

УДК 339.03:69.059.7

**Горбач Максим Володимирович**

Аспірант кафедри організації та управління будівництвом

Київський національний університет будівництва і архітектури, Київ

**ОРГАНІЗАЦІЙНО-ТЕХНОЛОГІЧНІ ТА ТЕХНІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ  
РАЦІОНАЛІЗАЦІЇ ЕНЕРГОЗБЕРІГАЮЧИХ ПРОЕКТНИХ РІШЕНЬ  
ПРИ РЕКОНСТРУКЦІЇ ТА НОВОМУ БУДІВНИЦТВІ**

***Анотація.** Запропоновано інноваційні організаційно-технологічні та технічні особливості раціоналізації енергозберігаючих проектних рішень на етапі реконструкції та при новому будівництві. Розглянуто методи рівня енергоефективності будівель на стадії проектування. Розроблено концептуальну модель формування енергоефективності будівлі. Згідно принципам системного аналізу створено комплекс моделей як основи інтегрованої єдиної енергетичної моделі будівлі з врахуванням впливу зовнішніх та внутрішніх факторів на енергоефективність огороджувальної оболонки будівлі. Описано взаємодію параметрів цієї моделі.*

**Ключові слова:** тепловий режим будинку; «пасивний» будинок; енергозбереження; джерела енергії

***Аннотация.** Предложены инновационные организационно-технологические и технические особенности рационализации энергосберегающих проектных решений на этапе реконструкции и при новом строительстве. Рассмотрены метод уровня энергоэффективности зданий на стадии проектирования. Разработана концептуальная модель формирования энергоэффективности здания. Согласно принципам системного анализа создан комплекс моделей как основы интегрированной единой энергетической модели здания с учетом влияния внешних и внутренних факторов на энергоэффективность ограждающей оболочки здания. Описано взаимодействие параметров этой модели.*

**Ключевые слова:** тепловой режим дома; «пассивный» дом; энергосбережение; источники энергии

***Abstract.** There are shown an innovative organizational, technological and technical features rationalization of energy-saving design solutions at the stage of reconstruction and new construction. Methods of energy efficiency in buildings at the design stage are presente. Design of energy efficient buildings proposed to be considered as the optimization of interconnected and balanced energy subsystems. The conceptual model of formation the energy efficient buildings had been developed. According to the principles of system analysis it were created complex models as the basis of a single integrated energy model of the building, taking into account the influence of external and internal factors on the energy efficiency of the building envelope. It were reported interactions of parameters and determined the composition of energy models which are considered. The list of components of energy-efficient models include: a group of climate models, group of architectural – constructive models and group of thermotechnical models. It was proposed integration of the unified energy model of the building with BIM for import architectural - constructive model building. Basic parameters of the external climate to form a comfortable temperature and humidity regime the building were determined. According to the methodology of systematic analysis of the mathematical model of the thermal regime of the building as a single the thermotechnical system should be presented in the form of three interrelated models: thermotechnical model influence of the external climate on the building, thermotechnical model of enclosing constructions, thermotechnical model of microclimate. It had been developed the functional structure of the applications of the mathematical model of the thermal regime of the building to determine the energy efficiency index enclosing constructions.*

**Keywords:** thermal treatment at home; "passive" building; energy efficiency; energy sources

## Постановка проблеми

Підвищення вартості енергоресурсів, стрімка зміна клімату в Україні – все це є причинами для впровадження методів підвищення енергетичної ефективності будівель на стадії їх проектування. На сьогодні велика кількість будинків в Україні не відповідає вимогам енергозбереження. Розробка нових та розвиток наявних методів, що на ранніх стадіях розробки проектів підвищують енергоефективність будівель, є актуальною задачею.

## Аналіз останніх досліджень та публікацій

Енергозбереження є світовою науковою проблемою. Дослідження проводилися і проводяться по багатьох напрямках. Проектуванню енергоефективних будинків присвячені роботи М.М. Бродач, А.Н. Дмитриєва, Т.А. Маркуса, Е.Н. Морриса, В.Л. Мартинова, Т.О. Кашенко, М.П. Селіванова, Н.А. Шилкіна. В методах моделювання теплового режиму будинків цих авторів переважає системний підхід, за якого будинок розглядається як єдина енергетична система, що складається із взаємозалежних елементів.

