

Панасюк І.В., д-р техн. наук, проф., ORCID 0000-0001-6671-4266
Київський національний університет технологій та дизайну
Ещенко О.І., канд. техн. наук, доцент, ORCID 0000-0003-3915-486X
Шовкалюк М.М., канд. техн. наук, доцент, ORCID 0000-0002-1898-3493
Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

ТЕРМОМОДЕРНІЗАЦІЯ БУДІВЕЛЬ ЗАКЛАДІВ ВИЩОЇ ОСВІТИ – ПРОБЛЕМИ ТА РІШЕННЯ

Витрати на утримання будівель бюджетних установ в Україні в 2-3 рази вищі, ніж подібні витрати у країнах Європейського Союзу, причому через низку причин, пов'язаних із застарілим станом зовнішніх огорожень та інженерних мереж, санітарно-гігієнічні вимоги у приміщеннях не дотримуються. В роботі розглянуто результати енергетичного обстеження навчально-адміністративного корпусу КНУТД з метою визначення шляхів зниження витрат на енергозабезпечення та покращення мікроклімату в будівлі. Проаналізовано енергетичний стан корпусу, структуру витрат енергоресурсів. З метою розробки комплексу заходів з енергозбереження проведені вимірювання фактичних енергетичних витрат для визначення базового рівня під час виконання техніко-економічних розрахунків. Енергоаудит проведено із застосуванням інструментальних методів та з фотофіксацією візуального обстеження. Уточнені геометричні, теплотехнічні та енергетичні характеристики будівлі. Для підвищення рівня енергоефективності будівлі запропонована комплексна термомодернізація, яка включає роботи щодо збільшення термічного опору зовнішніх огорожувальних конструкцій та модернізацію інженерних систем, виконано фінансово-економічне обґрунтування ефективності запропонованих енергоефективних заходів.

Ключові слова: вищий навчальний заклад, енергоаудит, енергоефективність, енергоспоживання, термомодернізація, термін окупності.

Вступ.

Комплекси будівель закладів освіти України історично пов'язані з їх будівництвом у післявоєнний період: 47% з них збудовано до 1970 року, 20% – у 1970-1980 р.р., 30% – у 1980-1996 р.р. і тільки 3% збудовано після 2007 р. Архітектурні рішення при проектуванні та обранні технології будівництва не передбачали існуючих на теперішній час вимог з енергоефективності [1] з огляду на невпинне зростання цін на енергоносії та рівня вимог до параметрів мікроклімату приміщень. Інтегральна оцінка сучасного стану енергоспоживання у будівлях освітніх закладів [2,3]:

- основні витрати енергоресурсів пов'язані з системами опалення, гарячого водопостачання та вентиляції;
- незадовільний стан теплового комфорту через недотопи та перетопи приміщень в опалювальний період [4];
- низька ефективність використання теплової енергії через фізично і морально застарілі системи опалення (спосіб підключення до теплових мереж, гідравлічне і теплове розбалансування, відсутність автоматичного регулювання потреби в тепловій енергії і т.д.);
- рівень термозахисту зовнішнього огороження не відповідає вимогам діючих нормативів [1];
- відсутність моніторингу і контролю для ефективного управління енергоспоживанням, а також ігнорування проблеми необхідності підвищення інформованості споживачів та мотивації персоналу [5];
- облік енерговитрат не реалізовано на 100 % для всіх вищих навчальних закладів (ВНЗ), що унеможливує статистичний аналіз та оперативне реагування.

Україна взяла на себе зобов'язання щодо імплементації вимог ЄС [6] у сфері енергоефективності. Заклади освіти в Україні являються утримувачами матеріальної бази і в умовах економії бюджетних коштів повинні самостійно вирішувати питання ефективного управління енергоспоживанням [7]. Київський національний університет технологій та дизайну (КНУТД) – це великий господарюючий комплекс, який складається з 45 будівель різного, насамперед освітнього, призначення. Проблема енергозбереження та підвищення енергоефективності будівель є однією з найважливіших, що гостро стоїть перед колективом в сучасних складних економічних умовах.

В Україні на сьогодні на державному рівні ведеться співпраця з міжнародними фінансовими організаціями для залучення іноземних інвестицій в рамках міжнародних проектів [8], проте для отримання фінансування заходів з підвищення енергоефективності потрібно попередньо здійснити енергообстеження будівель, виконати ґрунтовний аналіз енергоспоживання з урахуванням різних впливових факторів [9] та розробити інвестиційний проект [10].

