

МЕТОДИ ОЦІНКИ ЕНЕРГЕТИЧНО-ЕКОЛОГІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ БУДИНКІВ ІНДИВІДУАЛЬНОЇ ЗАБУДОВИ

Саницький М.А., Марущак У.Д.
Національний університет „Львівська політехніка”
м. Львів, Україна

Секрет Р., Вуйцікевич М.
Технологічний університет „Політехніка Ченстоховська”
м. Ченстохова, Польща

Гоц В.В.
Київський національний університет будівництва та архітектури
м. Київ, Україна

АНОТАЦІЯ: У статті представлено методи оцінки енергетично-екологічних показників індивідуального будинку. На основі енергетично-екологічного аналізу запропоновано методологію інтегрованого проектування енергоефективних будинків.

АННОТАЦИЯ: В статье представлены методы оценки энергетических и экологических показателей индивидуального дома. На основании энергетически-экологического анализа предложена методология интегрированного проектирования энергоэффективных домов.

ABSTRACT: In this paper the assessment methods of energetic-ecological parameters of reference building are shown. On the base of energetic and ecological analysis the methodology of the integrated design of energy efficiency building is proposed.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: енергетично-екологічний аналіз, методи оцінки показників, первинна енергія, енергоефективність, інтегроване проектування будинків.

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМИ

На будівельний сектор припадає близько 50 % використання природної сировини та понад 40 % спожитої енергії. Високе споживання енергії за повний цикл життя будинків, яке сягає у Польщі та Україні близько 200 та 300 кВт·год/м² опалюваної площі на рік, треба значно зменшити в майбутньому, впроваджуючи енергоощадні заходи. Особливо гостро стоїть проблема енергозбереження для будинків індивідуальної забудови, в яких питома енергоспоживання може складати понад 400 кВт·год/(м²·рік).

АНАЛІЗ ОСТАННІХ ДЖЕРЕЛ І ПУБЛІКАЦІЙ

Одним з основних пріоритетів енергетичної політики ЄС та України, поряд з диверсифікацією різних джерел енергії, як географічною, так і за видом носія, є

забезпечення зобов'язань за Кіотським протоколом. Зміна клімату, пов'язана з небезпекою парникового ефекту, є основною причиною, що змушує ЄС вибирати стратегію зниження споживання енергії та шукати розумний баланс між економічним розвитком та охороною довкілля [1].

Для більш повного використання потенціалу енергозбереження у 2002 р. прийнято директиву 2002/91/WE EPBD (*Energy Performance of Buildings Directive*). У 2010 р. Парламент ЄС ухвалив зміни в Директиві 2010/31/EU, що стосуються енергетичної характеристики будинків, згідно з якими у 2021 р. на територіях Європейського Союзу мають зводитись тільки будинки з дуже низькою потребою в енергії (nearly zero energy building – nZEB), в яких частково буде використано відновлювальні джерела енергії, що дає змогу разом зі скороченням матеріальних і енергетичних ресурсів також суттєво зменшити забруднення довкілля. До показників довкілля можна віднести потребу в первинній енергії, вміст відновлюваної енергії, емісію CO₂, кількість утворених відходів [1-3].

Для впровадження будівельних нормативів з підвищення енергоефективності будівель необхідне розроблення національної програми енергозбереження за допомогою термомодернізації, створення системи енергетичного аудиту та енергетичного паспорта будинків. Реалізація конструктивних принципів економії енергії згідно з положеннями ДБН В.1.2-11:2008 та підвищення енергоефективності житлового фонду досягається за рахунок впровадження енергозберіжних заходів шляхом утеплення огорожувальних конструкцій будівель та модернізації систем теплопостачання [4, 5].

З метою розроблення рекомендацій щодо найкращих варіантів термомодернізаційних та термореконструктивних заходів, особливо в умовах ризику, обмеженості часу та ресурсів впроваджуються принципи управління проектами, які дозволяють вибудувати ланцюги організаційно-технологічних та організаційно-структурних зв'язків між процесами, сформувати базу для забезпечення координації всіх процесів та ресурсів у часі і просторі [6, 7].

Мета роботи - оцінити ефективність заходів для підвищення енергетично-екологічних показників будинків індивідуальної забудови, а також визначити можливість інтегрованого проектування енергоефективних будинків.

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Об'єкт дослідження: індивідуальний житловий двохповерховий будинок з мансардою. Загальна висота будинку 9,590 м. Опалювальна площа будівлі – $F_h = 232 \text{ м}^2$, опалювальний об'єм – $V_h = 735 \text{ м}^3$. Конструктивна схема будинку – поздовжні цегляні несучі стіни із монолітним перекриттям та стрічковими фундаментами. Зовнішні стіни будинку завтовшки 380 мм виконанні з пустотілої цегли, коефіцієнт теплопередачі світлопрозорих огорожувальних конструкцій $U_{\text{вік}} = 2,7; \text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$.