У роботах О.В. Сергейчука розроблені методи оптимізації форми енергоефективних будинків та їх окремих елементів засобами прикладної та обчислювальної геометрії на основі моделювання і аналізу фізико-технічних процесів, що відбуваються в огордувальних конструкціях і середовищах.

## Виклад основного матеріалу

При проведенні енергоаудиту в будинках повинні бути оцінені такі чинники і системи, які впливають на рівень енергоспоживання та створення необхідних умов життєдіяльності людини:

- огорожувальні конструкції будівлі (стіни, вікна, двері, дах і підлога);
- система опалення;
- система вентиляції;
- система гарячого водопостачання;
- автоматичні системи управління;
- освітлення;
- різне обладнання – кухонне, пральне і т.д.;
- система кондиціонування повітря.

Окрім цього, необхідно також брати до уваги, як відбувається управління й експлуатація будівлі та її інженерних систем.

Загальний рівень споживання енергії будинком оцінюється як сумарний за всіма зазначеними вище системами:

$$N_{заг.} = N_{оп.} + N_{вент.} + N_{гв.} + N_{авт.} + N_{осв.} + N_{конд.} + N_{інше}, \text{ кВт}\cdot\text{год},$$

де  $N_{оп.}$  – кількість енергії, яка була спожита для потреби опалення будинку;  $N_{вент.}$  – кількість енергії, яка була спожита для забезпечення роботи систем вентиляції (витрати теплової енергії на нагрівання повітря, що знаходиться ззовні);  $N_{гв.}$  – кількість енергії, спожитої системою гарячого водопостачання;  $N_{авт.}$  – втрати енергії для забезпечення роботи системи автоматичного управління безпеки;  $N_{осв.}$  – витрати енергії з метою забезпечення роботи системи внутрішнього та зовнішнього освітлення об'єкта аудиту;  $N_{конд.}$  – кількість енергії, що була використана для роботи систем кондиціонування повітря;  $N_{інше}$  – витрати енергії для іншого обладнання, що споживає енергію (насоси, вентилятори, кухонне, пральне обладнання, ліфти тощо).

В основі визначення основних показників енергозбереження лежить найважливіша підсумкова характеристика процесу економії енергії – обсяги зекономленого у результаті можливого впровадження енергозберігальних заходів викопного палива і первинної енергії палива. Визначення витрат палива за відомою величиною обсягів теплової енергії (у тому числі, теплової), яка подається споживачам на тому чи іншому етапі її трансформації від вироблення до споживання можна здійснити за залежністю (1):

$$V = Q_i / Q_{HP} \cdot \eta_{\Sigma i}, \quad (1)$$

де  $V$  – витрати первинного енергоносія (палива) – для природного газу,  $\text{м}^3$ , під тиском в 1 ат (101,3 кПа) і при температурі  $0^\circ\text{C}$ . Такі умови називають «нормальними» і позначають –  $\text{нм}^3$ . Для решти палив – кг.

$Q_{HP}$  – довідникове значення теплоти згоряння палива,  $\text{кВт}\cdot\text{год}/\text{кг}(\text{м}^3)$  або  $\text{ккал}/\text{кг}(\text{м}^3)$  і  $\text{кДж}/\text{кг}(\text{м}^3)$  – при використанні природного газу теплоту згоряння відносять до  $1 \text{ м}^3$ , а для решти палив – до 1 кг;  $1 \text{ кВт}\cdot\text{год} = 860 \text{ ккал}$ , а  $1 \text{ ккал} = 4,2 \text{ кДж}$ .

