огорожувальні несні конструкції обшиваються плівкою для забезпечення гідро- і вітрозахисту і плитами OSB товщиною 20 мм.

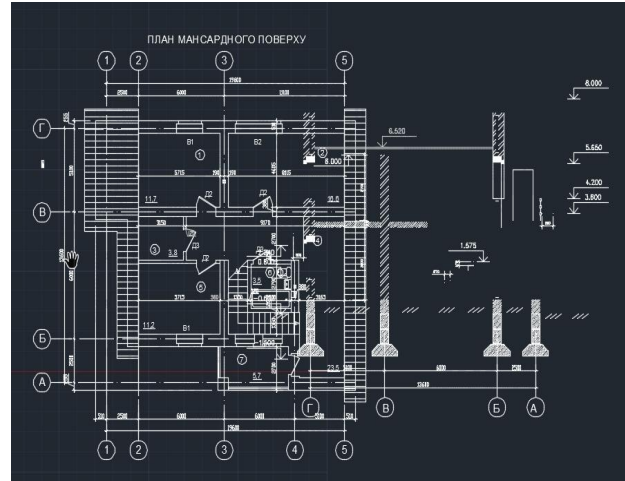
Покриття покрівлі – плити з очерету. Вікна та двері – дерев'яні зі склом. Скління – потрійне з низькоемісійним покриттям і заповненням склопакета інертним газом. Опір теплопередачі склопакета $R_{пр} = 0,85 \text{ м}^2 \text{ К/Вт}$ [4].

На першому поверсі розташовані веранда площею 3,4 м²; тамбур – 2,5 м²; хол – 14,1 м²; санвузол – 3,5 м²; вітальня – 19,6 м²; кухня-їдальня – 16,3 м²; кабінет – 16,6 м²; тераса – 30,3 м².

На другому (мансардному) поверсі розташовані: три спальні площею 11,7, 16,6 та 11,2 м², відповідно; комора – 3,8 м²; хол – 23,5 м²; санвузол 3,5 м²; балкон – 5,7 м².

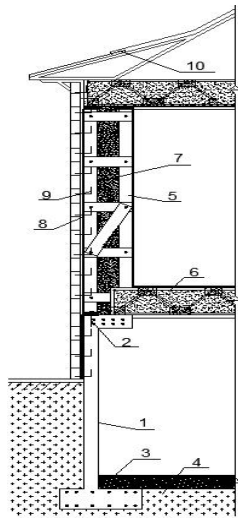


а

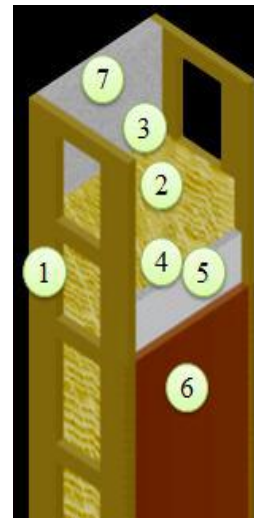


б (b)

Рис. 3. Конструктивно-планувальне рішення енергоефективного малоповерхового житлового будинку: а – план першого поверху, б – план мансардного поверху / Fig. 3. Structural-planning solution of energy-efficient low-rise residential building: a - plan of the first floor; б - plan of the attic floor



а



б (b)

Рис. 4. Конструкція малоповерхової будівлі: а) вертикальний розріз по зовнішній стіні: 1 – фундамент; 2 – анкер для кріплення каркаса з фундаментом; 3 – підлога технічного поверху; 4 – гідроізоляційний і антирадоновий захист; 5 – дерев'яні стійки типу «сходи»; 6 – ферми перекриття; 7 – термоізоляція; 8, 9 – елементи каркаса; 10 – покрівля; б) конструкція стіни: 1 – стійка дерев'яного каркаса типу «сходи»; 2 – термоізоляція, 3 – пароізоляція, 4 – захист від вітру; 5 – сітка, 6 – глиняна штукатурка, 7 – внутрішня обробка / Fig. 4. Low-rise building design: a) vertical section on the outer wall: 1 - foundation; 2 - anchor for fixing a frame with a foundation; 3 - floor of a technical floor; 4 - waterproofing and antiradone protection; 5 - wooden racks of the type "ladder"; 6 - farm overlays; 7 - thermal insulation; 8, 9 - elements of a frame; 10 - roof; б) the construction of the wall: 1 - a rack of a wooden frame of the type "ladder"; 2 - thermal insulation, 3 - insulation, 4 - wind protection; 5 - mesh, 6 - clay plaster, 7 - internal finishing [3]

Для опалення плануємо використувати теплу водяну підлогу, як енергоносії – сонячні панелі.

