

**Б.І. Басок**, чл.кор. НАН України, **С.М. Гончарук**, канд. техн. наук, **О.М. Лисенко**, канд. техн. наук,  
**А.О. Луніна**, **Л.В. Олійник**  
Інститут технічної теплофізики НАН України

## **ЕНЕРГЕТИЧНЕ ОБСТЕЖЕННЯ БУДІВЛІ ТА ДОСЛІДЖЕННЯ ЇЇ СИСТЕМИ ТЕПЛОСПОЖИВАННЯ**

*У статті представлено результати спрощеного енергетичного обстеження адміністративної будівлі. Проведений розрахунок середніх річних питомих тепловитрат на опалення будівлі та визначено доцільність впровадження комплексу заходів щодо зменшення споживання теплової енергії шляхом встановлення індивідуального теплового пункту.*

**Ключові слова:** будівля, енергоаудит, опалення, теплоспоживання, енергозбереження.

$t$  – температура, °С;

$G$  – масова витрата теплоносія, т/год.;

$E$  – витрата теплової енергії, Гкал/год.;

**Нижні індекси:**

зовн – зовнішнє повітря;

сер – середнє;

под – теплоносій в подавальному трубопроводі;

звор – теплоносій в зворотному трубопроводі;

В сьогоденні складних економічних труднощах Україна потребує ще більшої енергетичної незалежності шляхом скорочення енергоспоживання за допомогою впровадження заходів з енергоефективності будівлі, оскільки саме в ній відбуваються найбільші втрати теплової енергії. Перед впровадженням таких заходів необхідно провести енергоаудит об'єкту, основна ціль якого полягає у визначенні ефективності використання паливно-енергетичних ресурсів на опалення будинку під час його експлуатації [1]. Існує велика кількість варіантів проведених енергоаудитів об'єктів різних сфер теплозабезпечення як у нашій країні, так і в країнах близького зарубіжжя [2-4].

Метою даної роботи є дослідження основних параметрів тепlopостачання для визначення річного енергоспоживання будівлі.

Об'єктом для проведення цільового енергетичного обстеження було обрано один із корпусів (корпус №1) Інституту технічної теплофізики НАН України, по вул. Булаховського, 2. Для визначення енергоспоживання всіх будівель Інституту, що включають в себе чотири однотипні корпуси та дослідне виробництво, було здійснено автоматизований облік теплової енергії за допомогою тепловодолічильника СВТУ-10М. Корпус №1 – це триповерхова будівля адміністративного призначення загальною площею 3240 м<sup>2</sup>, побудована у 1973 році. Вона має систему тепlopостачання з елеваторним вузлом, у якому здійснюється підмішування гарячої і зворотної води, але регулювання подачі теплоти в залежності від температури зовнішнього повітря відсутнє, що доволі часто призводить до значної перевитрати теплоти. Вимірювання кількості спожитої теплової енергії в будівлі здійснювалось за допомогою теплотлічильника УВР-Т.

### **Визначення теплоспоживання адміністративної будівлі**

Для адміністративного корпусу №1 ІТТФ були проведені детальні дослідження основних параметрів тепlopостачання (температури теплоносія в подавальному та зворотному трубопроводах, температури зовнішнього повітря, витрати теплоносія та теплоти в подавальному та зворотному трубопроводах) за опалювальні сезони 2007-2008 рр., 2008-2009 рр., 2009-2010 рр., 2010-2011 рр. Дані приведені на рис. 1-4.

На рис. 1 показані основні характеристики тепlopостачання за другу половину опалювального сезону 2007-2008 рр. Для даного періоду були визначені наступні середні значення:  $t_{\text{зовн. сер.}} = 3,1$  °С, витрата теплоносія  $G_{\text{сер.}} = 2,9$  т/год., температура теплоносія в подавальному трубопроводі  $t_{\text{под. сер.}} = 67,0$  °С, температура теплоносія в зворотному трубопроводі  $t_{\text{звор. сер.}} = 40,0$  °С, при цьому середня витрата теплової енергії на опалення корпусу становила  $E_{\text{сер.}} = 0,079$  Гкал/год. Різке падіння витрати теплоносія і теплової енергії до нуля спричинено відсутністю тепlopостачання. Максимальні значення температури подачі (до 85,0 °С) спостерігалися при мінімальних величинах температури зовнішнього повітря (до -12,0 °С).

