

УДК 697.133

О.В. АНДРОНОВА, Є.О. БАГАНОВ, В.В. КУРАК, А.М. АНДРІЄНКО  
Херсонський національний технічний університет**ЕНЕРГЕТИЧНЕ ОБСТЕЖЕННЯ НАВЧАЛЬНОГО КОРПУСУ №3  
ХЕРСОНСЬКОГО НАЦІОНАЛЬНОГО ТЕХНІЧНОГО УНІВЕРСИТЕТУ**

*У роботі наведено результати енергетичного обстеження навчального корпусу №3 Херсонського національного технічного університету, проведеного співробітниками кафедри енергетики, електротехніки і фізики за участі студентів п'ятого курсу спеціальності „Нетрадиційні та відновлювані джерела енергії”. Аналіз результатів обстеження дозволив розробити першочергові заходи з енергозбереження, спрямовані на зменшення споживання енергоносіїв будівлею навчального корпусу.*

*Ключові слова: енергетичне обстеження, енергозбереження, тепловитрати, енергоефективність.*

E.V. ANDRONOVA, Ye.A. BAGANOV, V.V. KURAK, A.N. ANDRIENKO  
Kherson National Technical University**ENERGY AUDIT OF EDUCATIONAL BUILDING N3 OF KHERSON NATIONAL  
TECHNICAL UNIVERSITY****Abstract**

*In this work results of energy audit of the educational building №3 of Kherson National Technical University are presented. The audit has been carried out by employees of department of power, electrical engineering and physics with involving of the fifth-year students of speciality „Nonconventional and renewable energy sources”. The analysis of results of inspection has allowed to develop prime energy-saving actions, aimed at reduction of energy carriers consumption of this educational building.*

*Keywords: energy audit, energy saving, energy losses, energy efficiency.*

**Постановка проблеми**

В умовах тотальної нестачі енергетичних ресурсів у країні та браку фінансування комунальних потреб державних установ першочерговим завданням є розробка заходів, спрямованих на економію паливно-енергетичних ресурсів за рахунок скорочення їх потреби. Певного позитивного результату можна досягти за рахунок організаційних заходів, як-то популяризації та мотивації енергоощадної поведінки серед співробітників та студентів. Але для досягнення максимального ефекту економії, вираженого як в натуральних, так і фінансових показниках, необхідно здійснити комплексний аналіз структури енергоспоживання об'єкту з виходом на конкретні заходи з енергозбереження, реалізація яких часто потребує доволі значних капіталовкладень і впроваджується поетапно [1]. Початковим етапом на цьому шляху є енергетичне обстеження, що базується на зборі та систематизації інформації про структуру енергоспоживання об'єкта і дає змогу визначити потенціал енергоресурсозбереження конкретного заходу з економії паливно-енергетичних ресурсів, вартість його впровадження та термін окупності.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій**

Згідно з [2], заходи з енерго- та ресурсозбереження поділяються на довгострокові високовитратні з терміном окупності понад 5 років, середньовитратні з терміном окупності від 2 до 5 років та першочергові маловитратні з терміном окупності менше 2 років. Причому показники ефективності впровадження енергозберігаючих технологій та заходів з економії паливноенергетичних ресурсів змінюються в широких межах. Так, наприклад, маловитратні заходи, як-то встановлення радіаторних рефлекторів, періодичне промивання систем опалення, дає потенційну економію до 5% від спожитої теплоти, тоді як високовитратні заходи з утеплення зовнішніх огорожуючих конструкцій будівлі можуть дати до 50% економії витрат на опалення [3].

Пошук можливостей енергозбереження і допомога суб'єктам господарювання у визначенні напрямків ефективного енерговикористання є головною метою енергетичного аудиту – енергетичного обстеження підприємств, організацій, будинків і окремих виробництв. Призначенням енергетичного аудиту є вирішення таких задач, як: складання карти використання об'єктом паливно-енергетичних ресурсів; розробка організаційних і технічних заходів, спрямованих на зниження втрат енергії; визначення потенціалу енергозбереження; фінансова оцінка енергозберігаючих заходів [4].

За обсягами робіт, що проводяться, енергетичні обстеження будівель поділяються на прості (експрес-обстеження) та повні (комплексні) інструментальні обстеження. Також допускаються будь-які

комбінації видів енергетичних обстежень.