Мета та задачі

Метою дослідження є виявлення потенціалу енергозбереження об'єктів університету на основі енергетичних обстежень структурних підрозділів, будівель і споруд в рамках розробки Програми «Підтримка заходів з енергозбереження та енергоефективності КНУТД», що направлена на ефективне управління використанням паливно-енергетичних ресурсів та поширення знань та навичок енергоощадності серед працівників та студентів. В даній статті наведено методи визначення базового енергоспоживання та подано результати енергетичного обстеження будівлі 4 корпусу КНУТД з метою визначення шляхів зниження грошових витрат на енергозабезпечення та покращення мікроклімату.

Матеріал і результати досліджень

На виконання поставленої задачі проведено комплексне енергетичне обстеження навчально-адміністративного корпусу університету з розробкою технічно обґрунтованих заходів для підвищення рівня його енергоефективності

В ході обстеження були виконані наступні дослідження:

- проаналізовано споживання енергетичних ресурсів будівлею з виконанням розрахунків базового рівня;
- проведено вимірювання споживання електроенергії та теплової енергії та проаналізовані впливи зовнішніх та внутрішніх факторів;
- проведено вимірювання параметрів мікроклімату в приміщеннях;
- проведено обстеження огорожувальних конструкцій, в т. ч. тепловізійна зйомка;
- проведено обстеження інженерних мереж будівель;
- запропоновано та економічно обґрунтовано рекомендації щодо покращення ефективності енергоспоживання та підвищення комфорту перебування відвідувачів та персоналу.

Нижче наведено характеристику об'єкта дослідження (табл.1, 2).

Таблиця 1 – Характеристика системи теплозабезпечення будівлі

Теплове навантаження, Гкал/год	1,757
-в т.ч. опалення / гаряче водопостачання / вентиляція	0,78 / 0,095 / 0,882
Теплопостачання	Централізоване, залежна схема (елеватор)
Схема подачі теплоносія від зовнішнього джерела	Двотрубна
Тип внутрішньої системи опалення	Одно/двотрубна
Подача теплоносія в системі опалення будівлі	Змішана
Вид опалення	радіатори та повітряне опалення
Наявність балансувальних клапанів / автоматики	Немає / відсутня

Таблиця 2 – Розрахункові тепловтрати будівлі

Найменування	Гкал
Тепловтрати через стіни	1034
Тепловтрати через вікна	343
Тепловтрати з інфільтрацією	335
Підігрів припливного повітря	1116
Тепловтрати через дах і підлогу	149
Загалом	2977

Система гарячого водопостачання (ГВП) є закритою, виконана по одноступеневій схемі з пластинчастим теплообмінником. Зважаючи на дефіцит коштів на роботу системи опалення, в будівлі спостерігаються суттєві недотопи; в більшості приміщень температура значно нижча, ніж 18 °С. Система опалення корпусу не передбачає регулювання (в будівлі встановлений гідроелеватор). Система вентиляції наразі не працює та не підлягає відновленню.

Стіни будівлі з бетону. Значна площа огорожень - засклення, це є причиною суттєвих тепловтрат, попри заміну їх на металопластикові конструкції, що не відповідають існуючим нормативам [1].

В результаті енергообстеження було встановлено:

- існуюча система опалення є неефективною: застаріла схема приєднання до теплової мережі

(залежна з елеватором), відсутність вузла погодозалежного регулювання (регулятор теплового потоку, контролер), розбалансованість системи (гідравлічна і тепла);

- умови мікроклімату у приміщеннях не відповідають діючим вимогам;
- потреба в теплоті частково покривається включенням електропідігрівачів в холодний період року.

Для визначення фактичних температур під час енергообстеження складалися температурні карти будівель, при цьому середня фактична внутрішня температура в приміщеннях визначалася наступним чином:

$$t_{\text{вн}} = \frac{\sum_{i=1}^n (F_i \cdot t_{\text{вн}i})}{\sum_{i=1}^n F_i} \quad \text{або} \quad t_{\text{вн}} = \frac{\sum_{i=1}^n (V_i \cdot t_{\text{вн}i})}{\sum_{i=1}^n V_i} \quad (1)$$

де F_i ; V_i – відповідно площа та об'єм i -го приміщення будівлі, $t_{\text{вн}i}$ – внутрішня температура.