Для можливості реалізації даного проекту в умовах смт Слобожанське Дніпропетровської області на базі ДВНЗ «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури» проведено такі розрахунки [5].

Місце розташування житлової будівлі – середньо-європейська зона з інтенсивністю сонячного випромінювання – 1 223 кВт/год на 1 м² в рік.

Житловий будинок площею 130 м² призначений для проживання сім'ї в складі 3...4 чоловік. Габарити будівлі – 6 × 10 м, поздовжня вісь будівлі має орієнтацію схід-захід. Будинок двоповерховий з мансардним поверхом. Перший поверх –

напівпідвальний. На ньому розташовані: кухня-їдальня, комора, туалет, ванна і кімната для спортивних занять. На другому поверсі: передпокій, вітальня, спальні, туалет, ванна і кабінет. На мансардному поверсі: зал, приміщення для інженерних комунікацій, гардеробна. Корисна площа одного поверху – 50 м², мансардного поверху – 30 м². Висота приміщень на поверхах – 2,5 м, мансардного поверху – 2,2 м. Будинок має теплоізоляцію з розрахунковими тепловтратами 25 Вт/м³. Вся побутова техніка в будинку розрахована на живлення однофазним електричним струмом напругою 220 В, частотою 50 Гц. За прототип вибрано будівлю зі стінами із солом'яних панелей «Life House Building» [6]. Договірна вартість становить \$ 350 за 1 м² загальної площі будівлі.



Рис. 5. Конструкція будівлі-прототипу із солом'яних панелей «Life House Building» / Fig. 5. The construction of the prototype building of the "Live House Building" straw panels

На разі в Україні на національному рівні існує певна законодавча і нормативна база щодо забезпечення енергоефективності. Закон України «Про енергетичну ефективність будівель», зокрема, ст. 3.1 «Державна політика у сфері забезпечення енергетичної ефективності будівель» [7] передбачає стимулювання до зменшення споживання енергетичних ресурсів у будівлях, скорочення викидів двоокису вуглецю в атмосферу, розроблення і виконання національного плану щодо збільшення кількості будівель із близьким

до нульового рівнем споживання енергії тощо.

Частково входять у дію міжнародні проекти, які підтримуються Європейською комісією, програмами Tacis, Thermie, USAID, Німецьким бюро міжнародного співробітництва (GIZ) та іншими. Однак для їх ефективного і швидкого впровадження потрібні детальний аналіз і адаптація альтернативних технологій енергозабезпечення до умов України.

Споживання теплової та електричної енергії в будівлі. Для нормального функціонування запроектованого будинку і

забезпечення комфортних умов життєдіяльності необхідно витратити теплову та електричну енергію на виконання таких функцій:

- приготування їжі та її зберігання; нагрівання (охолодження) повітря в приміщеннях будинку для забезпечення комфортних умов проживання людей;
- подача холодної води в будинок і робота каналізації;
- нагрівання води для опалення та гарячого водопостачання;
- функціонування побутових приладів і побутової техніки;
- функціонування допоміжних об'єктів садиби (господарського блоку, теплиці і т. п.);
- робота інструменту і пристроїв господарювання.

Автори праці [2] на основі статистичних даних, досвіду інших фахівців виконали аналіз використання кожного споживача енергії протягом кожного місяця року з

урахуванням тривалості його роботи і витраченої при цьому потужності. Результати такого аналізу наведені в таблиці 1.

Розрахунок сонячних панелей на основі визначення сонячної активності.