На рис. 2 показані основні характеристики теплопостачання за майже повний опалювальний сезон 2008-2009 рр. Для цього періоду були визначені наступні середні значення:  $t_{\text{зовн. сер.}} = -0,4 \text{ }^\circ\text{C}$ , витрата теплоносія  $G_{\text{сер.}} = 2,2 \text{ т/год.}$ , температура теплоносія в подавальному трубопроводі  $t_{\text{под. сер.}} = 70,5 \text{ }^\circ\text{C}$ , температура теплоносія в зворотному трубопроводі  $t_{\text{звор. сер.}} = 35,4 \text{ }^\circ\text{C}$ , при цьому середня витрата теплової енергії на опалення корпусу становила  $E_{\text{сер.}} = 0,075 \text{ Гкал/год.}$  Максимальні значення температури подачі (до  $85,0 \text{ }^\circ\text{C}$ ) спостерігалися при мінімальних величинах температури зовнішнього повітря (до  $-22,0 \text{ }^\circ\text{C}$ ).

На рис. 3 показані основні характеристики теплопостачання в залежності від температури зовнішнього повітря  $t_{\text{зовн.}}$  за дещо скорочений опалювальний сезон 2009-2010 рр.

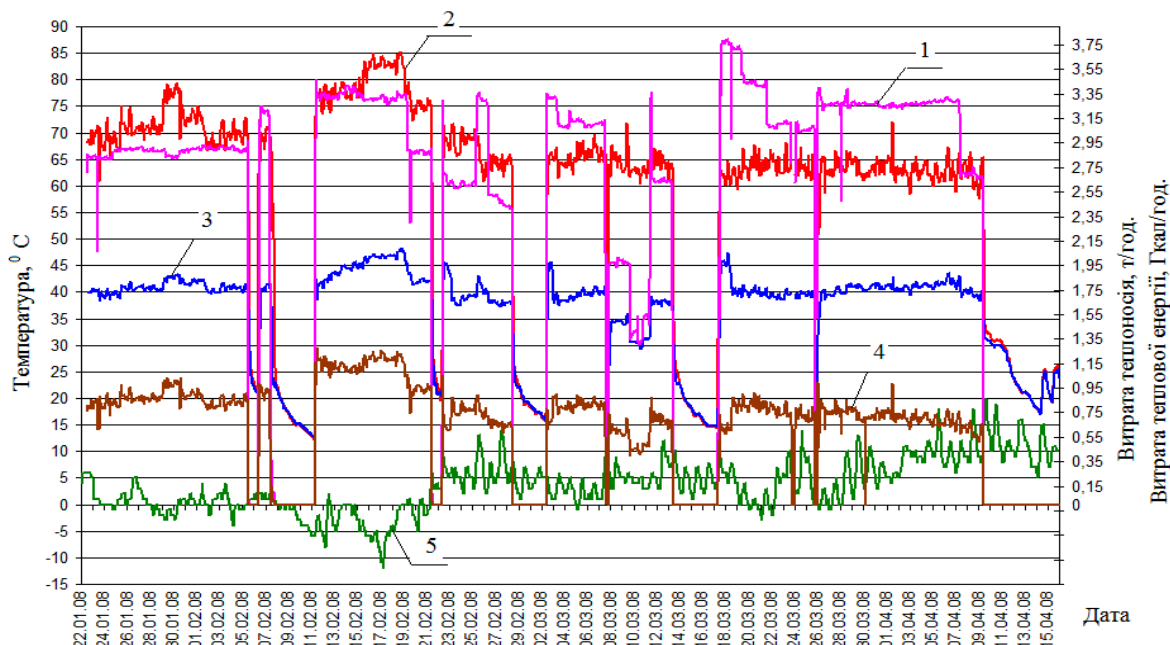


Рисунок 1 – Характеристики теплопостачання за опалювальний сезон 2007-2008 рр.: 1 – витрата теплоносія; 2 – температура теплоносія в подавальному трубопроводі; 3 – температура теплоносія в зворотному трубопроводі; 4 – витрата теплової енергії (масштаб 10:1); 5 – температура зовнішнього повітря

