

БУДІВНИЦТВО ТА ЦИВІЛЬНА ІНЖЕНЕРІЯDOI: <https://doi.org/10.32347/2077-3455.2023.66.290-299>

УДК: 697.1:620.9

Головатюк Костянтин Якович*кандидат фізико-математичних наук,**директор проєктно-будівельної фірми «Ардіс», Київ*ardisconn@ukr.net<https://orcid.org/0009-0000-4259-3025>**НЕВІДКЛАДНІСТЬ МАСОВОГО БУДІВНИЦТВА
«ПАСИВНИХ БУДИНКІВ» В УКРАЇНІ**

Анотація: проаналізовано споживання теплової енергії на м² житла в країнах Євросоюзу та Україні. Визначена доцільність масового будівництва «пасивних будинків» із місцевих будівельних матеріалів в нашій країні. Розкриті основні принципи «пасивного будинку» та його основні цифрові характеристики. Подана загальна інформація з чисельного методу розрахунку характеристик «пасивного будинку» для умов України.

Ключові слова: енергія на опалення; «пасивний будинок»; nZEB; сталість; коефіцієнт теплопередачі; первісна енергія; повітронепроникність; проєктування без теплових містків.

Постановка проблеми. В загальній кількості споживаної Україною теплової енергії, на долю житлового фонду приходиться більше як 40 % [1], що дуже багато. Споживання енергії на опалення м² житла в країнах Євросоюзу значно менше, ніж в Україні, що видно з рис. 1 [2]. Якщо зараз для України це 200-250 кВт·год/м² для нового житла, то в країнах Євросоюзу це в середньому 95 кВт·год/м² (за даними 2022 року), а в Данії та Норвегії з подібним кліматом – близько 70кВт·год/м². Це є результат дії стратегічних і важливих для всієї Європи прийнятих Директив енергоспоживання житла [3; 4], спрямованих на значне зменшення споживання первісних ресурсів на опалення житла та викидів в атмосферу (рис.2) [2]. Так на 2020 рік всі новобудови в Європі повинні були мати тепловитрати на опалення «близько нульового будинку» або nZEB, тобто, приблизно, 15 Квт·год/м² в рік, а до 2050 року всі будівлі повинні стати «нульовими», або ZEB, тобто затрати на опалення компенсуються виробленням енергії самим будинком. Величезну роль в зменшенні енергоспоживання житла відіграє все більш зростаючий та поширюваний жорсткий стандарт «пасивного будинку» [5] (споживання теплової енергії

менше 15 кВт·год/м² в рік) та похідні від нього стандарти таких будинків як: «зеленого», «мультикомфортного», «активного», «нульового», «плюс енергії» тощо. Причому «пасивні будинки», які вперше були побудовані в Німеччині, зараз споруджуються в усіх кінцях світу, незважаючи на різницю в кліматі.

Очевидно, що в післявоєнний час все відновлюване та нове житло в Україні має відповідати європейським нормам по енергозбереженню і має будуватися масово за нормами «пасивного будинку», які в надзвичайно швидкому темпі мають гармонізуватись з вітчизняними будівельними нормами. Це дасть можливість значно зменшити енергоспоживання житлової сфери (до 92%), а також шкідливі викиди в атмосферу. Дуже важливим є підготовка проєктувальників та будівельників «пасивного будинку», підбір місцевих будівельних матеріалів та інженерних систем. Саме на цьому акцентована дана стаття, і в цьому її актуальність.