Селище Слобожанське Дніпропетровської області має такі географічні координати у всесвітній системі координат WGS [8]: 48 град. 32 мінuti північної широти, 35 град. 04 мінuti східної довготи.

Тривалість світлового дня дорівнює: найкоротша – 9 год. 36 хв., найдовша – 17 год. 26 хв. Мінімальний розрахунковий час активної сонячної радіації: 9 год. 36 хв – 2 год. = 7 год. 36 хв (7,6 год.). Сонячна інсоляція в смт. Слобожанському Дніпропетровської області за даними NASA дорівнює: річна – 2 223 кВт·год/м²/рік, середньомісячна – 3,3516 кВт·год/м²/день [9].

Таблиця 1

Середнє споживання електроенергії по періодах, кВт·год / Average electricity consumption by periods, kWh

Прилад	Потужність Вт	Місяць року											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1. Основні регулярні споживачі													
1	250	23,2	21,0	31,0	37,0	38,8	45,0	46,5	46,5	37,5	38,8	22,5	19,4
2	1200	111,6	100,8	111,6	108,0	111,6	72,0	74,4	74,4	144,0	111,6	90,0	93,0
3	60	9,3	8,4	7,4	5,4	5,6	5,4	5,6	5,6	7,2	7,4	9,0	11,2
4	20	14,8	13,4	14,9	14,4	14,9	14,4	14,9	14,9	14,4	14,9	14,4	14,9
5	5	3,7	3,4	3,7	3,6	3,7	3,6	3,7	3,7	3,6	3,7	3,6	3,7
6	30	2,8	2,5	1,9	1,4	1,4	1,8	1,9	1,9	1,8	2,8	2,7	2,8
7	800	24,8	22,4	24,8	28,8	37,2	60,0	62,0	62,0	48,0	37,2	24,0	24,8
8	2500	193,8	175,0	116,2	30,0	30,0	20,0	20,0	20,0	25,0	124,0	187,5	193,8
9	2500	46,5	42,0	46,5	45,0	31,0	22,5	15,5	15,5	22,5	31,0	45,0	42,6
10	150	9,3	8,4	9,3	9,0	14,0	18,0	18,6	18,6	13,5	11,6	9,0	7,0
11	1x20	1,2	1,1	0,9	0,9	0,6	-	-	-	0,6	0,9	1,2	1,9
	1x20	3,7	3,4	3,1	2,7	0,8	-	-	-	0,6	0,9	1,2	1,9
	2x20	9,9	9,0	8,7	7,2	5,0	2,4	2,5	2,5	2,4	5,0	7,2	9,9
	4x20	14,9	13,4	14,9	12,0	7,4	4,8	4,8	5,0	4,8	9,9	14,4	19,8
разом		469,7	424,2	394,9	310,8	301,9	269,9	270,5	270,5	325,9	399,7	432,3	446,6
2. Допоміжні регулярні споживачі													
12	2000	10,0	12,0	12,0	8,0	8,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	12,0	12,0
13	1500	4,5	6,0	6,0	6,0	7,5	9,0	9,0	9,0	7,5	6,0	6,0	6,0
14	1500	9,0	12,0	12,0	12,0	12,0	12,0	12,0	12,0	12,0	9,0	9,0	9,0
15	1800	3,6	5,4	5,4	5,4	7,2	9,0	9,0	9,0	7,2	5,4	3,6	3,6
16	50	0,8	0,7	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
разом		27,9	36,2	36,1	32,2	35,5	40,8	40,8	40,8	37,4	31,1	31,4	31,4
3. Нерегулярні споживачі													
17	1500	-	-	1,5	3,0	4,5	6,0	7,5	7,5	4,5	-	-	-
18	1500	-	-	3,2	4,5	4,5	6,0	7,5	7,5	4,5	-	1,5	-
19	3200	-	-	3,2	4,8	6,2	9,6	9,6	6,2	3,2	-	3,2	-
20	1500	-	-	1,5	4,5	-	-	3,0	9,0	6,0	2,0	-	-
21	1000	-	-	-	1,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	2,0	-	-
22	320	-	-	14,9	19,2	0,3							
разом		-	-	22,6	37,0	19,5	25,6	31,6	34,2	22,0	2,0	4,7	-
всього		497,5	460,3	453,7	380,0	356,9	336,2	342,9	345,4	385,6	432,9	468,4	477,9