Зважаючи на те, що внутрішня температура може змінюватися протягом дня, тижня, залежно від погоди і пори року, тому обстеження повторювалися декілька разів в різний час доби. Встановлено, що в середньому недогрів складає близько 5°C. У деяких приміщеннях в холодні періоди зафіксовано внутрішню температуру на рівні 10°C Низький рівень теплозахисту огорожень, використання неефективного обладнання та обмеженість фінансування призводять до зниження температур у приміщеннях до рівня нижче допустимого та, як наслідок, використання електричної енергії для їх догріву.

Таким чином, визначення базового рівня енергоспоживання за усередненими фактичними даними по споживанню палива (або теплової енергії) для досліджуваних об'єктів є некоректним, тому для цієї мети використано інші підходи, що наведено далі.

Методи визначення базового рівня енергоспоживання

Зважаючи на специфіку експлуатації об'єктів та те, що методика визначення базового рівня енергоспоживання будівель нормативними та регуляторними документами в Україні, у період реалізації проекту була не регламентована, під час енергетичних обстежень для кожного конкретного випадку базовий рівень може визначатися по-різному. Розглянуто кілька підходів до визначення базового рівня теплоспоживання.

1. Розрахунковий метод відповідно до ДСТУ Б А.2.2-12:2015.

Даний підхід застосовується, якщо неможливо визначити теплоспоживання за фактичними даними, або якщо під час експлуатації були змінені проектні навантаження та наявна необхідна детальна інформація по об'єкту. Для встановлення базового рівня енергоспоживання [кВт·год] за результатами обстежень уточнюються наступні дані:

- загальні будівельні дані про геометрію та орієнтацію будинку, його поверховість та об'єм, площу зовнішніх огорожувальних конструкцій, площу підлоги та перекриттів опалювальних приміщень;
- проектні дані щодо теплотехнічних характеристик огорожень;
- кліматичні характеристики району будівництва;
- нормативна та фактична температури внутрішнього повітря приміщень;
- дані про системи підтримки мікроклімату приміщень і способи регулювання.

Схема послідовності розрахунку енергоспоживання наведена на рис. 1.



Рисунок 1 – Послідовність визначення базового рівня

2. Розрахунковий метод на основі методики укрупнених показників

Якщо на об'єкті відсутній облік споживання енергоресурсів і у разі, якщо відомі актуальні проектні навантаження [кВт], базовий рівень визначається розрахунковим методом і в загальному вигляді розраховується за формулою:

$$Q_{\text{баз}} = Q_o^{\text{pik}} + Q_v^{\text{pik}} + Q_{\text{ГВП}}^{\text{pik}}, \quad (2)$$

де: Q_o^{pik} ; Q_v^{pik} ; $Q_{\text{ГВП}}^{\text{pik}}$ - річна потреба в теплоті відповідно на опалення, механічну вентиляцію та гаряче водопостачання будівлі, кВт·год, що розраховуються наступним чином:

$$Q_o^{\text{pik}} = Q_o \cdot \frac{t_{\text{вн}}^{\text{н}} - t_{\text{с.о.}}}{t_{\text{вн}}^{\text{н}} - t_{\text{р.о.}}} \cdot n_o \cdot 24; \quad (3)$$

$$Q_v^{\text{pik}} = Q_v \cdot \frac{t_{\text{вн}}^{\text{н}} - t_{\text{с.о.}}}{t_{\text{вн}}^{\text{н}} - t_{\text{р.в.}}} \cdot n_o \cdot z_v, \quad (4)$$

де: Q_o , Q_v - теплове навантаження на опалення та вентиляцію (кВт) визначається за типовими або індивідуальними проектами даних об'єктів; $t_{\text{вн}}^{\text{н}}$ - нормативна температура внутрішнього повітря, приймається згідно з нормами проектування, °С; $t_{\text{с.о.}}$ - середня температура зовнішнього повітря за опалювальний період, °С; $t_{\text{р.о.}}$, $t_{\text{р.в.}}$ - розрахункова температура зовнішнього повітря для проектування опалення та вентиляції; n_o - тривалість опалювального періоду, днів; z_v - усереднене за опалювальний період число годин роботи системи вентиляції протягом доби.