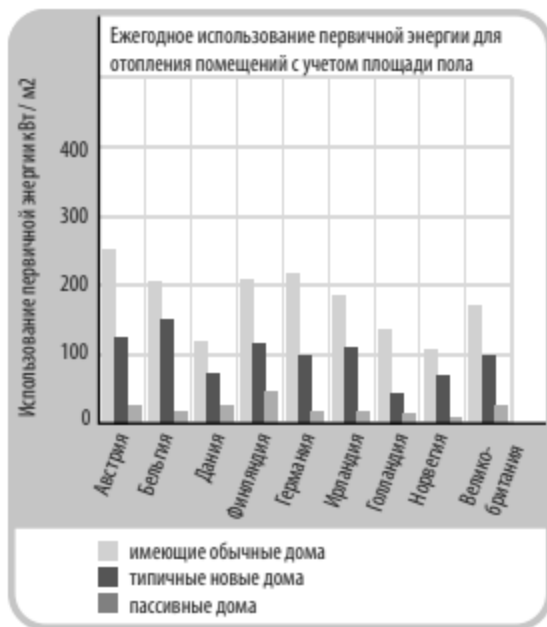


Рис 1. Первинна енергія на опалення будинків в ЄС

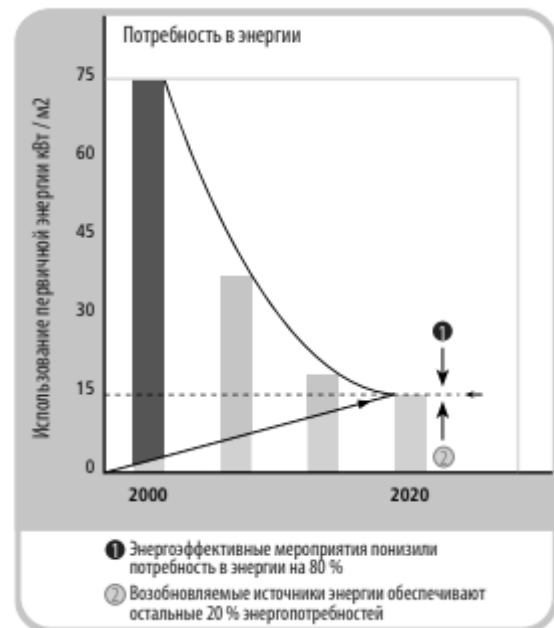


Рис 2. Темпи зменшення потреб будинків в первісній енергії в ЄС

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Питаннями енергоефективності будівель займалися ряд закордонних та вітчизняних дослідників. Фундаментальну теорію «пасивного будинку» розробив В. Файст [5]. На сьогодні слід також виділити дослідження Р. Гонзало і Р. Валентін [6], К. Хопф і Р. Маклеод [7], Е. Валшау [8], Б. Басок [9], Т. Кащенко [10], В. Мартинова [11], Н. Лещенко [12].

В загальній кількості в світі за 30 років побудовано вже більше ніж 60000 «пасивних будинків», з яких сертифіковано біля 20000 [13]. В той же час в Україні – їх одиниці, включаючи перший сертифікований в 2008 році

«пасивний будинок», «Дім Сонця», запроєктований Т. Ернст [14]. Енергосертифікацією будівельних матеріалів та підготовкою сертифікованих проєктувальників «пасивного будинку» займається Інститут Пасивного Будинку (Дармштадт, Німеччина) та ряд його філіалів в інших країнах [15]. Але кількість таких спеціалістів незначна і недостатня для масового будівництва «пасивних будинків». Для сертифікованих архітекторів «пасивного будинку» доступна вся інформація в базі даних Passipedia «пасивного будинку», а для несертифікованих – вона практично закрита. Є ряд фірм в Україні, які проєктують та будують начебто «пасивні будинки» по каркасній і СП технологіях [16; 17] та з цегли, керамоблоків та газобетону [18], але вони не дають при цьому ніяких комплексних теплових характеристик, енергоефективних сертифікатів і гарантій на енергоспоживання цими будівлями. Вітчизняними нормами питання проєктування «пасивних будинків» не розкриваються, абсолютно відсутня законодавча та нормативно-правова база для такого житла, так і стимуляція з боку держави для зацікавленості учасників будівельного ринку в їх спорудженні.

Архітектурні та конструктивні рішення «пасивних будинків» вимагають комплексного підходу, досконалих знань з будівельної фізики та досвіду проєктування подібних будівель, набору спеціальних чисельних програм для моделювання і коригування їх вже на стадії передпроектної документації. І дана стаття розкриває основи проєктування та будівництва «пасивних будинків» в кліматичних умовах України та надає рекомендації по підборі місцевих будівельних матеріалів, інженерних систем та технологій контролю.

