

УДК 699.86+697.14

РЕЗУЛЬТАТИ ЕНЕРГЕТИЧНОГО АУДИТУ АДМІНІСТРАТИВНОЇ БУДІВЛІ

ЮРЧЕНКО Є.Л.^{1*}, к.т.н., доц.КОВАЛЬ О.О.², к.т.н., с.н.с.ПІПА В.В.³, к.т.н.АДЕГОВ О.В.⁴, к.т.н., доц.КОВТУН К.А.⁵, магістр

^{1*} Кафедра залізобетонних і кам'яних конструкцій, Державний вищий навчальний заклад "Придніпровська державна академія будівництва та архітектури", вул. Чернишевського 24а, Дніпропетровськ 49600, Україна, тел. +38 (0562) 46-10-36, e-mail: yel@mail.pgasa.dp.ua, ORCID ID: 0000-0002-9356-3261

² Придніпровський науково-освітній інститут інноваційних технологій в будівництві, Державний вищий навчальний заклад "Придніпровська державна академія будівництва та архітектури", вул. Чернишевського 24а, Дніпропетровськ 49600, Україна, тел. +38 (0562) 46-10-55, e-mail: 13koval@gmail.com, ORCID ID: 0000-0001-7805-6811

³ ТОВ «Капарол Дніпро», 52460 Дніпропетровська обл. с. Василівка, вул. Переможна, 1-3, Тел.: +380 56 785 55 29, www.caparol.ua, e-mail: pira@caparol.ua

⁴ Кафедра системного аналізу та моделювання у теплогазопостачанні, Державний вищий навчальний заклад "Придніпровська державна академія будівництва та архітектури", вул. Чернишевського, 24-а, 49600, Дніпро, Україна, тел. +38 (056) 756-34-06, e-mail: adegov@i.ua, ORCID ID: 0000-0001-8837-4936

⁵ Кафедра залізобетонних і кам'яних конструкцій, Державний вищий навчальний заклад "Придніпровська державна академія будівництва та архітектури", вул. Чернишевського 24а, Дніпропетровськ 49600, Україна, тел. +38 (0562) 46-10-36, e-mail: 3loe3lo@gmail.com

Анотація. Актуальність. В Україні налічується близько 600 тисяч будинків державної і колективної форми власності, в яких споживається 60% питної води і 41% теплової енергії. На опалення і вентиляцію будівель різного призначення витрачається більше 40% паливно-енергетичних ресурсів (ПЕР), які споживаються економікою України. **Метою** даної статті є проведення аналізу потенціалу проекту підвищення якості теплового захисту будівлі на прикладі адміністративної будівлі в м. Дніпро. **Результати.** Впровадження даного проекту дозволить щорічно заощадити на опаленні об'єкта 380 тис.грн. **Наукова новизна та практична значимість.** Отримано кількісні дані ефективності проекту підвищення енергоефективності, які характерні для бюджетних будівель і можуть бути використані в подальшому проектуванні.

Ключові слова: енергоаудит, підвищення енергоефективності; теплоізоляційна оболонка; тепловий захист; термореновація.

РЕЗУЛЬТАТЫ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО АУДИТА АДМИНИСТРАТИВНОГО ЗДАНИЯ

ЮРЧЕНКО Е.Л.^{1*}, к.т.н., доц.КОВАЛЬ Е.А.², к.т.н., с.н.с.ПІПА В.В.³, к.т.н.АДЕГОВ А.В.⁴, к.т.н., доц.КОВТУН К.А.⁵, магістр

^{1*} Кафедра железобетонных и каменных конструкций, Государственное высшее учебное заведение „Приднепровская государственная академия строительства и архитектуры”, ул. Чернышевского 24а, Днепропетровск 49600, Украина, тел. +38 (0562) 46-10-36, e-mail: yel@mail.pgasa.dp.ua, ORCID ID: 0000-0002-9356-3261

² Приднепровский научно-образовательный институт инновационных технологий в строительстве, Государственное высшее учебное заведение "Приднепровская государственная академия строительства и архитектуры", ул. Чернышевского 24а, Днепропетровск 49600, Украина, тел. +38 (0562) 46-10-55, e-mail: 13koval@gmail.com, ORCID ID: 0000-0001-7805-6811

³ ООО «Капарол Днепр» 52460 Днепропетровская обл.,с. Васильевка, ул. Переможна, 1-3, Тел.: +380 56 785 55 29, www.caparol.ua тел. +38 (0562) 47-02-98, e-mail: pira@caparol.ua