$Q_i$  – кількість теплоти (енергії) на етапі її трансформації, яка необхідна для забезпечення потреб життєдіяльності людини або здійснення виробничих процесів. Наприклад, на етапі вироблення енергії у джерелі теплоти  $Q_i = Q_k$ , на етапі транспортування теплоти ( $Q_i = Q_r$ ), а на етапі відпуску теплоти  $Q_i = Q_{сп.}$ . На етапі відпуску така кількість теплоти  $Q_{сп.}$  дорівнює потребі будівлі у теплоті для опалення, вентиляції і гарячого водопостачання (залежно від того, які саме споживачі є у будівлі). Це може бути також і електрична енергія, яка споживається у будівлі на потреби освітлення чи на приведення в дію

вентиляторів, обладнання, комп'ютерів тощо. Величину кількості такої енергії виражають у кВт·год; кДж або ккал;  $\eta_{\Sigma}$  – сумарний ККД процесу трансформації енергії на етапах вироблення, транспортування або споживання. Беруть залежно від виду енергії, етапу її трансформації, на якому будуть впроваджені енергозберігальні заходи, виду обладнання і ефективності його роботи.

У результаті впровадження енергозберігаючих заходів досягають підвищення ефективності процесу трансформації енергії на одному із зазначених вище етапів за рахунок зменшення втрат теплоти. Власне, величина ККД і визначається як різниця між вихідною кількістю теплоти, яку беруть за 100% (1,0 част. од) і втратами теплоти, які також виражають у % або у част. од.:

$$\eta_{\Sigma} = 1 - \Delta q_{\Sigma}, \text{ част. од.}, \quad (2)$$

де  $\Delta q_{\Sigma}$  – сумарні непродуктивні втрати теплоти від джерела енергії етапу, на якому було досягнуто зменшення споживання енергії, част. од. Ця величина складається з втрат теплоти на джерелі енергії на етапі вироблення  $\Delta q_k$ , втрат енергії з охолодження теплоносія та його витоків у тепловій мережі на етапі трансформування  $\Delta q_t$ , а також непродуктивних втрат на етапі споживання у споживача  $\Delta q_{сп}$ .

Так, для теплоти, яка відпускається споживачам, втрати будуть визначатись за сумою втрат на етапі вироблення і транспортування  $\Delta q_{\Sigma} = \Delta q_k + \Delta q_t$ , а для кількості теплоти, що відпускається з котельні у тепловій мережі, величина сумарних втрат  $\Delta q_{\Sigma} = \Delta q_k$  визначається лише втратами у джерелі теплоти.

Величину сумарного (або результуючого) ККД на будь-якому етапі трансформації енергії можна визначити за добутком елементарних величин ККД на кожному з етапів трансформації. Наприклад, результуючий ККД на вході енергії до будівлі визначається за залежністю (3):

$$\eta_{\Sigma} = \eta_k \times \eta_t, \text{ част. од.}, \quad (3)$$

де  $\eta_k$  – ефективність вироблення енергії,  $\eta_k = 1 - \Delta q_k$  (для систем централізованого тепlopостачання – ККД вироблення теплоти у котельні), част. од;  $\eta_t$  – енергетична ефективність на етапі транспортування теплоти,  $\eta_t = 1 - \Delta q_t$ , характеризує величину втрат теплоти лише на етапі транспортування, част. од.

Для етапу відпуску теплоти з котельні у теплову мережу  $\eta_{\Sigma} = \eta_k$ .

Втрати теплоти можна виразити не лише у част. од. від вихідної кількості теплоти, а й в абсолютному вимірі – у кВт · год, кДж або ккал. Тоді кількість теплоти, відпущеної споживачам, можна визначити за відомими величинами

первинної енергії палива, підведеної до джерела теплоти  $Q_n$ , і відомими втратами теплоти – на джерелі енергії  $\Delta Q_k$ , і в теплових мережах  $\Delta Q_t$  за залежністю (4):

$$Q_{cn} = Q_n - (\Delta Q_k + \Delta Q_t), \text{ кВт·год; ккал; кДж}, \quad (4)$$

де  $\Delta Q_k$  і  $\Delta Q_t$  – абсолютні значення втрат теплоти на етапі вироблення і транспортування, відповідно у кВт·год, ккал, кДж.

На рисунку показано схему трансформації первинної енергії палива на етапах вироблення, транспортування і відпуску теплоти.