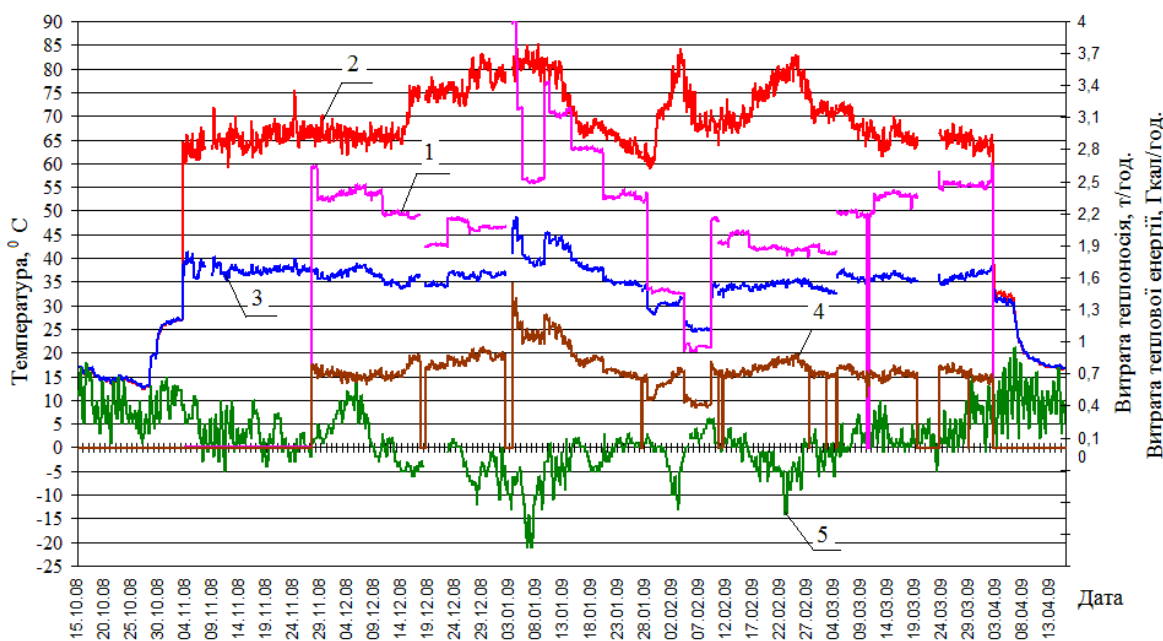


Рисунок 2 – Характеристики теплопостачання за опалювальний сезон 2008-2009 рр.: 1 – витрата теплоносія; 2 – температура теплоносія в подавальному трубопроводі; 3 – температура теплоносія в зворотному трубопроводі; 4 – витрата теплової енергії (масштаб 10:1); 5 – температура зовнішнього повітря