Розрахункові питомі тепловитрати на опалення аналізованого індивідуального будинку становлять $q_{\text{буд}} = 176,7 \text{ кВт} \cdot \text{год}/(\text{м}^2 \cdot \text{рік})$, при цьому $[(q_{\text{буд}} - E_{\text{макс}})/E_{\text{макс}}] \cdot 100 \% = 50 \%$, що відповідає класу енергетичної ефективності “Е”. Згідно настанови ДСТУ-Н Б А.2.2-5:2007 для даного будинку необхідно розробити заходи щодо підвищення його енергоефективності з доведенням до класу не нижче “С”.

З метою оптимізації теплотехнічних параметрів стінових та світлопрозорих конструкцій індивідуального будинку за критеріями енергоефективності змінними факторами якого прийнято товщину теплоізоляційного шару з пінополістиролу при утепленні зовнішніх стін ($\delta_{\text{із}} = 0; 10; 20 \text{ см}$) та коефіцієнт теплопередачі вікон [$U_{\text{вік}} = 2,7; 1,7; 0,7 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$]. При цьому вирішували задачі планування багатofакторного

експерименту для встановлення залежностей між енергетичним (питомі тепловитрати - $q_{\text{буд}}$), екологічним показником (емісія CO_2) будинку та теплофізичними властивостями його огорожувальних конструкцій.

Розрахунок енергетичних показників для будинку із гравітаційною системою вентиляції при змінних параметрах показав (рис. 1, а), що при комплексному підході до енергосанації огорожувальних конструкцій (стіни та вікна) дозволяє одержати енергетичні показники будинку, що відповідають класу енергетичної ефективності “В”, що забезпечує раціональне використання енергетичних ресурсів на опалення, нормативні показники санітарно-гігієнічних параметрів мікроклімату приміщень та довговічність огорожувальних конструкцій під час експлуатації. Тоді як заміна вікон на ефективніші ($U_{\text{вік}} = 1,7$ та $0,7 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$) без термомодернізації стін не забезпечує енергетичні показники для енергоощадних будинків.

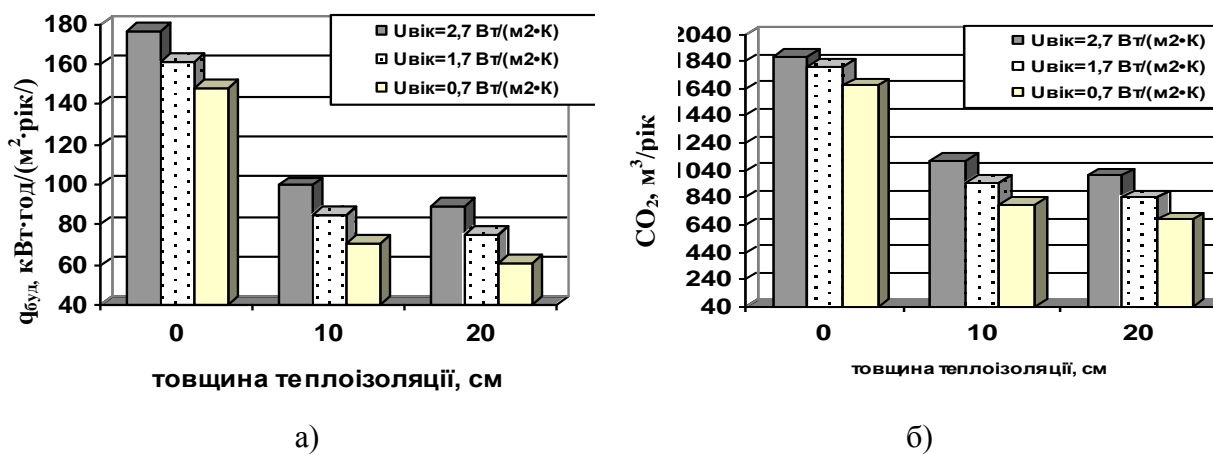


Рис. 1. Питомі тепловитрати (а) та емісія CO_2 (б) аналізованого будинку

При розрахунку екологічної ефективності термомодернізації зовнішніх стін при влаштуванні фасадної теплоізоляції екологічних показників обрано кількість CO_2 , виділеного при спалюванні природного газу, необхідного для компенсації втрат теплоти будинком за опалювальний період (рис. 1, б). Витрата теплоти на опалення зменшується в 1,2...2,8 рази після комплексної термомодернізації, що забезпечує зниження виділення парникових газів в атмосферу, зокрема CO_2 в 1,13...2,84 рази, що сприятиме покращенню екологічної ситуації в регіоні.