⁴ Кафедра системного анализа и моделирования в теплогазоснабжении, Государственное высшее учебное заведение "Приднепровская государственная академия строительства и архитектуры", ул. Чернышевского, 24-а, 49600, Днепр, Украина, тел. +38 (056) 756-34-06, e-mail: adegov@i.ua, ORCID ID: 0000-0001-8837-4936

⁵ Кафедра железобетонных и каменных конструкций, Государственное высшее учебное заведение „Приднепровская государственная академия строительства и архитектуры”, ул. Чернышевского 24а, Днепропетровск 49600, Украина,

e-mail: 3loe3lo@gmail.com

Аннотация. Актуальность. В Украине насчитывается около 600 тысяч зданий государственной и коллективной формы собственности, в которых потребляется 60 % питьевой воды и 41 % тепловой энергии. На отопление и вентиляцию зданий различного назначения расходуется более 40 % топливно-энергетических ресурсов (ТЭР), которые потребляются экономикой Украины. **Целью** данной статьи является проведения анализа потенциала проекта повышения качества тепловой защиты здания на примере административного здания в г. Днипро. **Результаты.** Внедрение данного проекта позволит ежегодно экономить на отоплении объекта 380 тыс. грн. **Научная новизна и практическая значимость.** Получены количественные данные эффективности проекта повышения энергоэффективности, которые характерны для бюджетных зданий и могут быть использованы в дальнейшем проектировании.

Ключевые слова: энергоаудит, повышение энергоэффективности; теплоизоляционная оболочка; тепловая защита; термомодернизация.

THE RESULTS OF THE ENERGY AUDIT OF THE ADMINISTRATIVE BUILDING

YURCHENKO Y.L.^{1*}, *Cand. Sc. (Tech.), Ass.-prof.*

KOVAL O.O.², *Cand. Sc. (Tech.)*

PIPA V.V.³, *Cand. Sc. (Tech.)*

ADEGOV A.V.⁴, *Cand. Sc. (Tech), Assoc. Prof.*

KOVTUN K.A.⁵, *master*

^{1*} Department of Reinforce-Concrete and Stone Structures, State Higher Education Establishment "Prydniprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture", Chernyshevsky St. 24a, Dnipropetrovsk 49600, Ukraine, tel. +38 (0562) 46-10-36, e-mail: yel@mail.pgasa.dp.ua, ORCID ID: 0000-0002-9356-3261

² Pridneprovsky Research and Educational Institute for Innovation Technology in Construction, State Higher Education Establishment "Prydniprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture", Chernyshevsky St. 24a, Dnipropetrovsk 49600, Ukraine, tel., тел. +38 (0562) 46-10-55, e-mail: 13koval@gmail.com, ORCID ID: 0000-0001-7805-6811

³ Caparol Dnipro LCC; 52460 Dnipropetrovskij reg., s. Vasiljwka, Peremozna str. 1-Z Tel.: +380 56 785 55 29 www.caparol.ua, e-mail: pipa@caparol.ua

⁴ Department of System Analysis and Modeling in Heat and Gas Supply, State Higher Education Establishment "Pridneprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture", 24-A, Chernishevskogo str., Dnipro 49600, Ukraine, phon. +38 (056) 756-34-06, e-mail: adegov@i.ua, ORCID ID: 0000-0001-8837-4936;

⁵ Department of Reinforce-Concrete and Stone Structures, State Higher Education Establishment "Prydniprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture", Chernyshevsky St. 24a, Dnipropetrovsk 49600, Ukraine, tel. +38 (0562) 46-10-36, e-mail: 3loe3lo@gmail.com

Abstract. Relevance. In Ukraine, there are about 600 thousand buildings of state and collective ownership, which consumed 60% of drinking water and 41% of thermal energy. In the heating and ventilation of various buildings consumes more than 40% of fuel and energy resources, which are consumed by the economy of Ukraine. **The purpose** of this article is to analyze the potential of the project to improve the quality of thermal protection of the building on the example of administrative building in Dnipro. **Results.** Implementation of this project will annually save on heating facility 380 000 UAH. **Scientific novelty** and **practical significance.** Quantitative data efficiency of the project to improve energy efficiency, which are characteristic of the budget of buildings and can be used in further design.