Примітка: 1 – холодильник, 2 – плита кухонна, 3 – телевізор, 4 – інвертор, 5 – контролер заряду, 6 – ноутбук, 7 – насос холодної води, 8 – теплогенератор опалення, 9 – електрочайник, 10 – рекуператор

повітря, 11 – лампи освітлення, 12 – електродуховка, 13 – пральна машина, 14 – праска, 15 – пілосос, 16 – витяжка кухонна, 17 – «болгарка», 18 – електродріль, 19 – зварювальний апарат, 20 – дробарка рослин, 21 – газонокосарка, 22 – насос теплиці.

Значення щоденної інсоляції по місяцях наведені в таблиці 2.

Для електропостачання будівлі приймаємо автономну сонячну електростанцію, схема якої наведена на рисунку 6. За робочу вибираємо полікристалічну панель ABISolarPS–P60250 потужністю 250 Вт, напругою 24 В. Розмір панелі 1650 × 992 × 35 мм, вага - 20 кг, активна площа панелі – 1,6368 м². Вартість панелі - 250 дол. США [10]. Панелі закріплюються на південному схилі покрівлі проектованого будинку. Розмір ската покрівлі – 3,7 м×10 м. Кут нахилу ската, приблизно, дорівнює 37 град. до горизонту. Згідно з рекомендаціями, панелі сонячної

батареї повинні розміщуватися під кутом до горизонту на 15 град. більшим, ніж географічна широта місця установки, тобто 48 + 15 = 63 град.

Кількість панелей диктується потребою в електроенергії у найбільш несприятливі місяці року – в січні і грудні.

Необхідна кількість панелей по витраті електроенергії в січні: $497,5 / 1,21 \times 1,6368 = 8,1$ шт. Те ж по витраті грудня: $477,9/0,96 \times 1,6368 = 9,8$ шт.

Приймаємо для роботи 10 панелей із сонячної батареї. У таблиці наведено дані за обсягами генерації і потреби по місяцях року при роботі всіх 10 панелей.

Таблиця 2

Середній місячний рівень сонячної радіації (сонячна постійна) в смт. Слобожанське (кВт ч/м²/день) / Average lunar level of solar radiation (solar constant) in urban areas. Slobozhansky (kWh / m² / day)

Місяць	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
рівень	1,21	1,99	2,98	4,05	5,55	5,57	5,70	5,08	3,66	2,27	1,2	0,96



Рис. 6. Схема автономної сонячної електростанції / Fig. 6. Scheme of autonomous solar power plant

Таблиця 3

Витрата і генерація електричної енергії (кВт год) / Consumption and generation of electric energy (kWh)

Параметр	Місяць												Рік
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
генерація	613	912	1512	1989	2816	2735	2892	2577	1797	1152	589	487	20080
витрата	497	460	454	380	357	336	343	345	385	433	468	478	4937
різниця	116	452	1058	1609	2459	2399	2549	2232	1412	719	121	9	15143

Розрахунок для допоміжного обладнання. Інвертор. Потужність інвертора розраховуємо по найбільш напруженому місяцю - січню. Споживання

в цьому місяці становить 497 кВт/год, тобто за день $497/31 = 16$ кВт/год тривалість активної сонячної радіації в січні дорівнює 7,6 години. Потужність інвертора повинна

бути не меншою $16 / 7,6 = 2$ кВт, а з урахуванням запасу $1,4 \times 2 = 2,8$ кВт. Приймаємо потужність інвертора 3 кВт. Оскільки будинок повністю забезпечується електроенергією від сонячних батарей, вибираємо гібридний інвертор для однофазного струму напругою 220 В, частотою 50 Гц і з чистою синусоїдою.