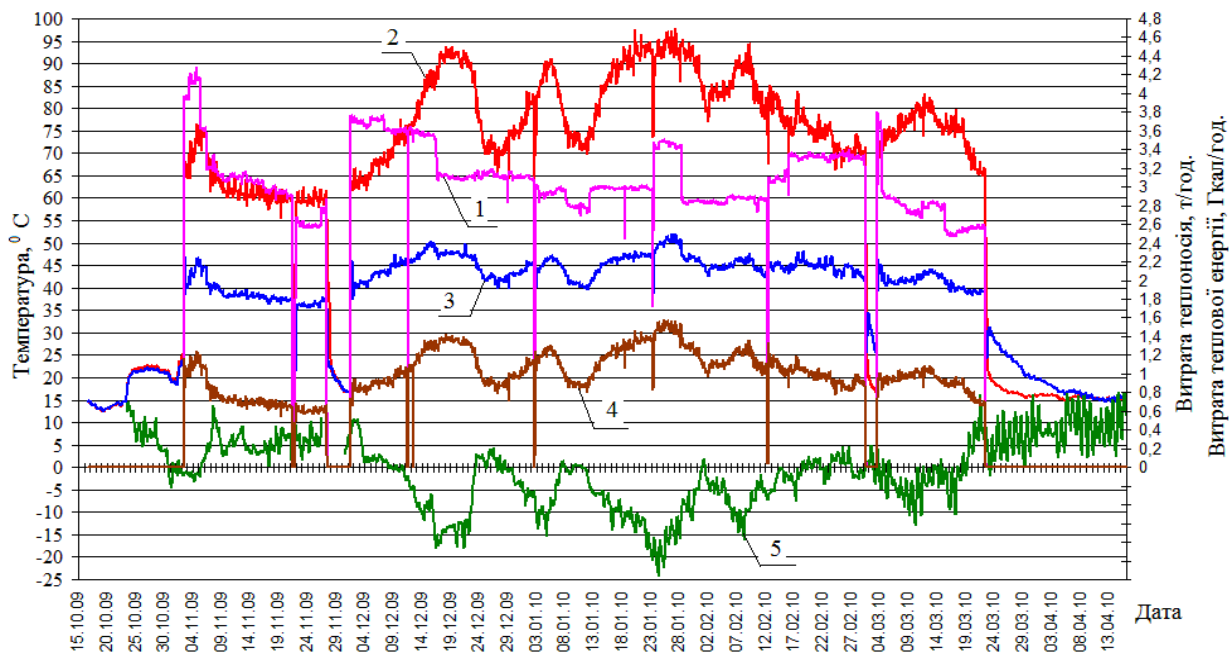


Рисунок 3 – Характеристики теплопостачання за опалювальний сезон 2009-2010 рр.: 1 – витрата теплоносія; 2 – температура теплоносія в подавальному трубопроводі; 3 – температура теплоносія в зворотному трубопроводі; 4 – витрата теплової енергії (масштаб 10:1); 5 – температура зовнішнього повітря