Як видно із схеми рисунка, в міру віддалення від джерела енергії у напрямку до споживача величина втрат буде збільшуватися, а величина результуючого (сумарного) ККД  $\eta_{\Sigma}$ , відповідно – зменшуватись.

Саме тому в міру віддалення етапу впровадження енергозберігальних заходів від джерела енергії величина економії первинного енергоносія, або первинної енергії, згідно зі схемою рисунка, безперервно зростатиме відносно значення зекономленої енергії. Так, за умови економії або запобігання втратам енергії на етапі транспортування у кількості  $\Delta Q_t = 1000$  кВт·год за рахунок впровадження енергозберігаючих заходів на теплових мережах (наприклад, теплової ізоляції теплових мереж) значення економії первинного енергоносія (природного газу з теплою згорання  $9,9$  кВт·год/нм<sup>3</sup>) у котельні визначиться за залежністю (5) і становитиме:

$$\Delta B = \frac{\Delta Q_t}{\eta_{\Sigma} \cdot Q_i^p} = \frac{\Delta Q_t}{\eta_k \cdot Q_H^p} = \frac{1000}{9,9 \cdot 0,81} = 124,7 \text{ нм}^3, \quad (5)$$

де  $\eta_k$  – значення ККД вироблення теплоти у котельні, част. од.;  $Q_H^p$  – теплота згорання природного газу,  $9,9$  кВт год / нм<sup>3</sup>;  $\Delta B$  – економія первинного енергоносія (природного газу) у джерелі теплоти (котельні), нм<sup>3</sup>.

Економія  $\Delta Q_t = 1000$  кВт·год на етапі транспортування теплоти за рахунок скорочення втрат енергії у теплових мережах дає можливість отримати економію первинної енергії палива у розмірі, який визначається згідно з формулою (6):

$$Q_n = \frac{\Delta Q_i}{\eta_{\Sigma}} = \Delta Q_i \cdot k_i = \frac{\Delta Q_t}{\eta_k} = \Delta Q_t \cdot k_t = \frac{1000}{0,81} = 1000 \cdot 1,23 = 123 \text{ кВт} \cdot \text{год}, \quad (6)$$

де  $\eta_{\Sigma} = \eta_k$ , а  $\Delta Q_i = \Delta Q_k$ ;  $k_i$  – коефіцієнт перетворення первинної енергії. Величина такого коефіцієнта залежить від ефективності трансформації енергії та етапу впровадження заходів і визначається за залежністю (7):