Для типових будівель часів масової забудови річну потребу в теплоті [кВт·год] у разі відсутності значень теплових навантажень визначають за формулою:

$$\text{- на опалення: } Q_o^{\text{pik}} = \alpha \cdot q_o \cdot V_3 \cdot (t_{\text{вн}} - t_{\text{сеп.о.}}) \cdot n_o \cdot 24 \cdot 10^{-3}; \quad (5)$$

$$\text{- на вентиляцію: } Q_v^{\text{pik}} = V_v \cdot q_v \cdot (t_{\text{вн}} - t_{\text{сеп.о.}}) \cdot n_o \cdot z_v \cdot 10^{-3} \quad (6)$$

де: q_o - питома опалювальна характеристика будівель, Вт/(м³·°С), приймають залежно від типу будівлі, року побудови, об'єму, поверховості та інших факторів; α - коефіцієнт, що враховує відмінність реальних умов від розрахункових, $\alpha = f(t_{\text{р.о.}})$; V_3 - зовнішній будівельний об'єм будівлі, м³; q_v - питома вентиляційна характеристика будівлі, Вт/(м³·°С); V_v - вентиляований об'єм будівель, м³.

Недоліком даного методу є використання стандартних значень питомої опалювальної характеристики для розрахунку потреби в теплоті вже існуючих споруд. Використання даної характеристики дає завищені результати для масивних будівель (цегляні будівлі) та занижені значення для будівель панельного типу, оскільки дана величина залежить лише від об'єму будівлі та її призначення і зовсім не враховує характеристики огорожувальних конструкцій споруд, які з часом експлуатації втрачають початкові якості (або має місце їх зміна).

3. Інструментальний метод з корекцією на вплив інших факторів

Метод базується на даних про фактичне енергоспоживання об'єктом за останні 3 роки з урахуванням погодних-кліматичних умов, причому при розрахунку витрат енергії для потреб опалення враховуються всі види енергоносіїв.

Приведення теплоспоживання до нормативних умов клімату:

$$Q^{\text{привед}} = \sum_{j=1}^{12} Q_{\text{факт } j} \cdot k_{\text{пр } j} = \sum_{j=1}^{12} Q_{\text{факт } j} \cdot \frac{ГД_j^{\text{норм}}}{ГД_j^{\text{факт}}}, \quad (7)$$

де $Q_{\text{факт } j}$ - фактичне теплоспоживання для потреб опалення будівлі, кВт·год за j-й місяць; $ГД_j^{\text{норм}}$, $ГД_j^{\text{факт}}$ - нормативна та фактична кількість градусо-днів опалювального періоду для кліматичної зони розташування будівлі, протягом j-го місяця відповідно.

Цей метод далі буде використано при визначенні економічного ефекту від рекомендованих заходів.

Опис та економічне обґрунтування рекомендованих енергоефективних заходів

1. Установка ІТП

Пропонується встановити два індивідуальних теплових пункти (для окремих кондиціонованих зон будівлі) з погодним регулюванням та зниженням теплового потоку у неробочі години, з підтриманням внутрішньої температури в будівлі у черговому режимі відповідно до [11]. Результати розрахунків наведено у табл.3.

Таблиця 3 – Результати техніко-економічного розрахунку для заходу «Установка ІТП»

Найменування	Од.вим.	Величина
Економія енергії: - теплова, - електрична	Гкал кВт·год	210 12224
Економія коштів, в т.ч:	грн	413230

- за рахунок зменшення споживання теплоенергії		357000
- за рахунок зменшення споживання електроенергії		28115
Орієнтовна вартість реалізації	грн	905000
Окупність	років	2,2

2. Промивка системи опалення та встановлення термостатів.

Пропонується проведення промивки системи опалення та установка радіаторних термостатичних вентилів для забезпечення індивідуального налаштування температури в приміщеннях, що забезпечить можливість місцевого регулювання та запобігання перетопам у деяких приміщеннях за рахунок сонячних теплонадходжень через велику площу застклення. Результати розрахунків наведено у табл.4.