У ході експрес-обстеження енергоаудитор здійснює: збір та вивчення нормативно-технічних матеріалів за тематикою робіт та профілем обстежуваного об'єкта; збір та аналіз звітних даних з енерговикористання, режимної та технологічної документації, паспортів енергоємного обладнання, матеріалів режимно-налагоджувальних робіт та інше; визначення за звітними даними, даними приладового обліку та за результатами необхідних розрахунків укрупненої структури енергоспоживання за цільовим призначенням та видах енергоносіїв; визначення найбільш важливих та значних енергоспоживаючих об'єктів (складових об'єкта), що підлягають більш детальному обстеженню; проведення енергообстежень визначених об'єктів; проведення необхідних вимірювань та розрахунків; укрупнену оцінку потенціалу енергозбереження по окремих обстежуваних об'єктах; експертне визначення першочергових заходів з енергозбереження та оцінку їх ефективності [5].

Отже, простий енергоаудит забезпечує базове енергетичне обстеження, дозволяє зробити загальні висновки про споживання енергії, приділяє увагу порівняно невеликій кількості стандартних заходів для економії енергії.

#### Формулювання мети дослідження

Метою даної роботи була оцінка можливості підвищення ефективності енергоспоживання навчальним корпусом №3 Херсонського національного технічного університету шляхом проведення простого енергетичного аудиту будівлі.

#### Викладення основного матеріалу дослідження

Енергетичне обстеження навчального корпусу №3 Херсонського національного технічного університету проводилось у 2013-2014 навчальному році співробітниками кафедри енергетики, електротехніки і фізики із залученням студентів п'ятого курсу спеціальності «Нетрадиційні та відновлювані джерела енергії» в рамках виконання дипломних робіт.

Під час енергетичного аудиту здійснювалось обстеження зовнішніх огорожувальних конструкцій, систем опалення та вентиляції будівлі, збір та аналіз звітних даних з енергоспоживання.

У ході проведення зовнішнього огляду та обміру геометричних розмірів будівлі встановлено, що стіни, виконані з цегляної кладки товщиною 510 мм на основі силікатної цегли на цементно-піщаному розчині, місцями мають тріщини, спостерігається часткове руйнування зовнішнього шару фасаду.

При обстеженні виявлено 11 типорозмірів вікон загальною кількістю 304 одиниці. Загальна площа вікон 1472 м<sup>2</sup>, з них: площа металопластикових вікон становить 220 м<sup>2</sup>, дерев'яних вікон – 1084 м<sup>2</sup>, 100 м<sup>2</sup> склоблоків та 68 м<sup>2</sup> вікон з одинарним плетінням в металевих рамах. Площа вхідних дверей становить 25,5 м<sup>2</sup>, двері неутеплені, тамбур організований лише на центральному вході. На перекриттях верхнього поверху виявлено сліди протікання. Будівля має тепле горище. Підвал опалюваний, мають місце тріщини на стінах, подекуди відсутня штукатурка.

Будівля обладнана тепловим вузлом та насосною, розташованими у підвальному приміщенні. Система водяного опалення вертикальна двотрубна з верхньою розводкою. Радіатори чавунні, утеплені в стіни. Вентиляція знаходиться в робочому стані.

Звітні дані зі споживання енергоносіїв представлено на рис.1 та рис. 2.

Оскільки основними споживачами електроенергії є система освітлення та комп'ютерна техніка, то збільшення споживання електричної енергії в осінньо-зимовий період (рис. 1) пов'язано, насамперед, зі скороченням світлового дня та збільшенням годин використання освітлення. Крім того, має місце застосування електрообігрівачів для доведення температурного режиму в приміщеннях до більш комфортного. Літній період характеризується мінімальним споживанням електрики, що пов'язано з графіком навчального процесу, який передбачає літні канікули та відпустки працівників у липні – серпні. У той же час, порівняння показників споживання електричної енергії за 2012 та 2013 роки демонструє зростання річного споживання на 3 %.

Порівняння спожитої теплоти (рис. 2) з розрахунковою кількістю градусо-днів у відповідному місяці року (ламана лінія) показало невідповідність кількості теплоти, що споживається будівлею, зовнішнім температурним умовам. Це свідчить про неефективне регулювання параметрів теплоносія, що подається в систему опалення. Крім того, температура у приміщеннях є нижчою за норму, що пояснюється як термічною недосконалістю огорожувальних конструкцій, так і заниженими показниками температури теплоносія у системі центрального опалення.