Keywords: energy audit, improving energy efficiency; Thermal insulation shell; thermal protection; Thermoheneration.

Актуальність теми досліджень.

Наразі в Україні все більш актуальною стає проблема, коли взимку мікроклімат в приміщенні є некомфортним, хоча до будинку подаються енергоносії, за які доводиться сплачувати значні кошти.

Однією з головних причин такої ситуації є втрати енергії та марнування ресурсів (електро- та теплоенергії, газу, холодної та гарячої води). Для встановлення джерел втрат енергії та розробки заходів щодо зменшення таких втрат,

енергоаудитори пропонують своїм клієнтам нову послугу — енергетичний аудит об'єктів. Енергетичний аудит (енергоаудит) дозволяє визначити наскільки ефективно використовуються паливно-енергетичні ресурси та розробити рекомендації для скорочення їх споживання.

Замовниками послуги енергетичного аудиту можуть бути:

- приватні особи (власники приватних/дачних будинків);

- суб'єкти господарювання, зареєстровані в Україні (голови ОСББ, ЖБК, керівники промислових підприємств, власники адміністративних будівель тощо);
- органи державної влади;
- органи місцевого самоврядування.

Після закінчення енергоаудиту, замовник отримує звіт з енергоаудиту та енергетичний паспорт об'єкта.

Звіт з енергоаудиту являє собою оцінку фактичного стану споживання енергетичних ресурсів для будівлі із визначенням класу енергоефективності (рис. 1). Також звіт міститиме перелік енергозаощаджувальних заходів, впровадження яких гарантуватиме суттєву економію при сплаті за комунальні послуги.

Звіт з енергетичного аудиту будівлі є передпроектним документом, тобто основою для виконання проектно-кошторисної документації на енергоефективну санацію (капітальний ремонт), а також документом без якого неможливо віднайти потенційного інвестора для виконання робіт (це може бути грант, позика банку, участь в державних, міжнародних програмах, проектах тощо).



Рис. 1. Ранжування класів енергоефективності / Ranking of energy efficiency classes

Метою статті є аналіз результатів проведеного енергетичного аудиту адміністративної будівлі в м. Дніпро, а саме: інструментального контролю теплотехнічних показників теплоізолюючої оболонки будівлі та її елементів; розробка енергетичного паспорта будівлі та рекомендацій щодо підвищення енергоефективності об'єкта.

Викладення основного матеріалу.

Об'єкт обстеження - шестиповерховий адміністративний будинок в м. Дніпро (рис. 2). Конструктивна схема будівлі - об'єкт виконаний по жорсткій стіновій конструктивній схемі з поздовжніми несучими стінами. Будівля без підвалу, з неопалюваним горищем.

Будівля була реконструйована в 2003 - 2004 рр.

Зовнішні огорожувальні конструкції:

- Зовнішні стіни - повнотіла цегляна кладка з керамічної цегли на цементно-піщаному розчині. Товщина стін 640 мм.

- Світлопрозорі конструкції (вікна, балконні двері, скління вхідної частини) - однокамерні склопакети (документація надана не була).

- Горище перекриття - утеплено шлаковим щебнем. Утеплювач ущільнений і нерівномірно розподілений по поверхні перекриття.



Рис. 2. Об'єкт енергоаудиту / Object of energy audit

Етапи роботи:

1. Інструментальне обстеження об'єкта - тепловізійна зйомка.

2. Розрахунок енергетичних параметрів будинку. Складання енергопаспорту.

3. Аналіз отриманих результатів, висновки і рекомендації.

На підставі виконаного інструментального обстеження зовнішньої огорожувальної оболонки будівлі та розрахунків енергетичних показників енергопаспорту об'єкта отримані наступні результати:

1.) На момент обстеження виявлені дефекти, які впливають на теплозахисні властивості огорожувальної оболонки будівлі та нормальну експлуатацію об'єкта в цілому, а також встановлено низький рівень температури теплоносія, що циркулює в існуючій системі опалення.

2.) При проведенні обстеження виявлено порушення діючих санітарно - гігієнічних і будівельних норм. За допомогою приладу - тепловізору testo 875-2 (серійний номер 1917617) були проведені заміри температур на внутрішніх поверхнях огорожувальних конструкцій будівлі. Отримані результати зведені в таблицю 1.