Метою публікації є розкриття основних принципів «пасивного будинку», його цифрових характеристик; виявлення основних доступних будівельних матеріалів, інженерних систем та інноваційних технологій для будівництва таких будівель; підняття інформованості та важливості широкого вивчення стандарту «пасивного будинку» для їх масового створення в Україні; показ необхідного програмного забезпечення для проєктування подібних будівель.

Основна частина. Географічний центр України, як і Німеччини, знаходиться майже на одній широті, 49° і 51° відповідно. Клімат країн - помірний. Тому «пасивні будинки» можуть будуватися в нас, як і в Німеччині, за тими ж нормами. Принципи створення «пасивного будинку» наведені в основних положеннях В. Файста [5], а саме:

- нерозривна та суцільна теплова ізоляція будівель (коефіцієнт теплопередачі $U < 0,1$ для даху та $U < 0,15$ Вт/($m^2 \cdot ^\circ C$) - для інших огорожувальних конструкцій);
- використання спеціальних вікон з 2-х камерними склопакетами, приведеним коефіцієнтом теплопередачі вікна $U_w \leq 0,8$ Вт/($m^2 \cdot ^\circ C$);

- контрольована механічна вентиляція з рекуперацією тепла з ККД > 75%;
- суцільна герметизація всіх площин зсередини будівлі;
- проектування будинків без теплових містків (ТМ), $\Psi < 0,01 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{°C})$.

Дотримання всіх цих принципів має приводити до надзвичайно високих характеристик енергоефективності «пасивного» будинку, а саме:

- потреба на опалення (охолодження) будинку $< 15 \text{ кВт} \cdot \text{год.}/\text{м}^2$ в рік;
- затрати первісної енергії $< 120 \text{ кВт} \cdot \text{год.}/\text{м}^2$ на рік;
- герметичність (повітронепроникність при 50 Па) $< 0,6 \text{ л}/\text{год}$;
- перегрів за рік - не більше 10% (температура вище ніж 25°C);
- тепловий комфорт, висока якість внутрішнього повітря, відсутність протягів.

Крім основних принципів, «пасивний будинок» потребує максимальної компактності, правильного розміщення на будівельному майданчику, максимальної відкритості південного фасаду сонцю та всілякого використання відновлюваних джерел енергії, включаючи ґрунтові теплообмінники. В такому будинку має встановлюватись побутова техніка з класом енергоспоживання не менше А++ та освітлення лампами LED, а кількість гарячої води (60°C) на кожного проживаючого має не перевищувати 25 л. на добу. Такий будинок майже не потребує опалення, максимально використовує пасивне сонячне тепло та тепло внутрішніх джерел. Вся система опалення (охолодження) стає більш простою, комфортною і той же час антикризовою та сталою.

Розглянемо більш детально принципи створення «пасивного будинку» в межах України.

Нерозривна та суцільна ізоляція.

Як конструктивні матеріали, в Україні доступні деревина, керамічна цегла та багатопустотні блоки, незнімної опалубки, легкі та важкі бетони. Одними з самих ефективних ізолюючих матеріалів є пінополістироли. На даний момент в Україні можливе виготовлення різного типу пінополістиролів, в тому числі з додаванням вуглецю. Останній ізолятор, крім високих теплозахисних властивостей ($\lambda < 0,034 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{°C})$), додає ще й покращену протипожежну здатність (група горючості Г1, Г2) [2]. Для теплоізоляції можуть використовуватися напилені пінополіуретани (ППУ) з $\lambda < 0,025 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{°C})$, але ціна їх істотно вища, чим пінополістиролів.

Огороджувальні конструкції за кількістю шарів можуть бути одношаровими, двошаровими та багатошаровими. Самими розповсюдженими для «пасивних будинків» в нашій кліматичній зоні можуть бути 2-х шарові з скріпленою ізоляцією та тришарові, з середнім утеплюючим шаром, або типу термоблоку з незнімною опалубкою. При цьому, самим дешевшим варіантом

буде двошаровий, з товщиною ефективного теплоізолятора не менше 200-250 мм.