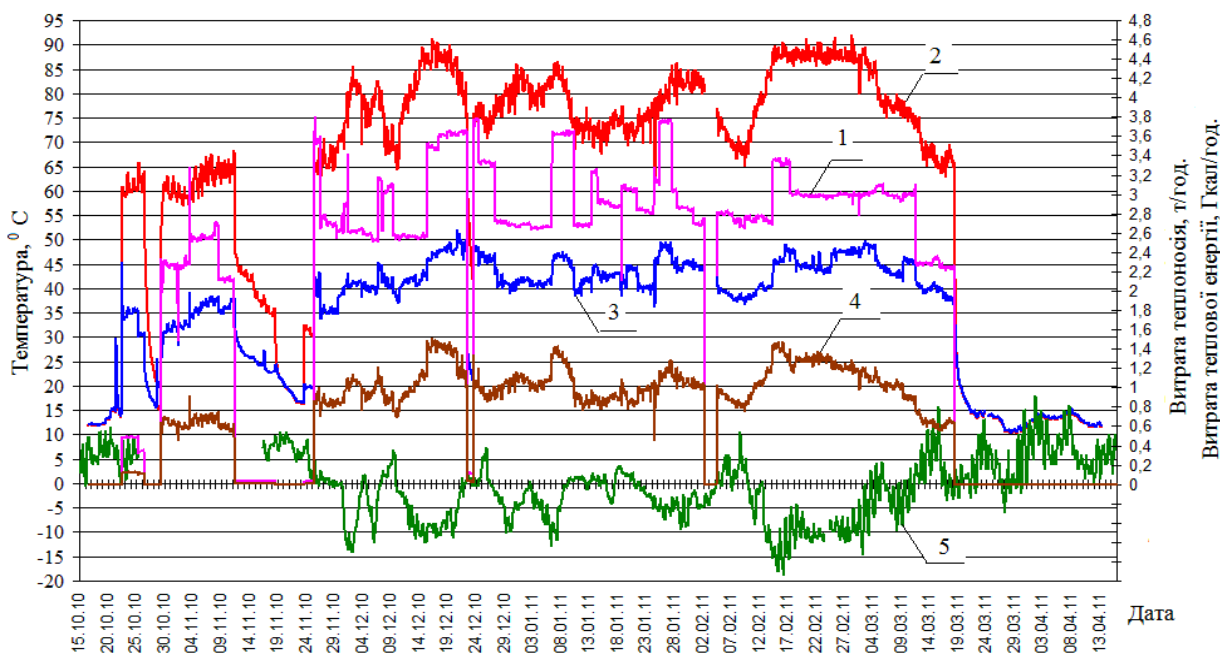


Рисунок 4 – Характеристики теплопостачання за опалювальний сезон 2010-2011 рр.: 1 – витрата теплоносія; 2 – температура теплоносія в подавальному трубопроводі; 3 – температура теплоносія в зворотному трубопроводі; 4 – витрата теплової енергії (масштаб 10:1); 5 – температура зовнішнього повітря

Для даного періоду були визначені наступні середні значення:  $t_{\text{зовн. сер.}} = -2,8 \text{ } ^\circ\text{C}$ , витрата теплоносія  $G_{\text{сер.}} = 3,1 \text{ т/год.}$ , температура теплоносія в подавальному трубопроводі  $t_{\text{под. сер.}} = 76,5 \text{ } ^\circ\text{C}$ , температура теплоносія в зворотному трубопроводі  $t_{\text{звор. сер.}} = 43,3 \text{ } ^\circ\text{C}$ , при цьому середня витрата теплової енергії на опалення корпусу становила  $E_{\text{сер.}} = 0,101 \text{ Гкал/год.}$  Максимальні значення температури подачі (до  $98,0 \text{ } ^\circ\text{C}$ ) спостерігалися при мінімальних величинах температури зовнішнього повітря (до  $-25,0 \text{ } ^\circ\text{C}$ ).

На рис.4 показані основні характеристики теплопостачання за дещо скорочений опалювальний сезон 2010-2011 рр. Для даного періоду були визначені наступні середні значення:  $t_{\text{зовн. сер.}} = -2,4$  °С, витрата теплоносія  $G_{\text{сер.}} = 2,6$  т/год., температура теплоносія в подавальному трубопроводі  $t_{\text{под. сер.}} = 73,4$  °С, температура теплоносія в зворотному трубопроводі  $t_{\text{звор. сер.}} = 40,5$  °С, при цьому середня витрата теплової енергії на опалення корпусу становила  $E_{\text{сер.}} = 0,089$  Гкал/год. Максимальні значення температури подачі (до 92,0 °С) спостерігалися при мінімальних величинах температури зовнішнього повітря (до – 19,0 °С).

В табл. 1 представлені порівняльні узагальнені дані параметрів системи теплопостачання для опалювальних сезонів 2007-2011 рр., як для корпусу №1, так і для всієї площадки ІТТФ НАН України по вул. Булаховського, 2. Вартість 1 Гкал теплової енергії становила з 30.10.2006 р. 58,89 грн., за (жовтень, листопад, грудень) 2010 р. – 1 Гкал = 481,32 грн., а за (січень, лютий, березень) 2011 р. – 1 Гкал = 532,22 грн.