Результати, що наведені в таблиці, свідчать про порушення санітарно-гігієнічних вимог діючих будівельних норм у частині забезпечення комфортності приміщень (ДБН В.2.26-31: 2016 "Теплова ізоляція будівель" табл. 5). Так, різниця температур внутрішнього повітря в приміщенні і температури внутрішньої поверхні огорожувальної конструкції для громадської будівлі не повинна перевищувати 5⁰С. А мінімально допустима температура на внутрішній поверхні теплопровідних включень - відкоси дверних і віконних прорізів,

повинна бути не менш точки роси (п. 6.4.1. ДБН В.2.26-31: 2016).

Виявлені дефекти див. рис. 3 - 6: ("містки холоду" - віконні та дверні відкоси; нещільне прилягання віконних і дверних пакетів (наскрізні щілини притворів)), при від'ємних температурах зовнішнього повітря, можуть привести до промерзання окремих ділянок огорожувальних

конструкцій - відкосів віконних і дверних прорізів. Це тягне до завищених тепловтрат (до 15%), а згодом це може привести до пошкоджень із локальним руйнуванням огорожувальних конструкцій і внутрішнього оздоблення приміщень. Характерні ділянки огорожувальних конструкцій наведені в звіті про тепловізійну зйомку.

Таблиця 1

Результати інструментального контролю / Results of instrumental control

Зовнішні огороження	Температура на внутрішній поверхні $t_{в.п.}, ^\circ C$	Зовнішня температура повітря, $t_2, ^\circ C$	Внутрішня температура повітря приміщень (Норматив) $t_{в.}, ^\circ C$	Різниця температур, $t_{в.} - t_{в.п.}$
Зовнішні стіни	3 – 14	-10	+20	більш 6 $^\circ C$
відкоси віконних і дверних прорізів	-6 – +7			більш 13 $^\circ C$
підлога першого поверху	+3 – +12			більш 8 $^\circ C$

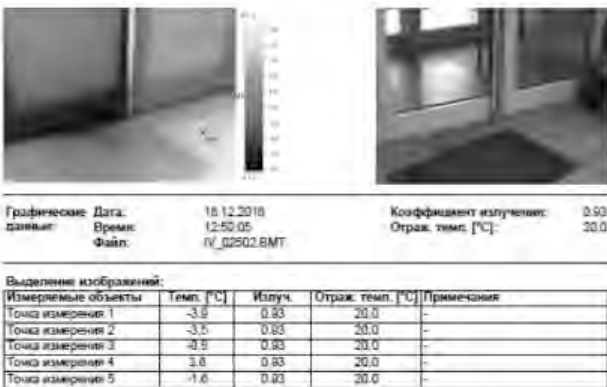


Рис. 3. Нещільне прилягання зовнішніх дверей / Incomplete fitting of exterior doors