Для підлоги товщина теплоізоляції із пінополістиролів має бути не менше 200 мм, а для покрівлі - не менше 300-350 мм. Основним моментом в утепленні є досягнення нерозривності та суцільності ізоляційного шару, на досягнення якого значно впливає людський фактор. Вимушені чи невимушені пробіли в ізоляції мають бути відсутні, так само як і неоднорідність в товщині.

Спеціальні вікна.

«Пасивний будинок» повинен оснащуватися самими теплими віконними системами, наприклад, типу RENAU GINEO PHZ. Обов'язковими є наявність потрібного ущільнювача стулок, що відкриваються, та достатня ізоляція профілів-підсилювачів. Склопакет, як мінімум, має бути двокамерним, з низькоемісійним напиленням та заповненням інертними газами криптоном чи аргоном. Характеристика склопакету: коефіцієнт теплопередачі на рівні $U=0,6-0,7 \text{ Вт}/(\text{м}^2\text{°C})$, сонячний фактор $g=0,5$. На даний момент в Україні можливе виготовлення різного типу вікон та склопакетів, що дозволяє зробити правильний вибір. Немаловажним є використання технології «теплого монтажу» вікон, який вже є доступним в нашій країні, причому приведений коефіцієнт теплопередачі змонтованого вікна повинен бути $U_{w,installed} \leq 0,85 \text{ Вт}/(\text{м}^2\text{°C})$. Кращі результати по теплопередачі показують вікна, які вмонтовані в ізоляційний шар.

Контрольована механічна вентиляція з рекуперацією тепла відпрацьованого повітря. В країні є досить широкий вибір вентиляційних системних блоків з рекуператорами тепла з ККД > 75%. Вибір системи проводиться тільки після точних розрахунків повітропотоків конкретного «пасивного будинку». Потрібно звертати увагу на шумові характеристики та максимальний тиск системи. Також важливо, щоб системний блок міг щільно стикуватися з розподільвачами та трубопроводами системи вентиляції для більш рівномірного розподілення повітряних потоків. Комплектацію, монтаж та налаштування системи повинна виконувати одна фірма з достатнім досвідом, яка надає довгострокові гарантії.

Суцільна герметизація є надзвичайно важливою для зменшення тепловтрат внаслідок неконтрольованої інфільтрації повітря через різні тріщини та отвори в оболонці (тепловтрати інфільтрацією можуть перевищувати сумарні тепловтрати через вікна та покрівлю!). Для теплоінертних важких конструктивних матеріалів (бетон, цегла тощо) більш-менш добра герметизація досягається суцільними шаром тинькування товщиною не менше 20мм. Для збірних щитових та каркасних огорожувальних систем необхідні додаткові спеціальні ізоляційні плівки з

ретельно проклеєними стиками. Основний критерій правильної герметизації – це успішне здача екзамену на повітронепроникність за допомогою тесту «Blower Door», коли при вимушеній різниці тисків повітря всередині та зовні в 50Па витіснений з будинку об'єм повітря за годину не повинен перевищувати 60%, що відвідає кратності повітрянообміну $n_{50} < 0,6$ 1/год. Зазвичай для «пасивних будинків» значення n_{50} при вимірюванні не більше 0,2-0,3. За досвідом, особливо треба ретельно герметизувати віконні та дверні отвори.

Проектування без теплових містків виключає детальний розрахунок температурних неоднорідностей, або теплових містків для «пасивного будинку». Хоча, в принципі, вони будуть, але при від'ємному значенні вони впливають на охолодження, а не на опалення будинку. Для проектування без теплових містків потрібно чітко усвідомлювати, що всі вузли в будинку з потенційними лінійними містками мають значення коефіцієнту теплопередачі лінійного містка $\Psi < 0,01$ Вт/(м²С), тобто є дуже добре утепленими. Якщо виникають сумніви в теплопередачі містка, тоді виконується його розрахунок для підтвердження, що $\Psi < 0,01$ Вт/(м²С). Більш детально ми будемо розглядати розрахунки теплових містків в подальших статтях.