Рекомендується застосувати гібридний інвертор PH3000-3K (Тайвань). Його коротка технічна характеристика: номінальна потужність – 3 000 Вт, напруга: вхідний - 24,48 вольт, вихідна - 230 В, струм заряду - 80 А, вага 29.5 кг. Вартість - 1 003 дол. США.

Резервною системою електрозабезпечення може служити промислова електромережа, а там, де її немає, - автономний двигун внутрішнього згорання – (генератор потужністю близько 4 кВт).

Акумуляторні батареї. Сумарну ємність акумуляторних батарей вибираємо по найбільшому місячному споживанню. Добове споживання в січні близько 16 048 Вт·год.

Приймаємо такий розподіл цього споживання: вдень від сонячних батарей – 40 %

і вночі від акумуляторів – 60 %. Тоді добове споживання від акумуляторних батарей одно $16\ 048 \times 0,6 = 9\ 629$ Вт·год необхідна ємність акумуляторної батареї дорівнює: $9\ 629 / 24 = 401$ А·год. Для забезпечення довговічності батарей їх розряд повинен бути не більше 80 %, отже, необхідний акумулятор ємністю $401 / 0,8 = 501$ А·год. Приймаємо акумулятор 6 OpzV 600 ємністю 600 А·год. і напругою 2 В. Для батареї 24 В необхідно 12 таких акумуляторів. Випускає їх Харківський акумуляторний завод «Владар». Це акумулятори нового покоління, гелеві, з панцерними електродами, яка відслужила вже до 18 років.

Контролер заряду. Вибираємо ефективний контролер заряду типу MPPT – MORNINGSTAR TRISTAR-MPPT60 з такою технічною характеристикою: максимальний безперервний струм заряду АКБ - 60 А, номінальна напруга - 12, 24, 48 В, вартість - 886 дол. США. На основі калькулятора сонячної електростанції в таблиці наведено орієнтовні розрахунки параметрів і вартість СЕС для вибору різної потужності станції.

Таблиця 4

Генерація та споживання електроенергії за відсутності схеми «зеленого тарифу», кВт/год /
Generation and consumption of electricity in the absence of a green tariff scheme, kW/hour

Параметр	Місяць												Рік
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Кількість панелей	9	6	3	2	2	2	2	2	3	4	8	10	
Генерація	552	547	454	398	563	547	578	516	539	461	471	487	6113
Витрата	497	460	454	380	357	336	343	345	385	433	468	478	4937
Різниця	55	87	0	18	206	211	235	171	154	28	3	9	1176

Система вентиляції і рекуперації тепла. За комплектації житлових будинків пластиком герметичними віконними блоками забезпечується хороша теплоізоляція, але виникає проблема повітрообміну в приміщеннях. Необхідно періодично їх провітрювати. Однак у холодну пору доводиться подавати в кімнати холодне повітря, чим суттєво порушується тепловий температурний режим у приміщеннях. Розрахунками та практикою доведено, що через вентиляцію взимку втрачається до 50 % теплової енергії. Виникає необхідність збе-

регти це тепло і при цьому забезпечити вентиляцію.

Системи такого призначення називаються рекуперативними. Прикладом вдалої реалізації такої системи може служити установка ВЕНТС МІКРА 150Е Полтавського вентиляторного заводу, яка забезпечує і вентиляцію, і рекуперацію тепла. Перевагою цієї установки також бачиться наявність функції підігріву зовнішнього повітря. Установка має два вентилятори загальною потужністю 15,5 Вт і продуктивність до 150 м³/хв. Вага установки 20 кг, вартість 27 609 грн.

Другий вдалий приклад - рекуператори фірми «ПРАНА», м. Львів. Ці рекуператори точкового використання треба встановлювати в кожній кімнаті. Їх коротка характеристика: приплив повітря – 125 м³/год, витяжка повітря – 115 м³/год, споживана потужність – 32 Вт/год, площа кімнати – до 60 м².