Таблиця 1 – Узагальнені дані параметрів системи теплоспоживання за сезонами

	Площадка Булаховського, 2				Корпус №1			
	2007-2008	2008-2009	2009-2010	2010-2011	2007-2008	2008-2009	2009-2010	2010-2011
Опалювальний сезон, рр.	2007-2008	2008-2009	2009-2010	2010-2011	2007-2008	2008-2009	2009-2010	2010-2011
Середня тем-ра зовн. пов., °С	3,0	-0,4	-2,2	-2,0	3,0	-0,4	-2,2	-2,0
Витрата теплової енергії, Гкал	1550	1248,5	1406,5	1331,5	126	216	324	294
Тривалість опал. сезону, діб	157	155	151	148	52	112	141	148
Середнє спожив., Гкал/год.	0,41	0,34	0,39	0,38	0,1	0,08	0,1	0,08
Вартість спожитої теплової енергії, тис. грн.	246,3	198,4	223,5	683,8	20	34,3	51,5	151,1
Річні витрати теплової енергії, (кВт год.)/рік	1802650	1452006	1635760	1548535	146538	251208	376812	341922
Питомі тепловитрати на опал., (кВт год.)/(рік м²)	139,1	112	126,2	119,5	45,2	77,5	116,3	105,5
Питомі тепловитрати на опалення, при 181 добі повноцінного опалювального сезону, (кВт год.)/(рік м²)					157,4	125,3	149,3	129,1
					Середнє: <b>140,3</b> (кВт год.)/(рік м²)			

З табл. 1 випливає, що питомі тепловитрати на опалення в корпусі №1 в середньому становлять 140 (кВт год.)/(рік м²). Це свідчить про те, що будівля знаходиться в більш-менш нормальному стані у порівнянні із будівлями, в яких середньостатистичні питомі тепловитратами для України становлять 250 (кВт год.)/(рік м²).

З наведених даних цільового енергетичного обстеження корпусу №1 слідє, що вказана будівля знаходиться в належному стані з точки зору енергоспоживання, а тому в корпусі №1 доцільно впроваджувати ІТП.

#### Порівняння температурного графіку теплопостачальної організації з реальними температурами теплоносія

Як видно з графіків (рис. 1-4), максимальна температура теплоносія, який поступає в будівлю становить 97,0 °С при температурі зовнішнього повітря -25,0 °С (2009-2010 рр.). Заявлений графік теплопостачальної організації становить: температура подавального теплоносія – 115,0 °С, а зворотного – 70,0 °С (при розрахунковій температурі зовнішнього повітря для м. Києва – 22,0 °С). Температура зворотного теплоносія у вказаному періоді 2007-2011 рр. коливалась в межах  $40,0 \pm 3,0$  °С.

На рис. 5 показано порівняння реальних температур теплоносія, що надходить до будівлі, з температурним графіком теплопостачальної організації в залежності від температури зовнішнього повітря для опалювального періоду 2013-2014 рр.