Наразі хочу відзначити, що масове будівництво «пасивних будинків» є дуже актуальним, особливо буде затребуваним після війни. Створення цілих поселень «пасивних будинків» вплине на загальний зріст інформованості нашого суспільства, широку обізнаність із новими технологіями, а в підсумку – до зламу інертності всієї системи та введення нових, прогресивних будівельних норм, які спричинять масове будівництво «пасивних будинків», значну економію енергоресурсів в масштабі всієї країни та зниження шкідливих викидів в атмосферу. Зрозуміло всім, що такий будинок набагато складніше запроектувати і побудувати. Але при тій кількості доступних будівельних матеріалів, освоєних технологій та інновацій в будівництві, жорсткому контролю на всіх етапах, трудолюбстві нашого народу – ця мета досяжна.

Основні розрахунки «пасивного будинку» виконуються в спеціальній програмі PHPP (Passive House Planning Package). Але більшість даних для цієї програми має бути одержана за допомогою 3D моделювання в професійних чисельних пакетах, окремих програмах розрахунку теплових містків, механічної вентиляції, температурних та вологих режимів.

Висновки. Проаналізоване енергоспоживання на м² житла в країнах Євросоюзу та Україні показало динаміку зменшення споживання первісної енергії на опалення за останні 20 років. Була відмічена необхідність масового створення «пасивних» будинків в Україні із місцевих будівельних матеріалів. Показано, що основні принципи «пасивного» будинку, сформульовані в Німеччині, підходять для кліматичних умов України. Надані рекомендації щодо

застосування конструктивних та термоізоляційних матеріалів, спеціальних вікон, герметизації, механічної вентиляції з рекуперацією тепла відпрацьованого повітря та проєктування будівель без теплових містків. Виявлено, що масове створення «пасивних будинків» підтримує сталість житла, коли при спрощенні систем опалення в цілому значно збільшується комфорт та система стає антикризовою.

Список джерел

1. Степаненко О.І., Дубровська В.В. Пасивний будинок-шлях до ефективного використання енергії. Енергетика: економіка, технології, екологія. Київ, 2014. Вип.3. С. 56-58.
2. Здания с низким энергопотреблением или нулевым энергетическим балансом с пенополистирольной термоизоляцией. URL: <https://eurobud.ua/wp-content/uploads/2022/08/doma-s-nizkim-energopotrebleniem-ili-nulevym-energeticheskim-balansom-s-penopolistirolnoj-termoizolyacziej.pdf> (дата звернення: 02.01.2023).
3. Directive 2002/91/EU of the European Parliament and of the Council of 16 December 2002 on the Energy Performance of Buildings. Official Journal. Brussels, 2003. P. 65-70.
4. Directive 2010/31/EU of the European Parliament and of the Council of 19 May 2010 on the Energy Performance of Buildings (recast). URL: <https://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/exUriServ.do?uri=OJ:L:2010:153:0013:0035:EN:PDF> (дата звернення: 02.01.2023).
5. Файст В. Основы проектирования пассивных домов. Москва: Издательство АСВ, 2008. 140 с.
6. Gonzalo R., Rainer V. Passive House Design: Planning and design of energy-efficient buildings: A compendium for architects. Munich: DETAIL Green Books, 2014. 144 p.
7. Hopfe Ch., McLeod R. The Passivhaus Designer's Manual. A technical guide to low and zero energy buildings. Abingdon: Routledge, 2015. 346 p.
8. Walshaw E. Understanding Passivhaus. A simple guide to Passivhaus detailing and design. Wakefield: First in Architecture, 2020. 246 p.
9. Басок Б.І. Експериментальний будинок пасивного типу. Енергоефективність в будівництві та архітектурі. Київ, 2014. Вип.6. С. 3-8.
10. Кащенко Т.О. та ін. Енергоефективний житловий комплекс за конкурсною програмою «Architecture at ZERO 2013». Енергоефективність в будівництві та архітектурі. Київ, 2014. Вип.6. С. 116-122.