Система нагрівання води для опалення і гарячого водопостачання. Основа такої системи - електричний теплогенератор. Кращим технічним рішенням наразі вважається теплогенератор з електромагнітним індукційним нагріванням. Він має багато переваг перед іншими видами електронагрівання: абсолютно пожегобезпечний, тому що нагрів безполум'яний; в системі не утворюється накипу; велика довговічність (до 30 років); безшумна робота; висока економічність; система може працювати на антифризі.

Визначимо теплову потужність теплогенератора. Для житлового будинку за витрати тепла 25 Вт/м³ необхідна теплова

потужність дорівнює: $(100 \times 2,5 + 30 \times 2,2) \times 25 = 7\,900$ Вт. Виходячи з характеристик рекуператорів ВЕНТС МІКРА 150Е і ПРАНА-150, де вказано, що ці рекуператори повертають 80...93 % тепла (приймаємо для розрахунків 70 %), можна зробити висновок, що для забезпечення нормального опалення необхідно поповнити $7\,900 \times (1-0,7) = 2\,370$ Вт теплової потужності.

Таким чином, сумарна потужність теплогенератора повинна складати: $7\,900 + 2\,370 = 10\,270$ Вт. Вибираємо для застосування індукційний котел ВІН-10 (м. Запоріжжя), який має параметри: теплова потужність - 10 кВт, ккд – 99 %; вага - 40 кг; вартість - 577 дол. США. Слід також згадати, що гарячу воду влітку досить легко можна отримати, використовуючи сонячний колектор, установлений, наприклад, на покрівлі, та накопичувальний бак великої місткості, встановлений і утеплений на мансардному поверсі.

Таблиця 5

Підсумкові витрати на елементи архітектурно-конструктивно-технологічної системи будівлі «нуль енергії» для смт Слобожанське, дол. США/м²/ Final costs for the element of the architectural design-technological system of the building "zero energy" for the village. Slobozhansky, dol. US/m²

№	Елемент архітектурно-конструктивно-технологічної системи будівлі	Вартість, дол. США/м ²
1	Коробка будівлі з чорною обробкою	350
2	Автономна сонячна електростанція потужністю 3 кВт	75
3	Теплогенератор для опалення та гарячого водопостачання	5
4	Система теплового бар'єра	50
5	Система вентиляції і рекуперації тепла	10
6	Система водопостачання та каналізації з приладами	20
	Разом:	510

Висновки

1. Житлові проблеми в Україні вимагають розвитку нових економічно доступних екологічних технологій будівництва.
2. Розроблено конструкцію екобудинку на основі каркасного дерев'яного домобудування і використання місцевих органічних матеріалів як утеплювача.
3. На базі виділених принципових критеріїв розроблено базове конструктивне рішення зовнішньої стінової огорождувальної конструкції мало-

поверхового будинку з місцевих екологічних будівельних матеріалів.

4. Вирішення важливої соціальної проблеми забезпечення доступним екологічним житлом для України полягає у поєднанні досвіду застосування природних матеріалів із сучасними технологіями.

5. Результати досліджень свідчать, що в середньоевропейській зоні України, де розташоване смт Слобожанське, є можливість стримати автономне енергозабезпечення малоповерхового житлового будинку.