На рис. 3 представлено структуру поділу фінансових витрат на енергоносії та воду для корпусу №3 ХНТУ станом на 2012 р. Оскільки платежі за теплову енергію займають домінуючу частку в оплаті за комунальні послуги (85 %), то зменшення споживання саме теплової енергії потенційно може дати найбільший економічний ефект [6].

Для виявлення можливих шляхів зменшення споживання теплової енергії розроблено енергопаспорт та складено тепловий баланс навчального корпусу №3 ХНТУ згідно методик, наведених в [7, 8]. Як показали розрахунки, фактичні значення приведенного опору теплопередачі зовнішніх огорожувальних конструкцій менші за нормативні значення, що призводить до суттєвих тепловтрат:

розрахункові питомі тепловитрати будівлі становлять 85 кВт·год/м<sup>3</sup>, а максимальне допустиме значення питомих тепловитрат на опалення будинку згідно норм складає 28 кВт·год/м<sup>3</sup>, отже будівля відноситься до найнижчого класу енергоефективності F та потребує термомодернізації [9].

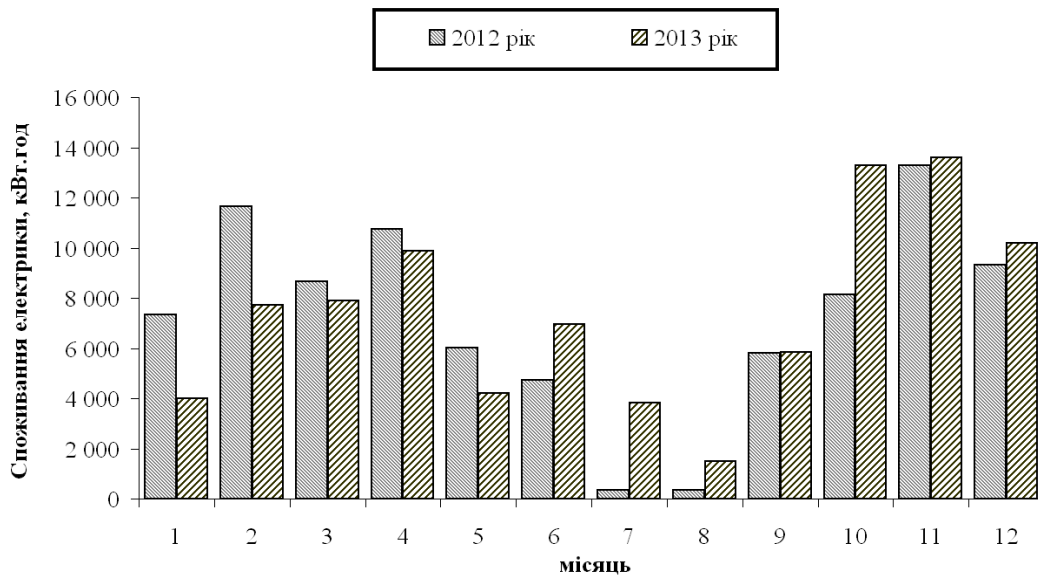


Рис. 1. Споживання електроенергії навчальним корпусом №3 ХНТУ за 2012 та 2013 рр.

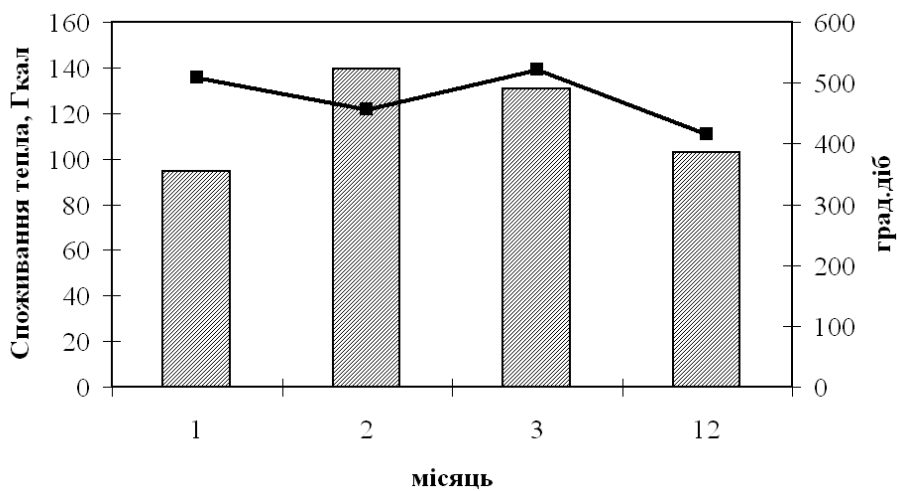


Рис. 2. Споживання теплової енергії навчальним корпусом № 3 ХНТУ за 2012 р.