11. Мартинов В.Л. Оптимізація форми, утеплювача, орієнтації енергоефективних будівель з урахуванням вимог освітлення та інсоляції. Енергоефективність в будівництві та архітектурі. Київ, 2016. Вип.8. С. 207-213.
12. Leshchenko N. Renovation - new life for old buildings. Przestrzen Urbanistyka Architektura. Krakov, 2018. Vol.2. P.135–146. DOI: <http://dx.doi.org/10.4467/00000000PUA.18.028.9530>
13. Map of Certified Passive House Buildings. URL: https://passivehouse-international.org/index.php?page_id=288 (дата звернення: 02.01.2023).
14. Пошаговое строительство пассивного дома. Часть 4. URL: <http://www.accbud.ua/house/energoberezhnie/ekodom/pasivnyj-dom-po-ukrainski-chast-4> (дата звернення: 02.01.2023).
15. Building certification. Energy Standards. URL: https://passipedia.org/certification/certified_passive_houses (дата звернення: 02.01.2023).
16. Будівництво пассивного будинку. URL: <https://termobud.com.ua/ua/news/stroitelstvo-passivnogo-doma.html> (дата звернення: 02.01.2023).
17. Будівництво енергозберігаючих екобудинків. URL: <https://bauenhaus.ua/uk/pasivni-budinki-v-ukraini/> (дата звернення: 02.01.2023).
18. Будівництво пассивних будинків. URL: <https://oknatrust.com.ua/ua/page/construction-works/construction-of-passive-houses> (дата звернення: 02.01.2023).

References

1. Stepanenko, O.I., Dubrovska, V.V. (2014). Passive house is a way to efficient use of energy. [Pasyvnyy budynok-shlyakh do efektyvnoho vykorystannya enerhiyi]. Enerhetyka: ekonomika, tekhnolohiyi, ekolohiya, 3, 56-58. (in Ukrainian).
2. Buildings with low energy consumption or zero energy balance with polystyrene foam thermal insulation. [Zdaniya s nizkim energopotrebleniyem ili nulevym energeticheskim balansom s penopolistirol'noy termoizolyatsiyey]. URL: <https://eurobud.ua/wp-content/uploads/2022/08/doma-s-nizkim-energopotrebleniem-ili-nulevym-energeticheskim-balansom-s-penopolistirolnoj-termoizolyaciej.pdf> (in Russian).
3. Directive 2002/91/EU of the European Parliament and of the Council of 16 December 2002 on the Energy Performance of Buildings. (2003). Official Journal, 65-70. (in English).
4. Directive 2010/31/EU of the European Parliament and of the Council of 19 May 2010 on the Energy Performance of Buildings (recast).(2010). URL: <https://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/ exUriServ.do?uri= OJ:L:2010:153:0013:0035:EN:PDF> (in English).