$$k_i = 1/\eta_{\Sigma}, \text{ част. од.} \quad (7)$$

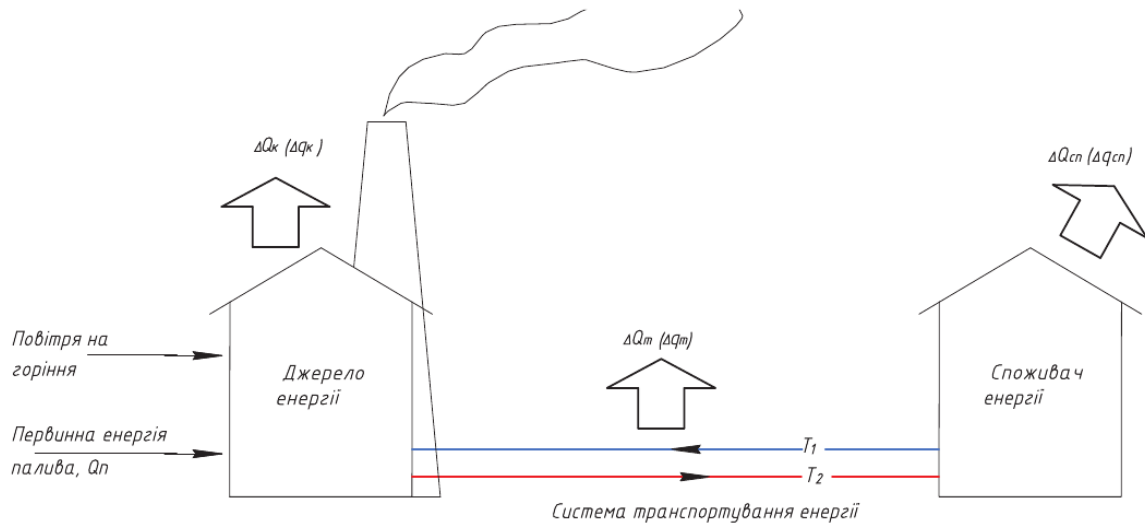


Рисунок. Схема трансформації первинної енергії палива

$$Q_K = Q_n - \Delta Q_K \qquad Q_m = Q_n - (\Delta Q_K + \Delta Q_m) \qquad Q_{cn} = Q_n - (\Delta Q_K + \Delta Q_m + \Delta Q_{cn})$$

$$\eta_\Sigma = \eta_K = 1 - \Delta q_K \qquad \eta_\Sigma = \eta_K \cdot \eta_m = 1 - (\Delta q_K + \Delta q_m) \qquad \Delta \eta_\Sigma = \eta_K \cdot \eta_m \cdot \eta_{cn} = 1 - (\Delta q_K + \Delta q_m + \Delta q_{cn})$$

**Ефективність на етапі вироблення енергії**

$$\eta_K = 0,84 \dots 0,81 \text{ (до } 0,75)$$

**Ефективність на етапі трансформування енергії**

$$\eta_m = 0,88 \dots 0,87 \text{ (до } 0,7)$$

**Ефективність на етапі споживання з огляду сучасних вимог до теплозахисних характеристик огорожувальних конструкцій**

$$\eta_{cn} = 0,58 \dots 0,63$$

Якщо енергозберігальні заходи впроваджуються на етапі споживання, то економія тієї самої 1000 кВт·год енергії у споживачів дає можливість отримати більше за попередній розрахунок значення економії первинної енергії палива, яке визначається за формулою:

$$\Delta Q_n = \frac{\Delta Q_i}{\eta_{\Sigma i}} = \Delta Q_i \cdot k_i = \frac{\Delta Q_{cn}}{\eta_K \cdot \eta_T} = \Delta Q_{cn} \cdot k_{cn} = \frac{1000}{0,81 \cdot 0,87} = 1000 \cdot 1,42 = 1420 \text{ кВт.}$$

Як видно з наведеної залежності, для розглянутого випадку коефіцієнт перетворення первинної енергії дорівнює  $k_{cn} = 1,42$ .

Величина економії первинного енергоносія  $\Delta B$  (природного газу з теплою згорання  $9,9 \text{ кВт·год} / \text{нм}^3$ ) у котельні при цьому визначиться так:

$$\Delta B = \frac{\Delta Q_i}{\eta_{\Sigma i} \cdot Q_H^P} = \frac{\Delta Q_{cn}}{\eta_K \cdot \eta_T \cdot Q_H^P} = \frac{1000}{9,9 \cdot 0,81 \cdot 0,87} = 143,3 \text{ нм}^3,$$

де  $\eta_T$  – енергетична ефективність на етапі трансформування теплоносія у теплових мережах, прийнята такою, що дорівнює середньому показнику в Україні 0,87;  $\eta_\Sigma = \eta_T \cdot \eta_K$  – підсумковий ККД трансформації теплоти для енергозберігальних заходів на рівні споживання;  $k_{cn} = 1 / \eta_\Sigma = 1 / \eta_T \cdot \eta_K$  – коефіцієнт перетворення первинної енергії відносно заходів з енергозбереження на рівні споживання енергії, визначається за результатами енергетичного аудиту системи теплопостачання відповідно до фактичних значень ККД на кожному з етапів трансформації теплоти.

Економія первинного палива  $\Delta B$ , яку можна отримати за рахунок підвищення ефективності процесу вироблення енергії (при зменшенні втрат у самому джерелі енергії і збільшенні ККД в котельні), визначається відповідно до залежності (8):

$$\Delta B = \frac{Q_K}{Q_H^P} \left( \frac{1}{\eta'_K} - \frac{1}{\eta''_K} \right), \tag{8}$$

де  $Q_K$  – кількість теплоти, яку необхідно виробити у джерелі теплоти, для забезпечення потреб життєдіяльності людини або здійснення виробничих

процесів;  $\eta'_k$  – ККД виробленої енергії до впровадження енергозберігальних заходів, част. од.;  $\eta''_k$  – ККД виробленої енергії після впровадження енергозберігальних заходів, част. од.