Таблиця 4 – Результати техніко-економічного розрахунку для заходу «Промивка системи опалення та встановлення термостатів»

Найменування	Од.вим.	Величина
Економія теплової енергії	Гкал	140
Економія коштів	грн	238000
Орієнтовна вартість реалізації, в т.ч.	грн	2270000
- промивка системи		250000
- установка термостатичних вентилів		2020000
Окупність	років	8

3. Встановлення теплових насосів.

Пропонується децентралізована система вентиляції з використанням теплових насосів типу повітря – повітря, що забезпечить оптимальний розподіл припливного повітря відповідно до потреб окремих приміщень. Також пропонується використання теплових насосів типу повітря-вода (в т. ч. в складі чілера) для забезпечення роботи радіаторної системи опалення, якщо зовнішня температура буде вище 0°C.

Таблиця 5 – Результати техніко-економічного розрахунку для заходу «Встановлення теплових насосів»

Найменування	Од.вим.	Величина
Розрахункова потужність теплового насосу	кВт	69
Сезонний коефіцієнт перетворення	-	3
Розрахункова річна кількість виробленої теплової енергії	Гкал	252
Економія коштів за рахунок заміщення споживання теплоенергії	грн	428400
Орієнтовна вартість реалізації	грн	2246000
Окупність (з урахуванням додаткових витрат електроенергії)	років	9

4. Використання електроенергії по нічному тарифу для обігріву приміщень.

Пропонується використання електродкотла зі встановленням накопичувача теплової енергії (акумулятора теплової енергії), підігрів води для якої здійснювати за зниженим (нічним) тарифом. При визначенні потужності котла та обсягу виробництва теплової енергії враховувалися обмеження по періоду дії нічного тарифу та наявній електричній потужності. Відповідний розрахунок економічної ефективності заходу надано в табл. 6.

Таблиця 6 – Результати техніко-економічного розрахунку для заходу «Електрообігрів»

Найменування	Од.вим.	Величина
Економія теплової енергії	Гкал	252
Економія коштів за рахунок зменшення споживання тепла	грн	177000
Орієнтовна вартість реалізації	грн	755000
Окупність	років	4,27

5. Заміна вікон та зменшення площі застління

Пропонується заміна застарілих вікон з приведеним опором теплопередачі $R=0,5$ ($\text{m}^2\cdot\text{K}/\text{Вт}$) на склопакети, теплотехнічні властивості яких відповідають сучасним вимогам по теплозахисту огорожень [1]. Одночасно з виконанням робіт по заміні склопакетів необхідно провести роботи по утепленню та герметизації відкосів, а також по регулюванню фурнітури. Також пропонується здійснити зменшення площі застління шляхом улаштування додаткових простінків площею 348 m^2 з нанесенням теплоізоляційного матеріалу (мінеральна вата товщиною 10 см).

Розрахунок економії надано в таблиці 7.

Таблиця 7 – Результати техніко-економічного розрахунку для заходу «Заміна вікон»

Найменування	Од.вим.	Величина
Економія теплової енергії	Гкал	201
Економія коштів за рахунок зменшення споживання тепла	грн	341700
Орієнтовна вартість реалізації	грн	6549000
Окупність	років	19

6. Утеплення зовнішніх стін

Існуючий опір теплопередачі стін $R=0,8$ ($\text{m}^2\cdot\text{K}/\text{Вт}$) не відповідає сучасним вимогам по тепловому захисту [1]. Пропонується виконати утеплення мінераловатними плитами товщиною 150 мм з нанесенням захисного декоративного шару. Загальна площа стін, що потребують утеплення - 7000 m^2 , вартість виконання утеплення з урахуванням монтажних та оздоблювальних робіт $1300 \text{ грн}/\text{m}^2$. Річна економія заходу надана в табл. 8.

Таблиця 8 – Результати техніко-економічного розрахунку для заходу «Утеплення стін»

Найменування	Од.вим.	Величина
Економія теплової енергії	Гкал	435,8
Економія коштів за рахунок зменшення споживання тепла	грн	740860
Орієнтовна вартість реалізації	грн	9100000
Окупність	років	12,3

7. Заміна ламп

Існуючий рівень розвитку світлодіодних світильників дозволяє значно знизити споживання електроенергії на освітлення та збільшити термін їх служби. Крім того, існує проблема утилізації люмінесцентних ламп, які відпрацювали свій ресурс, тому пропонується їх заміна на світлодіодні. Розрахунок потужності та кількості світильників відбувся з урахуванням забезпечення нормативного рівня освітленості у робочих зонах приміщень. Розрахунок окупності заходу надано в таблиці 9.