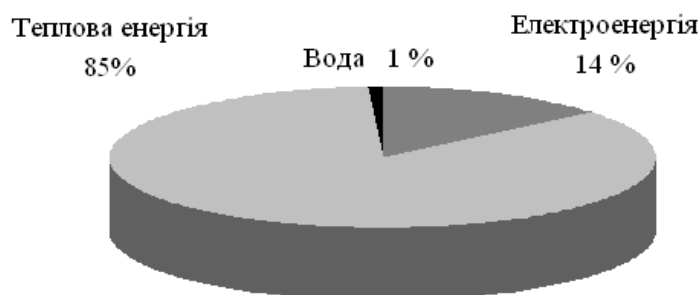


Рис. 3. Розподіл витрат на оплату енергоносіїв та води за 2012 р.

Основні витрати теплоти йдуть на нагрівання повітря, що надходить у приміщення через вентиляцію (32%) та шляхом інфільтрації (21%). Крізь вікна та стіни втрачається загалом 33% тепла, крізь перекриття останнього поверху – 12 % (рис. 4). Тому для підвищення класу енергоефективності

будівлі необхідно у першу чергу реалізувати заходи з мінімізації впливу найбільш вагомих джерел тепловтрат.

Розглянуто можливості енергозбереження (МЕЗ) шляхом утеплення фасаду, заміни та реставрації вікон, теплоізоляції горища та встановлення системи вентиляції з рекуперацією тепла. Для цих заходів розраховані витрати на впровадження та річна економія за цінами кінця 2014 р., а також відповідні періоди окупності (табл. 1). Як видно з табл. 1, запропоновані МЕЗ відносяться до середньо- та багатовитратних, і в разі одночасної реалізації потребують близько 3,3 млн. грн. з орієнтовним періодом окупності 6 років.

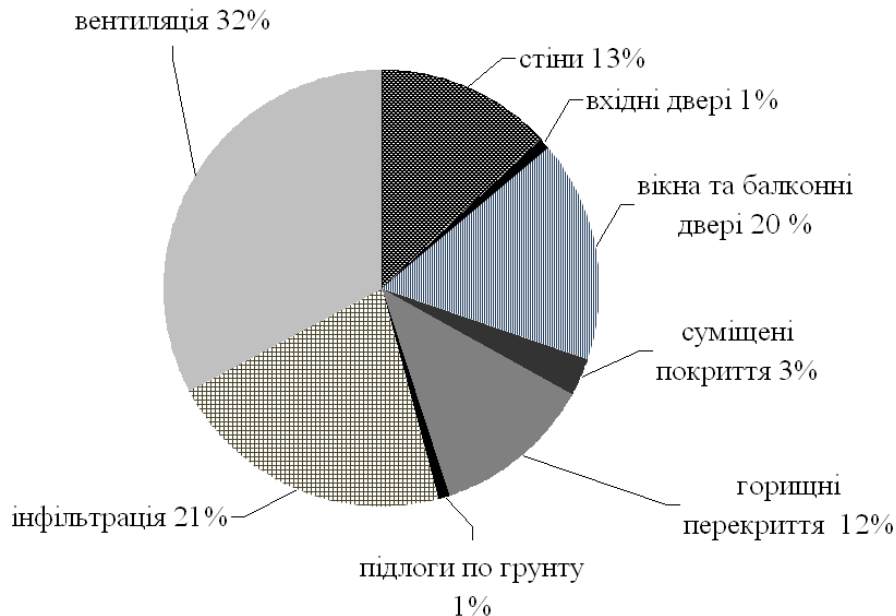


Рис. 4. Розподіл втрат тепла будівлею

Таблиця 1

**Економічні показники впровадження МЕЗ**

| Назва МЕЗ                                       | Витрати на впровадження МЕЗ, тис. грн. | Річна економія, тис. грн./рік | Період окупності, роки |
|---|--|-------------------------------|------------------------|
| Встановлення системи вентиляції з рекуператором | 486                                    | 296                           | 1,6                    |
| Теплоізоляція покрівлі                          | 556                                    | 70                            | 7,9                    |
| Теплоізоляція фасаду                            | 749                                    | 74                            | 10,1                   |
| Заміна вікон на енергоефективні                 | 1504                                   | 93                            | 16,2                   |
| Сумарно за всіма МЕЗ:                           | 3295                                   | 533                           | 6,2                    |

Зазвичай рекомендовано впроваджувати МЕЗ за принципом від найменшого до більшого терміну окупності. Зважаючи на це, МЕЗ із заміни вікон, що має найбільший період окупності, з економічної точки зору виглядає недоречним. Проте, з огляду на суттєву частку тепловтрат через прозорі огорожуючі конструкції (див. рис. 4), цей захід з енергозбереження є вагомим, оскільки дозволяє економити 4,2 % від споживання теплоти на опалення.