5. Feist, V. (2010). Fundamentals of designing passive houses. [Osnovy proyektirovaniya passivnykh domov]. ASV Publishing House, 140. (in Russian).
6. Gonzalo, R., Rainer, V. (2014). Passive House Design: Planning and design of energy-efficient buildings: A compendium for architects. Munich: DETAIL Green Books, 144. (in English).
7. Hopfe, Ch., McLeod, R. (2015). The Passivhaus Designer's Manual. A technical guide to low and zero energy buildings. Abingdon: Routledge, 346. (in English).
8. Walshaw, E. (2020). Understanding Passivhaus: A Simple Guide to Passivhaus Detailing and Design. Wakefield: First in Architecture, 246. (in English).
9. Basok, B.I. (2014). Experimental house of the passive type. [Eksperymental'nyy budynok pasyvnogo typu]. Enerhoefektyvnist' v budivnytstvi ta arkhitekturi, 6, 3-8. (in Ukrainian).
10. Kashchenko, T.O. et al. (2014). Energy-efficient residential complex under the "Architecture at ZERO 2013" competition program. [Enerhoefektyvnyy zhytlovyy kompleks za konkursnoyu prohramoyu «Architecture at ZERO 2013»]. Enerhoefektyvnist' v budivnytstvi ta arkhitekturi, 6, 116-122. (in Ukrainian).
11. Martynov, V.L. (2016). Optimizing the shape, insulation, orientation of energy-efficient buildings taking into account lighting and insulation requirements. [Optymizatsiya formy, uteplyuvacha, oriyentatsiyi enerhoefektyvnykh budivel' z urakhuvanniam vymoh osvitlennya ta insolyatsiyi]. Enerhoefektyvnist' v budivnytstvi ta arkhitekturi, 8, 207-213. (in Ukrainian).
12. Leshchenko, N. (2018). Renovation - new life for old buildings. *Przestrzen Urbanistyka Architektura*, 2, 135–146. DOI: <http://dx.doi.org/10.4467/00000000PUA.18.028.9530> (in English).
13. Map of Certified Passive House Buildings. URL: https://passivehouse-international.org/index.php?page_id=288 (in English).
14. Step by step construction of a passive house. Part 4. [Poshagovoye stroitel'stvo pasivnogo doma. Chast' 4]. URL: <http://www.accbud.ua/house/energoberezhenie/ekodom/pasivnyj-dom-po-ukrainski-chast-4> (in Russian).
15. Building certification. Energy Standards. URL: https://passipedia.org/certification/certified_passive_houses (in English).
16. Construction of a passive house. [Budivnytstvo pasyvnogo budynku]. URL: <https://termobud.com.ua/ua/news/stroitelstvo-passivnogo-doma.html> (in Ukrainian).
17. Construction of energy-saving eco-houses. [Budivnytstvo enerhozberihayuchykh ekobudynkiv]. URL: <https://bauenhaus.ua/uk/pasivni-budinki-v-ukraini/> (in Ukrainian).

18. Construction of a passive housis. [Budivnytstvo pasyvnych budynkiv]. URL: <https://oknatrust.com.ua/ua/page/construction-works/construction-of-passive-houses> (in Ukrainian).

Annotation

Kostyantyn Holovatyuk, Candidate of physical and mathematical sciences, Director of the Design and Construction Firm "Ardis", Kyiv.

The urgent task of mass construction of «passive houses» in Ukraine

An analysis of energy consumption per m^2 of housing showed that in the EU countries the average value of energy for heating is about $95 \text{ kWh}/(m^2)$ per year, while in Ukraine this value is about $200\text{-}250 \text{ kWh}/(m^2)$ per year. The main mechanisms for reducing energy costs for heating residential premises in the EU countries are shown and the dynamics of this decrease to the level of $15 \text{ kWh}/(m^2)$ per year is disclosed. The role of the «passive house» strategic building standard (nZEB) as a pioneer in reducing residential energy consumption is shown. Data on the number of "passive houses" built around the world, and data on single houses of this type in Ukraine are given. The urgent task need for the use of the "passive house" standard in Ukraine to reduce the consumption of thermal energy for heating housing, as well as harmful emissions into the atmosphere, has been identified. The topic of availability in our country of local constructive and heat-insulating building materials, technologies and engineering systems was discussed. The basic principles of creating a "passive house", its main digital technical characteristics are listed and it is shown that they are suitable for the climatic conditions of Ukraine. Recommendations are given on the use of structural and thermal insulation materials, special windows, air tightness, mechanical ventilation with exhaust air heat recovery and design of buildings without cold bridges. It has been determined that a "passive house" with simple engineering heating (cooling) systems is more sustainability and anti-crisis. The main methods for calculating a "passive house" are analyzed, the need to involve additional 3D modeling programs is determined to obtain more accurate numerical characteristics of the building and the choice of engineering systems. It is emphasized that the creation in Ukraine of entire eco-settlements from such houses will affect the general increase in the awareness of our society, broad awareness of new technologies and, as a result, the breakdown of the inertia of the entire system and the introduction of new, innovative building codes, which will entail the mass construction of "passive houses", significant savings in energy resources throughout the country, reducing harmful emissions and improving the quality of life of people.

Keywords: energy for heating; "passive house"; nZEB; sustainability; heat transfer coefficient; primary energy; air tightness; design without thermal bridges.