СПИСОК ВИКОРАСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. ДБН В.2.6.-31: 2006. Конструкції будинків і споруд. Теплова ізоляція будівель. – Київ : Мінбуд України, 2006.
2. Савицкий Н. В. Методология и результаты проектирования энергообеспечения малоэтажного экологичного жилого здания «нуль энергии» на основе солнечной энергии / Н. В. Савицкий, В. И. Попов, С. И. Кобзарь, М. М. Бабенко, Ал. Н. Савицкий // Строительство, материаловедение, машиностроение. – Вып. 100, 2017. – С. 138–145.
3. Савицкий Н. В. Энергоэффективное малоэтажное жилое здание из органических материалов / Н. В. Савицкий, Т. Д. Никифорова, А. А. Несин, О. И. Бондаренко, Е. Л. Юрченко, М. М. Бабенко // Строительство, материаловедение, машиностроение. – № 82. – 2015. – С. 187–197.
4. Окна для пассивного дома – высочайшее качество светопрозрачных строительных конструкций [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.journal.esco.co.ua/cities/2013_4/art192.html – Загл. с экрана. – Проверено – 20 июля 2015.
5. Савицкий Н. В. Методология и результаты проектирования энергообеспечения малоэтажного экологичного жилого здания «нуль энергии» на основе солнечной энергии / Н. В. Савицкий, В. И. Попов, С. И. Кобзарь, М. М. Бабенко, Ал. Н. Савицкий // Строительство, материаловедение, машиностроение. – Вып. 100, 2017. – С. 138–145.
6. Технология строительства домов из соломенных панелей [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://lifehousebuilding.com/>– Загл. с экрана. – Проверено – 20 июля 2017.
7. Закон України «Про енергетичну ефективність будівель» [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2118-19>
8. Географические координаты. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://dateandtime.info/ru/citycoordinates.php?id=70993084/> – Загл. с экрана. – Проверено – 15 июля 2017.
9. Солнечная радиация в городах Украины. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://solnechniyvet.blogspot.com/p/blogpage.html> – Загл. с экрана. – Проверено – 15 июня 2017.
10. Солнечная электроэнергетика и энергосбережение. [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://solar-tech.com.ua/solarelectricity/>– Загл. с экрана. – Проверено – 15 июля 2017.

REFERENCES

1. *DBN V.2.6.-31: 2006. Konstruktsii budinkiv i sporud. Teplova izolyatsiya budivel'* [DBN V.2.6.-31.2006. Structures of buildings and structures. Thermal insulation of buildings]. Kyiv: Minbud Ukrayiny, 2006. (in Ukrainian).
2. Savitskiy N.V., Popov V.I., Kobzar' S.I. and other. *Metodolgiya i rezul'taty proektirovaniya energoobespecheniya maloetazhnogo ekologichnogo zhilogo zdaniya «nul' energii» na osnove solnechnoy energii* [Methodology and results of designing energy supply of low-rise, eco-friendly residential building "zero energy" based on solar energy]. *Stroitel'stvo, materialovedenie, mashinostroenie* [Construction, Materials Science, Engineering]. Vyp. 100, 2017, pp. 138–145. (in Russian).
3. Savitskiy N.V., Nikiforova T.D., Nesin A.A. and other. *Energoeffektivnoe maloetazhnoe zhiloe zdanie iz organicheskikh materialov* [Energy efficient low-rise residential building of organic materials]. *Stroitel'stvo, materialovedenie, mashinostroenie* [Construction, Materials Science, Engineering]. No. 82, 2015, pp. 187–197. (in Russian).
4. *Okna dlya passivnogo doma – vysochayshee kachestvo svetoprozrachnykh stroitel'nykh konstruktsiy* [Windows for a passive house – the highest quality of translucent building structures]. Electronic resource. (in Russian).
5. Savitskiy N.V., Popov V.I., Kobzar' S.I. and other. *Metodolgiya i rezul'taty proektirovaniya energoobespecheniya maloetazhnogo ekologichnogo zhilogo zdaniya «nul' energii» na osnove solnechnoy energii* [Methodology and results of designing energy supply of low-rise, eco-friendly residential building "zero energy" based on solar energy]. *Stroitel'stvo, materialovedenie, mashinostroenie* [Construction, Materials Science, Engineering]. Vyp. 100, 2017, pp. 138–145. (in Russian).
6. *Tekhnologiya stroitel'stva domov iz solomennykh paneley* [Straw panel house construction technology]. Electronic resource. (in Russian).
7. *Zakon Ukrvini «Pro energetichnu effektivnist' budivel'»* [Law of Ukraine "On Energy Efficiency of Buildings"]. Electronic resource. (in Ukrainian).
8. *Geograficheskie koordinaty* [Geographical coordinates]. Electronic resource. (in Russian).
9. *Solnechnaya radiatsiya v gorodakh Ukrainy* [Solar radiation in the cities of Ukraine]. Electronic resource. (in Russian).
10. *Solnechnaya elektroenergetika i energosberezhenie* [Solar power and energy saving]. Electronic resource. (in Russian).

Надійшла до редакції: 16.03.2019 р.