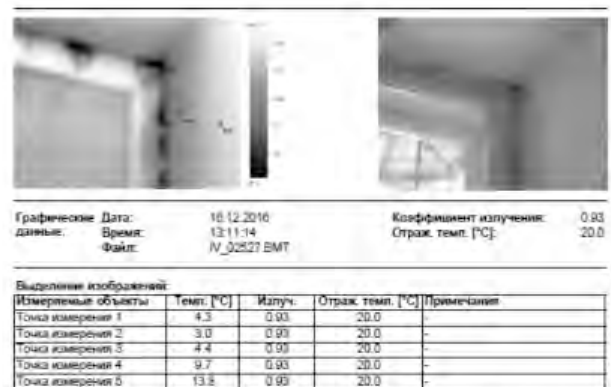


Рис. 5. Віконні відкоси / Window slopes

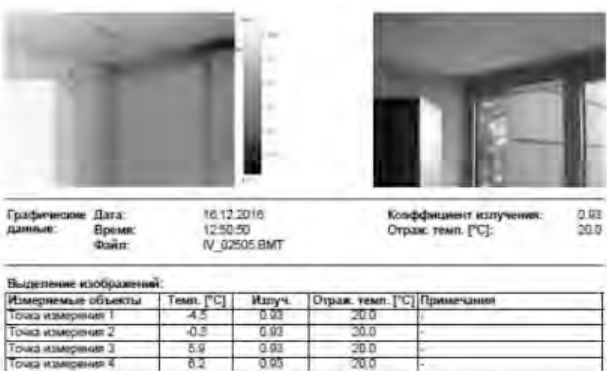


Рис. 4. Віконні відкоси / Window slopes

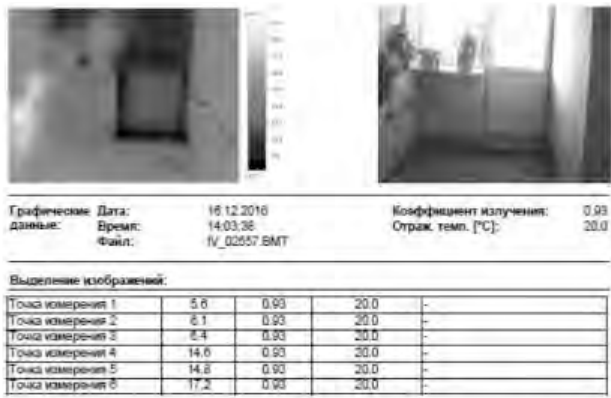


Рис. 6. Нещільне прилягання балконних дверей / Incomplete fitting of balcony doors

На момент обстеження, огорожувальні зовнішні конструкції будівлі не задовольняють вимогам діючих будівельних норм у розділі відповідності мінімального значення розрахункового опору теплопередачі (ДБН В.2.26-31: 2016 "Теплова ізоляція будівель" табл. 3), а сама будівля має

найменший клас енергетичної ефективності (клас - F) - питомі значення енергопотреб значно перевищують максимально допустимі нормативні значення (ДБН В.2.26-31: 2016 "Теплова ізоляція будівель" табл. 1).

При розрахунку і складанні енергетичного паспорту, було визначено фактичний рівень енергоефективності будівлі та оцінений потенціал економії при впровадженні енергозберігаючих заходів. Так, визначення енергетичних показників об'єкта проводилося для семи варіантів розрахунку (табл. 2):

- розрахунок №1 – існуюча будівля (енергетичний стан будівлі на період проведення енергоаудиту);
- розрахунок №2 – ремонт існуючих вікон (ущільнення, заміна герметиків та прокладок, утеплення відкосів, тощо);
- розрахунок №3 – заміна існуючих склопакетів на енергоефективні із двома камерами та енергозберігаючим склом (варіант скління 4i-10-4M1-10-4i);
- розрахунок №4 – утеплення зовнішніх стін (скріплена система утеплення із мінераловатним утеплювачем товщиною 120 мм);

- розрахунок №5 – утеплення горищного перекриття (мінераловатним утеплювачем товщиною 250 мм);
- розрахунок №6 – комплексне підвищення теплового захисту зовнішньої оболонки будівлі – заміна вікон (розрахунок №3) + утеплення зовнішніх стін (розрахунок №4) + утеплення горищного перекриття (розрахунок №5);
- розрахунок №7 – комплексне підвищення теплового захисту зовнішньої оболонки будівлі (розрахунок №6) + модернізація системи опалення (встановлення термостатів та авторегулювання на індивідуальному тепловому пункті)

Таблиця 2

Розрахунок енергетичних показників будівлі / Calculation of energy indicators of a building

Варіанти розрахунків							
Енергетичні показники	1	2	3	4	5	6	7
Розрахункові питомі тепловитрати, [кВт * год / м ²]	155.12	135.41	104.53	99.32	143.60	53.20	37.57
Розрахункові питомі тепловитрати, [кВт * год / м ³]	47.14	41.15	31.76	30.18	43.63	16.16	11.42*
Максимально допустиме значення тепловитрат на опалення будинку, [кВт * год / м ³]	15	15	15	15	15	15	15
Клас енергетичної ефективності	F	F	F	F	F	C	B

Згідно розрахунків (розрахунок №1 енергетичного паспорту), для нормальної експлуатації існуючої будівлі і забезпечення санітарно-гігієнічних вимог діючих норм, розрахункове річне теплоспоживання обстежуваного об'єкта складає 417 000 кВт*год (358,6 Гкал). Проведення комплексного підвищення теплового захисту зовнішньої оболонки будівлі з модернізацією системи опалення (розрахунок №6* енергетичного паспорту) дозволить знизити розрахунковий річне теплоспоживання до 101 000 кВт Час (86,9 Гкал).