Для будинків з гравітаційною системою вентиляції до термомодернізації $q_{\text{буд max}} = 176,67 \text{ кВт} \cdot \text{год}/(\text{м}^2 \cdot \text{рік})$, тоді як після утеплення зовнішніх стін та заміни вікон $q_{\text{буд min}} = 61,09 \text{ кВт} \cdot \text{год}/(\text{м}^2 \cdot \text{рік})$ при співвідношенні між ними 2,9 рази. Термомодернізація найефективніша, якщо вона відповідає принципу комплексності, тобто охоплює як зовнішні огорожувальні конструкції, так і інженерні системи, що забезпечують будівлю теплом, повітрям, водою, електроенергією. Так, при використанні механічної системи вентиляції з рекуперацією теплоти $\eta=70\%$ та комплексній термомодернізації [$\delta_{\text{із}}=20 \text{ см}$ і $U_{\text{вік}}=0,7 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$] питомі тепловитрати на опалення становлять – $q_{\text{буд}} = 8,39 \text{ кВт} \cdot \text{год}/(\text{м}^2 \cdot \text{рік})$, що відповідає вимогам пасивного будинку.

На основі проведених розрахунків отримано математичні моделі енергетичних показників індивідуального будинку з гравітаційною та механічною системою вентиляції у вигляді рівнянь регресії, $\text{кВт} \cdot \text{год}/(\text{м}^2 \cdot \text{рік})$:

$$q_{\text{буд грав}} = 84,82 - 41,93X_1 - 15,75X_2 - 2,23X_1 X_2 + 35,05X_1^2 + 1,89X_2^2;$$

$$q_{\text{буд мех}} = 32,12 - 43,43X_1 + 14,25X_2 - 0,02X_1 X_2 + 33,54X_1^2 + 0,39X_2^2.$$

Будівельно-інсталяційні системи з приведеним опором теплопередачі зовнішніх стін $R_{\Sigma пр} = 2,63 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$ ($\delta_{із} = 10 \text{ см}$), коефіцієнтом теплопередачі світлопрозорих конструкцій $U_{вік} = 0,70 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$ та коефіцієнтом рекуперації тепла $\eta = 90 \%$, а також з $R_{\Sigma пр} = 5,26 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$ ($\delta_{із} = 20 \text{ см}$), $U_{вік} = 0,7 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$ з коефіцієнтом рекуперації тепла $\eta = 75\%$ характеризуються енергетичними показниками, що відповідають будинкам з нульовим споживанням енергії (nearly zero energy building - nZEB). Від'ємні значення питомих теплотрат на опалення для будинку з $R_{\Sigma пр} = 5,26 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$ ($\delta_{із} = 20 \text{ см}$) і $U_{вік} = 0,7 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$ при коефіцієнті рекуперації механічної системи вентиляції $\eta = 90\%$ свідчать, що такий будинок відноситься до активних (active house).

З 1 січня 2009 р. відповідно до Європейської директиви 2002/91/WE в країнах ЄС обов'язковим є складання енергетичного сертифікату будинків, що містить інформацію про необхідну кількість невідновлюваної первинної енергії та кінцевої енергії [3]. Потреба невідновлюваної первинної енергії є найбільш вагомою величиною і розташовується в центрі першої сторінки сертифікату. На кольоровому повзунку потреба в первинній енергії для будинку порівнюється з потребою в первинній енергії для стандартного будинку (рис. 2).

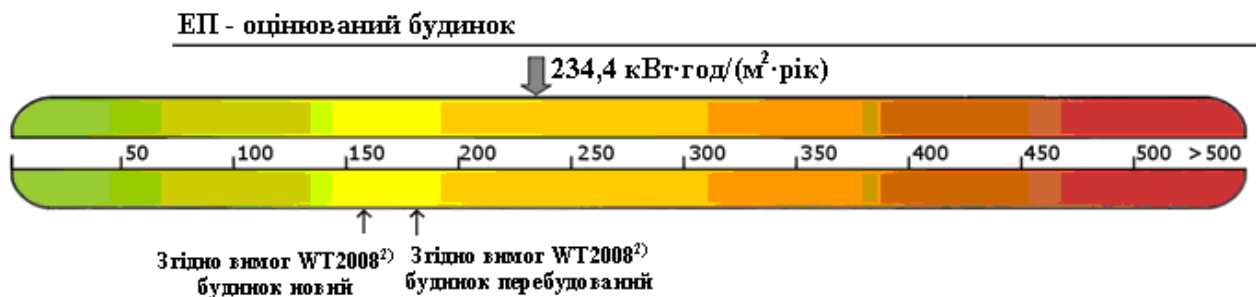


Рис. 2. Енергетична характеристика аналізованого індивідуального будинку з гравітаційною вентиляцією

Значення первинної та кінцевої енергії згідно вимог ЄС для стандартного будинку [$U = 0,30 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$], енергоощадного [$U = 0,20 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$] та низькоенергетичного [$U = 0,10 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$] наведені на рис. 3. Звідси видно, що покращення енергетичних показників аналізованого будинку в більшій мірі досягається за рахунок високо-ефективної механічної вентиляції ($\eta = 95\%$) порівняно з термомодернізаційними заходами при товщині ізоляції пінополістиролу або мінеральної вати на рівні 20...30 см.