Отже, енергозберігальні заходи, які впроваджуються на етапі споживання теплоти, мають найбільший вплив (порівняно з етапами транспортування і вироблення теплової енергії) на значення скорочення витрат палива в котельні (за умови отримання однакового значення економії теплоти).

Вплив на значення економії палива у котельні за умов впровадження енергозберігальних заходів на етапі споживання теплоти перевищує аналогічний показник за умов впровадження заходів на етапі транспортування для існуючої середньої ефективності трансформації теплоти в Україні в 1,15...1,25 рази на кожну одиницю зекономленої теплоти.

Нормативне значення коефіцієнта перетворення первинної енергії  $k$ , для енергозберігальних заходів у централізованих системах теплопостачання на етапі споживання енергії має бути встановлене на національному рівні, з огляду на фактичний стан розвитку комунальної енергетики, викликів сьогодення та стратегічних планів розвитку галузі. Нормативами ЕМ 15603 для країн ЄС такий коефіцієнт беруть, залежно від виду первинного енергоносія, у таких межах:

- для нафтового палива  $k_{сп.} = 1,35$ ;
- для природного газу – 1,36;
- для антрациту – 1,19;
- для бурого вугілля – 1,4;
- для дров із хвойних порід – 1,1;
- для електроенергії ГЕС – 1,5;
- для електроенергії від вугільних ТЕС – 4,05;
- для електроенергії від когенераційних станцій – 3,31.

Основним методом економії енергії в будівлях ВНЗ є приведення будівель та їх інженерних систем до стану енергоефективних, тобто таких, у яких передбачені оптимальні інженерні методи, системи і заходи з ефективного використання та економії енергії, а також впровадження нетрадиційних джерел енергії.

Оптимальна форма та розміщення будинку на місцевості у поєднанні з високими теплозахисними характеристиками огорожень, впровадження теплонасосних установок для опалення і гарячого водопостачання, використання активних і пасивних сонячного опалення разом із рекуперацією теплоти витяжного відпрацьованого повітря у системах вентиляції, оснащенням будівлі енергоефективними електричними приладами і системами освітлення дають можливість зменшити значення максимальних тепловитрат на потреби опалення до значень  $E_{max} = 15$  кВт·год / м<sup>2</sup> за опалювальний період, а загальні витрати енергії на опалення, гаряче водопостачання і електроенергію для побутових потреб до 120 кВт·год / м<sup>2</sup> на рік. Будинки з такими характеристиками називають «пасивними».

Відповідно до сучасних будівель в Україні, які подані у таблиці, значення максимально можливих питомих тепловитрат на опалення становить  $E_{max} = 45...104$  кВт·год / м<sup>2</sup>, залежно від температурної зони (температури зовнішнього повітря і тривалості періоду з низькими температурами), поверхні будинку та його об'єму.

Зменшення витрат енергії будинком здійснюється за рахунок мінімізації втрат теплоти – використання огорожень з максимально можливим і економічно доцільним шаром утеплення, компактності форми і оптимізації орієнтації за сторонами горизонту, максимального використання джерел вторинних і відновлювальних енергоресурсів, мінімізації витрат електроенергії, але головним є принцип *максимально можливого використання наявних теплонадходжень у будинку*.

Таблиця

**Нормативні максимальні тепловитрати  $E_{max}$  багатопверхових житлових будинків (гуртожитків, готелей) станом на 2006 рік, кВт·год / м<sup>2</sup>; (кВт·год / м<sup>3</sup>)**

Кількість поверхів у будинку	Значення $E_{max}$ для температурної зони			
	1	2	3	4
Від 1 до 3, опалювальною площею понад 1000 м <sup>2</sup>	104	90	76	62
Від 4 до 5	89; (32)	77; (28)	65; (24)	53; (19)
Від 6 до 7	83; (30)	72; (26)	61; (22)	50; (18)
Від 8 до 9	79; (25)	69 (25)	58; (21)	48; (17)
Від 10 до 11	75; (27)	65; (23)	55; (20)	45; (16)