Експертами рекомендується провести ряд енергозберігаючих заходів:

- модернізація системи опалення;
- комплексне підвищення теплового захисту зовнішньої оболонки будівлі - заміна вікон + утеплення зовнішніх стін + утеплення горищного перекриття;
- профілактика і ремонт склопакетів (усунення провисання стулок склопакетів; заміна ущільнювачів, тощо), усунення містків холоду - відкосів віконних і дверних прорізів;

- так як склопакети були встановлені ще в 90 роках минулого століття, то найкращим варіантом було б заміна існуючих склопакетів на енергоефективні з двома камерами і енергозберігаючим склом (скло «к» або «і»);

- утеплення зовнішніх стін системою зовнішнього утеплення з мінераловатним утеплювачем товщиною 120 мм;

- наклейка фольгоізола за опалювальними приладами;

- утеплення горищного перекриття мінераловатним утеплювачем товщиною 250 мм;

Висновки

1. Досліджуваний об'єкт має колосальні резерви економії теплової енергії при реалізації проектів підвищення енергоефективності. Експертами рекомендується проведення реконструкції існуючої системи опалення у комплексі із проведенням комплексного утеплення зовнішньої оболонки (стін, горищного перекриття + заміна вікон).

2. Розрахована економія енергоресурсів, так комплексне підвищення теплового захисту зовнішньої оболонки будівлі -заміна вікон + утеплення зовнішніх стін + утеплення горищного перекриття + модернізація системи опалення надасть економію до 75,0%.

3. Розрахована економія енергоресурсів при впровадженні окремих заходів щодо енергозбереження, так:

- підвищення теплового захисту зовнішньої оболонки будівлі -заміна вікон + утеплення зовнішніх стін + утеплення горищного перекриття (економія - 65,7%).
- профілактика і ремонт склопакетів (усунення провисання стулок склопакетів; заміна ущільнювачів,

тощо), усунення містків холоду - відкосів віконних і дверних прорізів (економія - 12%).

- заміна існуючих склопакетів на енергоефективні з двома камерами і енергозберігаючим склом (скло «к» або «і») (економія - 32,6%);
- утеплення зовнішніх стін системою зовнішнього утеплення з мінераловатним утеплювачем товщиною 120 мм (економія - 36,0%);
- наклейка фольгоізола за опалювальними приладами (економія - 10%);
- утеплення горищного перекриття мінераловатним утеплювачем товщиною 250 мм (економія - 7,5%);

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. ДБН В.2.6-31:2016. Теплова ізоляція будівель. [Текст]// К.: Мінрегіонбуд України, 2017. – 35 с.
2. ДСТУ Б А.2.2-12:2015 Енергетична ефективність будівель. Метод розрахунку енергоспоживання при опаленні, охолодженні, вентиляції, освітленні та гарячому водопостачанні – К.: Мінрегіонбуд України, 2015. – 194 с.
3. ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2010. Будівельна кліматологія. – К.: Мінрегіонбуд України, 2011. – 123 с.
4. Energy performance of buildings - Calculation of energy use for space heating and cooling, European Committee for Standardization, 2008.
5. Юрченко Е.Л. Разработка проектов энергосбережения в зданиях бюджетных организаций на основе реинвестирования. – Рукопись: 05.13.22 / Юрченко Е.Л. – Днепропетровск, 2004. – 180с.
6. CSN EN 13829 Thermal performance of building - Determination of air permeability of buildings - Fan pressurization method (ISO 9972:1996, modified)

REFERENCES

1. DBN V.2.6-31:2016. Teplova izolyacia budivel. [Thermal insulation of buildings.] // К.: Minregionbud Ukraïni, 2017. – 35p.
2. DSTU B A. 2.2-12:2015 Energetichna efektyvnist budivel [Energy efficiency of buildings. Method of calculating energy consumption for heating, cooling, ventilation, lighting and hot water supply] . – К.: Minregionbud Ukraïni, 2015. – 194 p.
3. DSTU-N B V.1.1-27:2010. Budivel'na klimatologija [Civil Engineering Climatology]. – К.: Minregionbud Ukraïni, 2011. – 123 p.
4. Energy performance of buildings - Calculation of energy use for space heating and cooling, European Committee for Standardization, 2008.
5. Iurchenko Iev.L. Development of the energy saving projects in the buildings of budget organizations on the basis of reinvestment. – Manuscript: 05.13.22 / Iurchenko Iev.L. – Dnipropetrovsk, 2004. – 180p.
6. CSN EN 13829 Thermal performance of building - Determination of air permeability of buildings - Fan pressurization method (ISO 9972:1996, modified)

*Статья рекомендована к печати д.т.н., проф. Савицким Н.В. (Украина),
Статья поступила в редколлегию 29.08.2016*