Таблиця 9 – Результати техніко-економічного розрахунку для заходу «Заміна ламп»

Загальна вартість заміни, грн з ПДВ	3 071 550
Тариф на електроенергію, грн/кВт з ПДВ	2,36
Різниця в потужностей, кВт	81,517
Графік роботи освітлення на рік, годин/днів	6/251
Економія електроенергії, кВт-год	122764
Сума економії на рік, грн	289720
Термін окупності, років	10,6

8. Система вентиляції з рекуперацією

Для покращення комфортних умов та забезпечення підігріву припливного повітря на 1 та 2 поверхах

корпусу пропонується встановити вентиляційну установку з рекуперацією (табл.10).

Таблиця 10 – Результати техніко-економічного розрахунку для заходу
«Система вентиляції з рекуперацією»

Кількість теплової енергії, що необхідна для нагріву припливного повітря	
- існуючий стан, Гкал	558
- з рекуперацією, Гкал	112
Економія теплової енергії, Гкал	446
Економія коштів на оплату за теплову енергію, грн	758200
Орієнтовна вартість реалізації (з використанням існуючих повітропроводів), грн	6500000
Окупність, років	6,5

Для підвищення ефективності впровадження заходів та забезпечення ефективного контролю за енергоспоживанням та параметрами мікроклімату рекомендовано впровадити систему автоматизованого енергомоніторингу, що включатиме створення автоматизованого робочого місця енергоменеджера. Даний програмний комплекс може виступати одночасно дослідним майданчиком для проведення науково-дослідних робіт та впровадження інноваційних проєктів щодо моніторингу та управління енергоспоживанням на прикладі об'єктів студмістечка з метою підвищення рівня енергоефективності та якості освіти.

Висновки

Проведено комплексне енергетичне обстеження навчально-адміністративного корпусу КНУТД з аналізом енергоспоживання об'єкта, описом методів визначення базового рівня та економічним обґрунтуванням енергозберігаючих заходів, що покращать теплозахисні властивості огорожень та дозволять забезпечити на нормативному рівні параметри мікроклімату в приміщеннях. Об'єкт дослідження має типові проблеми будівель масової забудови, тому описані економічно доцільні енергоефективні заходи можна поширювати на інші будівлі закладів освіти.

Наступним етапом роботи планується виконання енергообстежень на усіх будівлях закладу, виконання енергетичної сертифікації відповідно до вимог Директиви ЄС [6] та ЗУ «Про енергоефективність будівель»; а також більш детальне вивчення питання створення автоматизованого комплексу програмного та технічного забезпечення для дистанційного обліку споживання енергоресурсів, моніторингу та аналізу даних для запобігання аварійних ситуацій. Впровадження даного комплексу дозволить створити середовище для комфортних умов навчання та виконання досліджень. Для реалізації даного проєкту доцільно залучити науковий потенціал університету, студентів та спеціалізовані організації.

Список використаної літератури

1. ДБН В.2.6-31:2016. Теплова ізоляція будівель. К.: Мінбуд України, 2017. 37 с.
2. Управління ефективністю енерговикористання у вищих навчальних закладах: монографія / І.Ю.Білоус, В.І.Дешко, І.О.Суходуб, Шевченко О.М., Шовкалюк М.М. – К.: Політехніка, 2015. – 188 с.
3. Управління енергоспоживанням: промисловість і соціальна сфера: монографія / під заг. редакцією О. М. Теліженка та М. І. Сотника. – Суми : видавництво «Мрія – 1», 2018.-336 с.
4. Шевченко О.М. Енергоефективний кампус КПІ: інструменти та методи досліджень / Шевченко О.М., Шовкалюк М.М. // Вісник Київського національного університету технологій та дизайну. Серія Технічні науки. – 2019. № 4 (136). – С. 97–105.
5. Євтухов В.Я. Інформаційна та мотиваційна складові системи енергетичного менеджменту об'єктів галузі освіти / Євтухов В.Я., Дешко В.І., Шовкалюк М.М., Шевченко О.М. // Новини енергетики. – 2018. – №5. – с.10-23.
6. Directive 2010/31/eu of the European parliament and of the council of 19 May 2010 on the energy performance of buildings (recast) // Official Journal of the European Communities. 2010, L153. – p. 13-35.
7. V.I. Dешко, O.M. Shevchenko (2013). University campuses energy performance estimation in Ukraine based on measurable approach, Energy and Buildings, (49) 582–335.
8. Шовкалюк М.М., Леконцева О.Е. Розвиток програм стимулювання підвищення енергоефективності будівель в Україні / Збірник наук. праць V Міжнар. наук.-техн. та навч.-метод. конф. у м. Києві 17-12.04.2018р., с.116-117.
9. Efficiency of using energy in housing sector, under the general editorship of Pavlenko A.M. Politechnika Świętokrzyska. Kielce, 2020, Pp. 155.