Зауважимо, що усе зазначене повинно відповідати принципу економічної доцільності. «Пасивний» будинок має бути споруджений без надмірних витрат коштів, а інвестиції, вкладені у його побудову, – окупними. Адже «пасивний» будинок призначений саме для заощадження енергії та коштів. З цієї причини просте копіювання закордонних нормативних характеристик, які визначають критерії «пасивності» в умовах різних температурних зон України, для будинків різного об'єму і призначення неприпустиме.

Не слід також забувати, що під час впровадження «пасивних» будинків у країнах ЄС частина додаткових витрат на вікна, огороження та інженерні системи з поліпшеними енергозберігаючими характеристиками компенсується за рахунок різноманітних програм. Це і відкриття спеціальних кредитних ліній, і податкові державні пільги, і регіональні програми сприяння. В Україні такі умови поки ще відсутні.

Насамкінець наведемо деякі теплозахисні характеристики огорожень, які застосовуються під час спорудження «пасивних» будинків у країнах ЄС, і порівняємо їх з чинними в Україні нормативами відповідно до вимог ДБН В.2.6-31:2006 «Теплова ізоляція будівель».

Коефіцієнт теплопередачі огорожень (кількість теплоти у Вт, яка втрачається на 1 м<sup>2</sup> огороження при передачі температури в 1 °С), становить такі величини:

- для зовнішніх непрозорих огорожень «пасивного» будинку  $K=0,1$  Вт/м<sup>2</sup>·град. (для зовнішніх стін житлових і громадських будинків 1-ї температурної зони в Україні  $K=0,36$  Вт/м<sup>2</sup>·град.; для покриття і перекриття неопалювальних горищ  $K=0,2$  Вт/м<sup>2</sup>·град.);

- для засклення «пасивного» будинку  $K=0,6...0,8$  Вт/м<sup>2</sup>·град. (для вікон і світлопрозорих фасадів 1-ї температурної зони в Україні  $K=1,6...2,0$  Вт/м<sup>2</sup>·град.);

- для входних дверей «пасивного» будинку  $K=0,75$  Вт/м<sup>2</sup>·град. (для входних дверей 1-ї температурної зони в Україні  $K=2,3$  Вт/м<sup>2</sup>·град.);

- кількість повітря, яке видаляється з будинку – 30 м<sup>3</sup>/год на особу (для житлового будинку з об'ємом приміщення 250 м<sup>3</sup> – 250 м<sup>3</sup>/год).

За результатами цього порівняння можна констатувати, що нормативні значення теплозахисних характеристик за прийнятими в останні роки державними будівельними нормами для огорожень досить близькі до відповідних норм для «пасивних» будинків.

З метою поступу від енергоефективних до «пасивних» будинків необхідно розробити економічно обгрунтовану нормативну базу, яка визначить мінімально можливі значення питомих енерговитрат для «пасивного» будинку з урахуванням особливостей клімату України, характеристик самих будівель, їх оснащення, вимог будівельних норм і санітарно-гігієнічних нормативів (у тому числі стосовно вентиляції) будівель.

## Висновок

Таким чином, забезпечення комфортних параметрів життєдіяльності людини у житлових і громадських будівлях за умови максимально можливого використання наявних теплонадходжень у будівлях, мінімізація втрат енергії, використання вторинних і відновлювальних енергоресурсів і можливості індивідуального регулювання параметрів мікроклімату у приміщеннях є перспективним шляхом розвитку систем тепlopостачання, у тому числі в гуртожитках і навчальних корпусах ВНЗ.