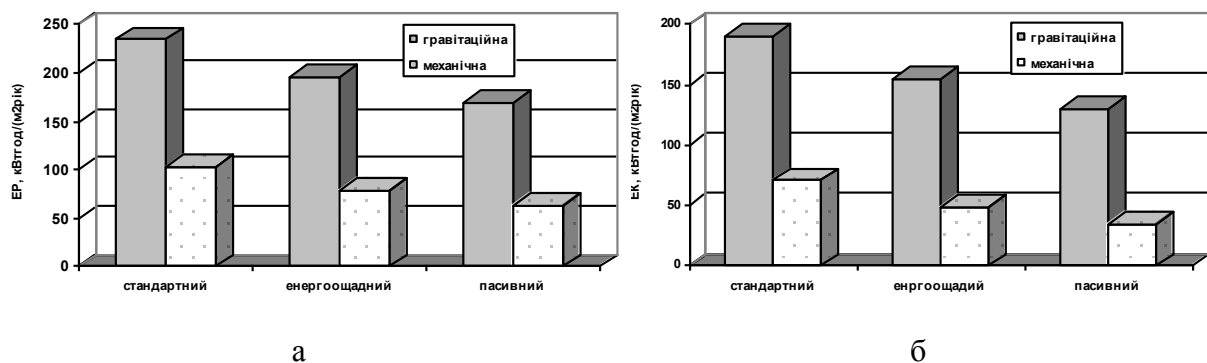


Рис. 3. Значення первинної (а) та кінцевої енергії (б) для індивідуального будинку з гравітаційною та механічною системами вентиляції

ВИСНОВКИ

Система інтегрованого проектування енергоефективних будинків визначає необхідність вдосконалення методик оцінки енергетично-екологічних показників будівель і споруд. На прикладі будинків індивідуальної забудови показано, що аналіз математичних моделей енергетичних показників індивідуального будинку в залежності від теплотехнічних характеристик зовнішніх огорожувальних конструкцій є основою оцінювання житлових споруд за критерієм енергоефективності на відповідність вимогам сталого розвитку. Встановлення механічної системи вентиляції з коефіцієнтом рекуперації понад 70% і проведення комплексу робіт з термомодернізації зовнішніх огорожувальних конструкцій забезпечує одержання енергетичних показників будинків, які в процесі експлуатації характеризуються низькою потребою в первинній енергії для забезпечення оптимальних умов мікроклімату, що сприяє зниженню емісії CO₂ та визначає напрям проєкологічного енергоефективного будівництва.

ЛІТЕРАТУРА

1. Zrównoważone budownictwo. Seria Dokumenty Unii Europejskiej dotyczące budownictwa. – Warszawa: ITB, 2010.
2. Саницький М.А. Енергозберігаючі технології в будівництві: навч. посібник / М.А. Саницький, О.Р. Позняк, У.Д. Марущак. – Львів: Львівська політехніка, 2011. – 248 с.
3. Вуйцікевич М. Аналіз енергетичних показників індивідуальних будинків / М. Вуйцікевич, М. Саницький, Р. Секрет // ЕКОінформ. - 2011.– № 3 (263). - С. 50-51.
4. Фаренюк Г.Г. Основи забезпечення енергоефективності будинків та теплової надійності огорожувальних конструкцій / Фаренюк Г.Г. – К.: Гама-Принт, 2009. – 216 с.
5. Матросов Ю.А. Повышенная теплозащита и энергоэффективность зданий: проблемы и решения. Опыт России / Ю.А. Матросов // Budownictwo o zoptymalizowanym potencjale energetycznym. Czestochowa, 2007. – S. 201–217.
6. Гоц В.В. Управління інформацією по фазам життєвого циклу девелоперського проєкту / Гоц В.В. // Управління розвитком складних систем. – 2012. – Вип. 9. – С. 30 – 35.
7. Мазур И.И. Управления проектами: справочное пособие / И.И. Мазур, В.Д. Шапиро; под ред. И.И. Мазура и В.Д. Шапиро. – М: Высшая школа, 2001. – 875 с.

Стаття надійшла до редакції 01.04.2013 р.