10. Шевченко О.М. Розробка інвестиційних проєктів підвищення енергоефективності студмістечка КПІ та інтеграція у освітній процес / Шевченко О.М., Шовкалюк М.М. // Вісник Київського національного університету технологій та дизайну. Серія Технічні науки. – 2020. № 3 (146).

11. ДСТУ Б А.2.2-12:2015. Енергетична ефективність будівель. Метод розрахунку енергоспоживання при опаленні, охолодженні, вентиляції, освітленні та гарячому водопостачанні [Уведений вперше; чинний від 2015.01.01]. К. Мінрегіонбуд України, 2016. 205 с.

УДК 378:621.311.1:658

Панасюк И.В., д-р техн. наук, проф., **ORCID 0000-0001-6671-4266**
Киевский национальный университет технологий и дизайна
Ещенко О.И., канд. техн. наук, доцент, **ORCID 0000-0003-3915-486X**
Шовкалюк М.М., канд. техн. наук, доцент, **ORCID 0000-0002-1898-3493**
Национальный технический университет Украины
«Киевский политехнический институт имени Игоря Сикорского»

ТЕРМОМОДЕРНИЗАЦИЯ ЗДАНИЙ УЧРЕЖДЕНИЙ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ – ПРОБЛЕМЫ И РЕШЕНИЯ

Расходы на содержание зданий бюджетных учреждений в Украине в 2-3 раза выше, чем подобные расходы в странах Европейского Союза, причем по ряду причин, связанных с устаревшим состоянием наружных ограждений и инженерных сетей, санитарно-гигиенические требования в помещениях не соблюдаются. В работе рассмотрены результаты энергетического обследования учебно-административного корпуса КНУТД с целью определения путей снижения затрат на энергообеспечение и улучшения микроклимата в здании. Проанализированы энергетическое состояние корпуса, структура затрат энергоресурсов. С целью разработки комплекса мероприятий по энергосбережению проведены измерения фактических энергетических затрат для определения базового уровня при выполнении технико-экономических расчетов. Энергоаудит проведен с применением инструментальных методов и с фотофиксацией визуального обследования. Уточнены геометрические, теплотехнические и энергетические характеристики здания. Для повышения уровня энергоэффективности здания предложена комплексная термомодернизация, которая включает работы по увеличению термического сопротивления наружных ограждающих конструкций и модернизацию инженерных систем, выполнено финансово-экономическое обоснование эффективности предложенных энергоэффективных мероприятий.

Ключевые слова: высшее учебное заведение, энергоаудит, энергоэффективность, энергопотребление, термомодернизация, срок окупаемости.

Panasiuk I., **ORCID 0000-0001-6671-4266**
Yeshchenko O., **ORCID 0000-0003-3915-486X**
Shovkaliuk M., **ORCID 0000-0003-4099-2772**
National Technical University of Ukraine “Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute”

THERMOMODERNIZATION OF BUILDINGS OF HIGHER INSTITUTIONS EDUCATION - PROBLEMS AND SOLUTIONS

The costs of maintaining budget buildings in Ukraine are 2-3 times higher than similar costs in the European Union, and for a number of reasons related to the outdated condition of external fences and utilities, sanitary and hygienic requirements in the premises are not met. The paper considers the results of the energy audit of the educational and administrative building of KNUTD in order to identify ways to reduce energy costs and improve the microclimate in the building. The energy condition of the building, the structure of energy costs are analyzed. In order to develop a set of energy saving measures, measurements of actual energy costs were made to determine the baseline level during technical and economic calculations. Energy audit was conducted using instrumental methods and with photo-fixation of visual inspection. The geometric, thermal and energy characteristics of the building have been specified. To increase the level of energy efficiency of the building, a complex thermal modernization is proposed, which includes work to increase the thermal resistance of external enclosing structures and modernization of engineering systems, financial and economic justification of the effectiveness of the proposed energy efficiency measures.