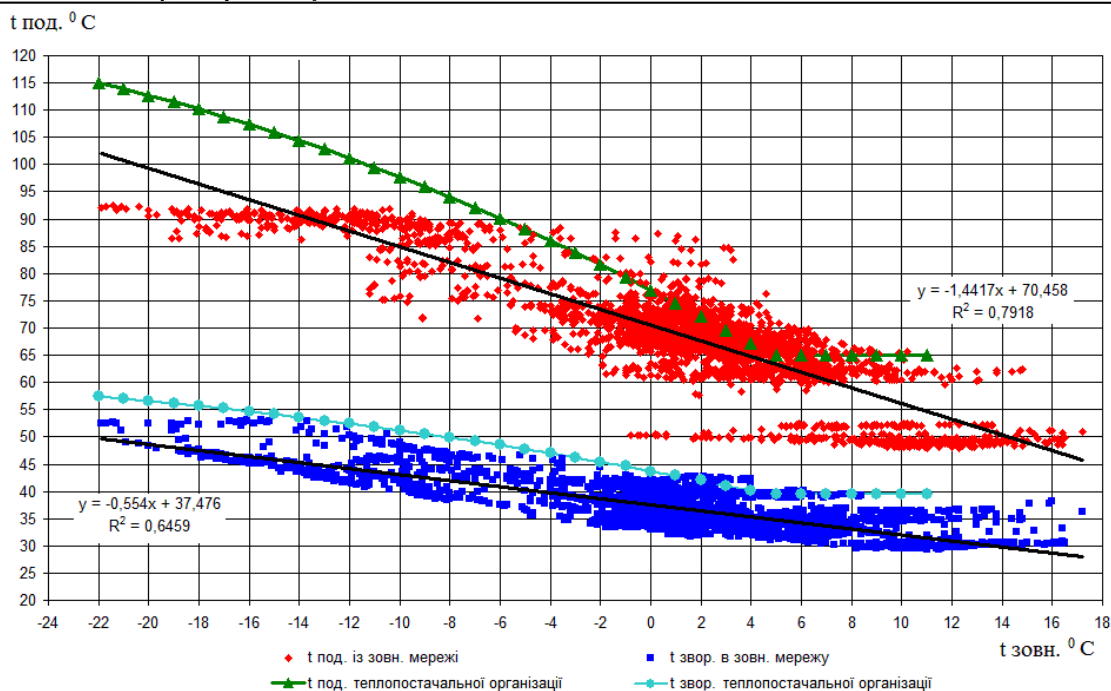


Рисунок 5 – Порівняння графіку теплопостачальної організації з температурами теплоносія будівлі

Встановлено, що заявлений температурний графік теплопостачальної організації не дотримується, що в свою чергу впливає на комфортні умови для споживача.

#### Результати енергетичного обстеження.

В результаті проведеного цільового енергетичного обстеження будівлі та її системи теплоспоживання було встановлено наступне:

1. В середньому трьохповерхова будівля каркасно-панельного типу споживає 140 кВт годин на 1 кв. м. опалюваної площі за опалювальний період, що є достатньо нормальним (задовільним) показником для будівлі з 42 річним терміном експлуатації. Даний показник теплоспоживання будівлі на 40...45% менший, ніж середній показник теплоспоживання будівель в Україні.

2. Наявні значні втрати теплоти через плоский дах, фундамент, вікна та з інфільтрацією повітря, коефіцієнт якої становить 0,4 1/годину.

3. Наявні періоди експлуатації системи теплозабезпечення ІТТФ, коли збільшувались витрати теплоносія без потреби в ньому споживачем, особливо в святкові та в вихідні дні, або наприкінці опалюваного сезону. Це призводило до переплат за теплоту і надмірних витрат коштів.

4. Температурний графік теплопостачальної організації не дотримувався.

5. Проведені дослідження показали перевищення електричної напруги в мережі майже на 15 %. Таке штучне перевищення напруги було зовсім небажаним, тому-що, по-перше, призводило до частого виходу з ладу електричних приладів, зокрема блоків живлення ПК, а, по-друге, призводило до непотрібних перевитрат майже на 27% коштів, сплачених за використання електроенергії штучно підвищеної напруги.

#### Висновки

В ІТТФ НАН України були проведені ретельні довготривалі експериментальні дослідження теплоспоживання адміністративної будівлі з нерегульованою системою теплопостачання елеваторного типу. На основі отриманих експериментальних даних побудовані графічні залежності витрати теплоносія, теплової енергії і температури теплоносія в залежності від температури зовнішнього повітря та розраховані питомі тепловитрати на опалення будівлі. Результати енергетичного обстеження будівлі показали, що вона знаходиться в належному стані з точки зору енергоспоживання, а тому в ній доцільно впроваджувати заходи щодо зменшення споживання теплової енергії шляхом встановлення автоматизованого індивідуального теплового пункту.

#### Список використаної літератури

1. ДСТУ-НБА.2.2-5:2007. Настанова з розроблення та складання енергетичного паспорта будинків при новому будівництві та реконструкції.-К.: Мінрегіонбуд України, 2008. – 43 с.
2. *И.А. Немировский* Энергоаудит в бюджетных организациях и ЖКХ // Энергосбережение. Энергетика. Энергоаудит. – 2011. – №10 (92). – С. 62-67.

3. Мищенко В.Я., Баринов В.Н., Горбанева Е.П., Назаров А.Н. Энергетическое обследование (энергоаудит) объектов социальной сферы // Научный вестник Воронежского государственного архитектурно-строительного университета. Строительство и архитектура. – 2012. – № 1. – С. 77-84.