## Список літератури

1. Табуничиков Ю.А. Энергоэффективные здания / Ю.А. Табуничиков, М.М. Бродач, Н.В. Шилкин – М.: АВОК-ПРЕСС, 2003. – 200 с.
2. Демченко В.В., Чуприна Х.М., Невмержицький О.В. Методи підвищення енергоефективності будівлі // Управління розвитком складних систем. – 2013. – Вип. 16 (16). – С. 138 – 143.
3. Галузева програма підвищення енергоефективності у будівництві на 2010-2014 роки, що затверджена Наказом Міністерства регіонального розвитку та будівництва України від 30.06.2009 №257.
4. Табуничиков Ю.А. Математическое моделирование и оптимизация тепловой эффективности зданий / Ю.А. Табуничиков, М.М. Бродач – М.: АВОК-ПРЕСС, 2002. – 194 с.
5. Нечепуренко Д.С. Систематизація організаційно-технологічних факторів, які впливають на тривалість та вартість реалізації енергозберігаючих проектів комплексної реконструкції житлової забудови / Д.С. Нечепуренко // Строительство, материаловедение, машиностроение. Днепропетровск: ГВУЗ «ПГАСА», 2014. – Вып. 74. – С. 120-126.
6. Поколенко В.О., Чуприна Ю.А., Приходько Д.О. Модернізація ресурсно-календарних моделей для потреб системного поліпшення процесів організації будівництва // Управління розвитком складних систем. – 2011. Вип. 05 (05). – С. 30 – 34.

7. Харченко Д.С. Аналіз сучасного стану проблеми енергозбереження в житлово-комунальній сфері України / Д.С. Харченко // *Комунальное хозяйство городов. Серия: технические науки и архитектура.* – К.: Техніка, 2010. – Вып. 95. – С. 278-280.
8. Чуприна Х.М. Интегрирована єдина енергетична модель будівлі // *Управління розвитком складних систем.* – 2014. – Вып. 17. – С. 125 – 131.
9. Талапов В.В. Основы BIM. Введение в информационное моделирование зданий. – М.: «ДМК-пресс». 2011. – 392 с.
10. Емельянов В.В. Теория и практика эволюционного моделирования / В.В. Емельянов, В.В. Курейчик, В.М. Курейчик – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2003. – 432 с.

## References

1. Tabunskykov, Y.A., Brodach, M.N. & Shilkina, N.V. (2003). *Energy-efficient of the building.* Moscow, Russia: Avoca-Press, 200.
2. Demchenko, V.V., Chupryna, H.M., & Nevmerzhitsky, A.V. (2013). *Methods to improve the energy efficiency of the building. Management of development of complex systems: 16 (16), 138 - 143.*
3. *Sectoral Energy Efficiency Programs in construction for 2010-2014, approved by Decree of the Ministry of Regional Development and Construction of Ukraine from 30.06.2009 №257.*
4. Tabunskykov, Y.A. (2002). *Mathematical Modeling and optimization of thermal buildings of effectiveness / Y.A. Tabunskykov, M.N. Brodach.* Moscow, Russia: Avoca-Press, 194.
5. Nechepurenko, D.S. (2014). *Ordering of organizational and technological factors affecting the length and cost of energy saving projects comprehensive reconstruction of residential development. Construction, materials, engineering. Dnepropetrovsk, Ukraine: HVUZ "PHASA", 74, 120-126.*
6. Pokolenko, V.A. Chupryna, Y.A., & Prikhodko, D.O. (2011). *Modernization resource calendar models for system needs improvement processes of construction. Management of development of complex systems: 05 (05), 30-34.*
7. Kharchenko, D.S. (2010). *Analysis of the current state of the problem of energy conservation in housing and communal services Ukraine. Communal Improvement cities. Series: technical science and architecture. Kyiv, Ukraine: Engineering, 95, 278-280.*
8. Chupryna, H.M. (2014). *Integrated unified energy model building. Management of development of complex systems: 17 (17), 125 - 131.*
9. Talapov, V.V. (2011). *Fundamentals of BIM. Introduction to Modeling Informational delivered. Moscow, Russia: "DMK-press", 392.*
10. Emelyanov, V.V., Kureychyk, V.V. & Kureychyk, V.M. (2003). *Theory and practice of evolutionary modeling. Moscow, Russia: FYZMATLYT, 432.*

Стаття надійшла до редколегії 21.10.2014

**Рецензент:** д-р техн. наук, проф. В.О. Поколенко, Київський національний університет будівництва і архітектури, Київ.