Insufficient funding of budget institutions requires a systematic approach to solving the problem of improving the energy efficiency of student campuses, which will include not only the implementation of technical

measures, but also information campaigns and organizational and management actions of the Energy Management Service and university management. An effectively functioning system of energy management of educational institutions is the foundation for sustainable development of the state; it is a set of measures that can have a significant effect on reducing Ukraine's energy dependence.

Keywords: higher education institution, energy audit, energy efficiency, energy consumption, thermal modernization, payback period.

References

1. DBN V.2.6-31:2006. Konstruktsii budynkiv ta sporud. Teplova izoliatsiia budivel [Na zaminu SNyP II-3-79; chynnyi vid 2007.04.01]. K.: Minbud Ukrainy, 2006. p. 64.
2. Bilous I.Yu., Deshko V.I., Sukhodub I.O., Shevchenko O.M., Shovkaliuk M.M. (2015) Upravlinnia efektyvnosti enerhovykorystannia u vyshchyykh navchalnykh zakladakh: monohrafiia. [Energy efficiency management in higher education institutions: monograph]. Kyiv: Politehnika, 188 p.
3. Upravlinnya energospozhyvanniam: promyslovist i socialna sfera: monografiya [Energy consumption management: industry and social sphere: monograph] / under the general edited by O.M. Telizhenko and M.I. Sotnyk – Sumy: "Dream - 1", 2018. – 336 p.
4. Shevchenko O.M., Shovkaliuk M.M. (2019). Enerhoefektyvnyi kampus KPI: instrumenty ta metody doslidzhen [KPI energy efficient campus: tools and research methods]. Visnyk Kyivskoho natsionalnoho universytetu tekhnologii ta dyzainu. Seriya Tekhnichni nauky – Bulletin of Kyiv National University of Technology and Design. Technical Sciences Series, 4 (136), Pp. 97–105.
5. Yevtukhov V.Ya., Deshko V.I., Shovkalyuk M.M., Shevchenko O.M. (2018). Informatsiina ta motyvatsiina skladovi systemy enerhetychnoho menedzhmentu ob'iektiv haluzi osvity [Information and motivational components of the energy management system of objects of education]. Novyny enerhetyky – Energy News, 5, 10–23 [in Ukraine].
6. Directive 2010/31/eu of the European parliament and of the council of 19 May 2010 on the energy performance of buildings (recast) // Official Journal of the European Communities. 2010, L153. – p. 13-35.
7. V.I. Deshko, O.M. Shevchenko (2013). University campuses energy performance estimation in Ukraine based on measurable approach, Energy and Buildings, (49). pp. 582–335.
8. Shovkaliuk M.M., Liekontseva O.E. Rozvytok proham stymuliuвання pidvyshchennia enerhoefektyvnosti budivel v Ukraini / Zbirnyk nauk. pratsV Mizhnar. nauk.-tekhn. ta navch.-metod. konf. u m. Kyievi 17-12.04.2018r., p.116-117.
9. Efficiency of using energy in housing sector, under the general editorship of Pavlenko A.M. Politehnika Świętokrzyska. Kielce, 2020, Pp. 155.
10. Shevchenko O.M., Shovkaliuk M.M. (2020) Development of investment projects to increase energy efficiency of KPI studio town and integration into the educational process [Rozrobka investytsiynyx proektiv pidvyshchennia energoefektyvnosti studmitechka KPI ta integraciya u osvitnij proces]. Visnyk Kyivskoho natsionalnoho universytetu tekhnologii ta dyzainu. Seriya Tekhnichni nauky – Bulletin of Kyiv National University of Technology and Design. Technical Sciences Series, 3 (146), 2020.
11. DSTU B A.2.2-12:2015. Enerhetychna efektyvnist budivel. Metod rozrakhunku enerhospozhyvannia pry opalenni, okholodzhenni, ventyliatsii, osvitlenni ta hariachomu vodopostachanni [Uvedenyi vpershe; chynnyi vid 2015.01.01]. K. Minrehionbud Ukrainy, 2016. 205 s.