4. Тыршу М.С., Зайцев Д.А., Голуб И.В. Энергоаудит как инструмент энергосбережения // Проблемы региональной энергетики. – 2013. – № 3 (23). – С. 73-79.

**B. Basok, S. Goncharuk, O. Lysenko, A. Lunina, L. Oliynyk**  
**Institute of Engineering Thermophysics of NASU**

#### **ENERGY AUDIT OF BUILDING AND RESEARCH OF ITS HEAT SYSTEM**

*The article presents the results of the energy audit of the administrative building. The calculation of average annual specific heat loss of the building heating was conducted and the feasibility of a set of measures to reduce the consumption of thermal energy, by establishing individual heat point was determined.*

**Keywords:** building, energy audit, heating, heat consumption, energy saving.

#### **References**

1. DSTU-NBA.2.2-5: 2007. Guidelines for the development and preparation of energy passports of buildings with no-ments construction and rekonstruktsiyi.-К.: Minregionstroy Ukraine, 2008. – 43 с.

2. I. A. Nemirovsky, Energyaudit in budgetary organizations and ZHKKH // Energosbeoyezheniye. Energetika. Energoaudit. – 2011. – №10 (92). – P. 62-67.

3. Mishchenko V. Ya., Barinov V. N., Gorbaneva Ye. P., Nazarov A. N. Energy Survey (Energy Audit) of Objects of the Social Sphere // Nauchnyy vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo arkhitektarno-stroitel'nogo universiteta. Stroitelstvo i arkhitektura. – 2012. – № 1. – P. 77-84.

4. Tirshu M., Zaitsev D., Golub I. Energy audit as a tool for decreasing of energy consumption // Problemy regionalnoy energetiki. – 2013. – № 3 (23). – P. 73-79.

УДК 697.1

**Б.И. Басок**, чл.-корр. НАН Украины, **С.М. Гончарук**, канд. техн. наук, **О.Н. Лисенко**, канд. техн. наук, **А.А. Луніна**, **Л.В. Олейник**

**Институт технической теплофизики НАН Украины**

#### **ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЕ ОБСЛЕДОВАНИЕ ЗДАНИЯ И ИССЛЕДОВАНИЕ ЕГО СИСТЕМЫ ТЕПЛОПОТРЕБЛЕНИЯ**

*В статье представлены результаты энергетического обследования административного здания. Проведенный расчет средних годовых удельных теплотерь на отопление здания и определена целесообразность внедрения комплекса мероприятий по уменьшению потребления тепловой энергии путем установления индивидуального теплового пункта.*

**Ключевые слова:** здание, энергоаудит, отопление, теплотребления, энергосбережения.

Надійшла 13.10.2016

Received 13.10.2016

УДК 621.311.1:621.9.263:681.51/54

**В.П. Калинчик**, канд. техн. наук, доц., **В.П. Розен**, докт. техн. наук, проф.,  
**С.П. Шевчук**, д-р техн. наук, проф., **А.В. Мейта**, канд. техн. наук, доц.

**Национальный технический университет Украины**

**«Киевский политехнический институт имени Игоря Сикорского»**

#### **ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОЕ УПРАВЛЕНИЕ МЕХАТРОННЫМ КОМПЛЕКСОМ «ДРОБИЛКА-МЕЛЬНИЦА» С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ИСКУССТВЕННЫХ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ**

*В работе рассматривается моделирование работы дробильно-помольного комплекса с применением искусственных нейронных сетей. Моделирование механического процесса измельчение проводится при комплексном учете факторов определяющих его протекание. Построенная модель используется при оптимизации электропотребления мехатронного комплекса. Показано, что при разработке модели дробильно-помольного комплекса учет наибольшего числа факторов и их взаимного влияния возможен при использовании в качестве базовой модели многослойного перцептрона.*

**Ключевые слова:** электропотребление, оптимизация, нейросетевая модель.

© В.П. Калинчик, В.П. Розен, С.П. Шевчук, А.В. Мейта, 2016