Заміна вікон на енергоефективні не є самодостатнім заходом при термомодернізації будівлі і потребує модернізації системи вентиляції. Це пов'язано з більшою герметичністю металопластикових вікон у порівнянні з існуючими, що призводить до зменшення кратності повітрообміну шляхом інфільтрації, а це, у свою чергу, викликає підвищення вологості повітря у приміщеннях та конденсацію вологи на поверхні огорожуючих конструкцій [10]. Тому встановлення ефективної системи вентиляції є необхідним для доведення кратності повітрообміну до нормативної та забезпечення умов комфортності у приміщеннях.

Існує декілька можливих варіантів енергозберігаючих систем вентиляції: каналні установки, геотермальні вентиляційні системи та децентралізовані системи вентиляції з рекуперацією тепла [11]. У якості МЕЗ запропоновано встановлення системи примусової вентиляції з рекуперацією тепла з ефективністю рекуперації 80 %, можливістю програмування за розкладом та календарем. Найменший

термін окупності даного МЕЗ у порівнянні з іншими, зазначеними в табл. 1, пояснюється значною економією теплової енергії – 25 % від споживання теплоти на опалення.

Поряд з цим, можлива реалізація МЕЗ, спрямованих лише на підвищення опору теплопередачі зовнішніх огорожуючих конструкцій будівлі, як-то теплоізоляція фасаду та покрівлі, заміна вікон на енергоефективні. Це надасть можливість зменшення споживання теплоти на опалення вдвічі, при цьому клас енергоефективності будівлі підвищиться з F до E. У той же час, при упровадженні всього комплексу запропонованих МЕЗ, включно із встановленням енергозберігаючої системи вентиляції, споживання теплоти будівлею знижується на 75 % у порівнянні з існуючим, а клас енергоефективності підвищується до класу B.

На рис. 5 показано розрахунковий розподіл втрат тепла будівлею після упровадження повного комплексу запропонованих заходів з енергозбереження.

Як впливає з порівняльного аналізу рис. 4 та рис. 5, розподіл втрат тепла у результаті термомодернізації будівлі змінився незначним чином. Так, частка втрат тепла на інфільтрацію та вентиляцію становлять, як і раніше, близько 50% від загального споживання теплоти на опалення, значним залишається відсоток втрат через світлопрозорі огорожуючі конструкції. Це є очікуваним результатом, оскільки під час запропонованих заходів з термомодернізації конструкція будівлі не зазнає принципових перетворень, що призводять, наприклад, до зміни коефіцієнту скління фасадів, показника компактності тощо. Однак, навіть без внесення змін до конструкції будівлі, запропонований комплекс МЕЗ дозволяє досягти суттєвого зменшення питомих тепловитрат на опалення з існуючих 85 кВт·год/м<sup>3</sup> до ~ 20 кВт·год/м<sup>3</sup> та підвищити клас енергоефективності будівлі навчального корпусу №3 з нинішнього F до класу B.

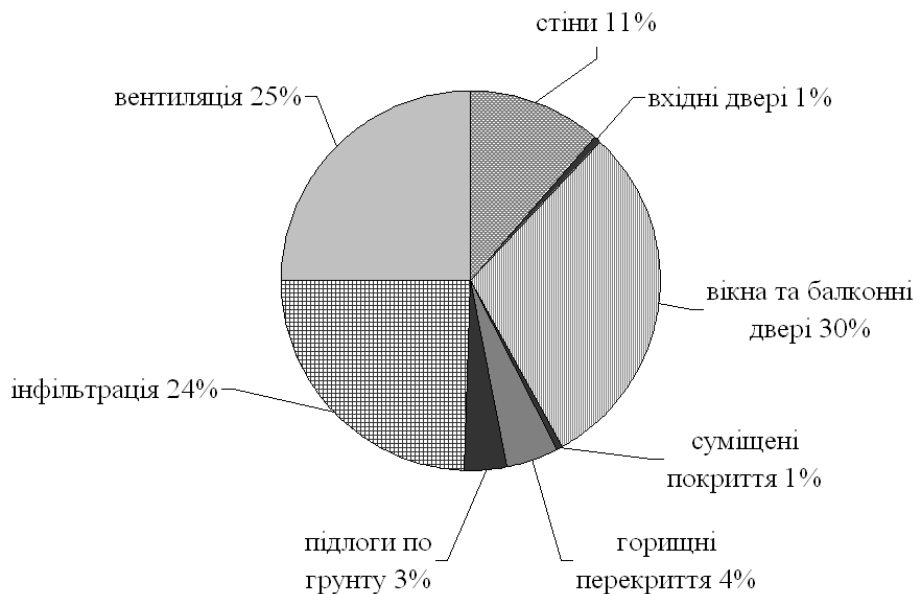


Рис. 5. Розподіл втрат тепла будівлею після термомодернізації

#### Висновки

На основі аналізу даних енергетичного обстеження навчального корпусу №3 Херсонського національного технічного університету показано, що для більш раціонального використання енергоносіїв необхідно у першу чергу провести комплекс заходів, спрямованих на підвищення опору теплопередачі зовнішніх огорожуючих конструкцій. Це дозволить скоротити теплоспоживання об'єкта на 50 % та підвищити клас енергоефективності будівлі до рівня E. Реалізація додаткових заходів з модернізації вентиляції будівлі шляхом встановлення системи з рекуперацією тепла та автоматизованим керуванням режимом роботи дозволять підвищити енергоефективність будівлі до класу енергоефективності B.

#### Список використаної літератури

1. Енергетичний аудит об'єктів житлово-комунального господарства: монографія / Розен В.П., Соловей О.І., Бржестовський С.В. [та ін.]; за ред. В.П. Розена, О.І. Солов'я. – К.: ППВКФ „ДЕЛЬТА ФОКС”, 2007. – 224с. – ISBN 978-966-96808-0-8
2. Методичні рекомендації оцінки економічної ефективності інвестицій в енергозберігаючі проекти на підприємствах житлово-комунального господарства // Колегія державного комітету України з

- питань житлово-комунального господарства (Держжитлокомунгосп). – Наказ №218 від 14.12.2007 р.
3. Методика проведення енергетичного аудиту закладів освіти. Загальні положення. Порядок проведення / В. І. Дешко та інш. – К.: КПІ, 2009. – 75 с.
  4. Маляренко В.А. Энергосбережение и энергетический аудит. Учебное пособие / В.А. Маляренко, И.А. Немировский. – Харьков: ХНАГХ, 2008. – 253с. с прил.
  5. Типова методика «Загальні вимоги до організації та проведення енергетичного аудиту» // Національне агентство України з питань забезпечення ефективного виокристання енергетичних ресурсів. – Наказ № 56 від 20.05.2010 р.
  6. Дзядикевич Ю.В. Энергетичний менеджмент / Ю.В. Дзядикевич, М.В. Буряк, Р.І. Розум. – Тернопіль: Економічна думка, 2010. – 295с.
  7. Настанова з розроблення та складання енергетичного паспорта будинків при новому будівництві та реконструкції: ДСТУ-Н Б А.2.2-5:2007. – [Чинний від 01-07-2008] // Мінрегіонбуд України. – К.: Укрархбудінформ, 2008. – 42 с.
  8. Теплова ізоляція будівель: ДБН В.2.6-31:2006. – [Чинні від 01-04-2007] // Мінбуд України. – К.: Укрархбудінформ, 2006. – 65 с
  9. Горбатовский О. Энергозбереження в будівлях. Клас енергоефективності [Електронний ресурс] // Національний портал з енергозбереження „Patriot-nrg” [сайт]. – Режим доступу: <http://www.patriot-nrg.ua/ukr> (02.02.2015). – Загл. с екрана.
  10. Энергосберегающие системы вентиляции „ПРАНА” [Электронный ресурс] // Теплодом. Энергосберегающие технологии [сайт]. – Режим доступа: <http://sevteplodom.com.ua/tag/енергосберегающие-системы-вентиляци/> (22.01.2012). – Загл. с экрана.
  11. Энергосберегающая вентиляция [Электронный ресурс] // Частное акционерное общество «Вентс» [Сайт]. – Режим доступа: <http://vents.ua/cat/energy-saving/> – Загл. с экрана.