

УДК 64.066.22: 658.26: 621.31: 620.9

С.Т. ТОЛМАЧОВ, д-р техн. наук, проф., О.В. ІЛЬЧЕНКО, канд. техн. наук, доц.,
 Д.В. БАТРАКОВ, викладач, С.Л. БОНДАРЄВСЬКИЙ, ст. викл.,
 Ж.Г. РОЖНЕНКО, канд. техн. наук, доц., Р.О. ПАРХОМЕНКО, ст. викл.
 ДВНЗ «Криворізький національний університет»

АНАЛІЗ ОСНОВНИХ ПОКАЗНИКІВ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ В ДВНЗ «КРИВОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ»

Проведено аналіз стану енергоспоживання та енергоефективності в університеті, наведено проблемні питання в даній сфері. Окреслено основні шляхи щодо підвищення ефективності використання теплової та електричної енергії в умовах бюджетної організації, зокрема в ДВНЗ «Криворізький національний університет».

Проблема і її зв'язок з науковими та практичними задачами. У наш час збереження високого рівня енергоемності валового внутрішнього продукту України та обсягів споживання дефіцитних енергоресурсів кваліфікується як загроза національній безпеці України в економічній, енергетичній, екологічній і соціальній сферах [1-3]. Якщо за показником споживання первинної енергії на душу населення Україна має відносно високі показники, то за ефективністю її використання - один з найнижчих показників (на душу населення Україна виробляє у 30-40 разів менше валового продукту, ніж країни з енергоефективною економікою). Протягом останніх десятиліть основою енергетичної політики промислово розвинених країн є теза «найбільш дешевою є не вироблена енергія, а збережена або ефективно використана». Для України ця теза має дуже актуальний характер. В 2009 р. енергоносії «коштували» Криворізькому технічному університету (з грудня 2011 р. увійшов у структуру «Криворізький національний університет») близько 5 млн грн., а у 2010 р. вже біля 6 млн. грн. Цей же показник в 2011 р. становив більше 7 млн грн. Якщо врахувати, що за прогнозними оцінками ряду провідних фахівців очікуване зростання цін на окремі види енергоресурсів за 5-7 років складе: на електричну енергію - 250 %, на природний газ - 560 %, а на теплову енергію - 480 %, стає очевидною нагальна потреба розробки термінових енергоефективних заходів, спрямованих на суттєве зменшення споживання води, теплової та електричної енергії.

Аналіз досліджень та публікацій. Особливо незадовільний стан енергоефективності спостерігається в бюджетній сфері - як на місцевому, так і на централізованому рівнях [1-5]. Практично оплата за спожиту енергію є основним бюджетним навантаженням будь-якої установи, причому з кожним роком воно суттєво зростає.

Викладення матеріалу та результати. В першу чергу слід звернути увагу на споживання теплової енергії будівлями університету. Групою енергоменеджменту «Регіонального центру енергоефективних технологій з енергозбереження» (РЦЕТЕ) був проведений аналіз показників витрат теплової енергії за 2009-2011 рр. будівлями університету (табл. 1) і наведена класифікація згідно з оцінкою класу витрат за «Європейською класифікацією споживання теплової енергії» на одиницю площі будівлі, яка зображена на рис. 1.

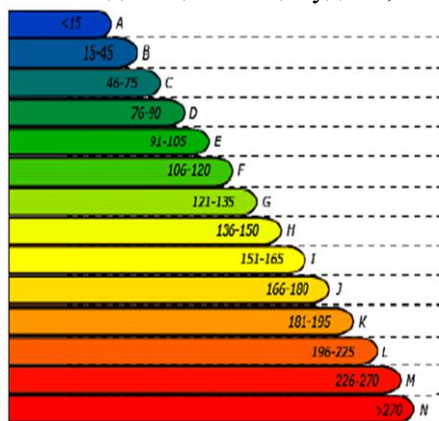


Рис. 1. Стандартизовані витрати теплової енергії (кВт·год/м²) за класами згідно з Європейською класифікацією витрат теплової енергії

Для порівняння зазначимо, що середньоевропейський показник витрат теплової енергії становить 35-40 кВт·год/м², у багатьох розвинених країнах у сучасні будівлі закладено норму в 15 кВт·год/м² і менше. Щодо України, то у нас цей показник у середньому становить біля 200 кВт·год/м² і, очевидно, є неприпустимо високим. Але навіть на фоні високих середніх по Україні показників звертають на себе увагу такі «рекордсмени» університету як «Палац молоді і студентів» - 251,5 кВт·год/м², навчально-лабораторний корпус (прибудова) - 245,17 кВт·год/м², навчальний корпус № 2 у 2010 р. - 238 кВт·год/м², навчальний корпус № 2 (книгосховище) - 331 кВт·год/м², спортзал - 234,1 кВт·год/м², гаражі - біля 300

кВт·год/м². З урахуванням, що середній по університету показник витрат теплової енергії (108,34 кВт·год/м²) менший за середньоукраїнський, у нас є величезний потенціал енергозбереження теплової енергії, як найбільш витратної статті бюджету університету.

Наприклад, зменшення споживання теплової енергії тільки на 5 % забезпечує економію порядку 250-300 тис. грн. (за цінами 2010-2011 рр.). У той же час енергоефективні заходи з утеплення приміщень гарантують 25-30 % економії теплової енергії. Звичайно, такий значний показник економії потребує великих капіталовкладень і не може бути досягнутий у короткотерміновій перспективі, але отримати 5-10 % економію при належній організації робіт та прийнятному фінансуванні можна у найближчі рік-два.

Таблиця 1

Динаміка витрат теплоенергії у 2010-2011 роках будівлями університету

Найменування будівлі	Площа, м ²	Витрата тепла, кВт·год		Відхилення, кВт·год, 2011/2010	Витрата тепла на одиницю площі, кВт·г/м ²		Клас витрат (за єврокласом) 2011	Клас витрат (за ДБН) 2011
		2010	2011		2010	2011		
Навчальний корпус №1	23511	2167390,4	1785634,4	-381756	92,1862	75,9489	E	C
Навч.-лаб. корпус (прибудова)	4056	938068,8	994410	56341,2	231,2793	245,1701	M	F
Виставковий павільйон	720	73126,4	77522,8	4396,4	101,5644	107,6706	E	D
ПМіС	3079	839051,2	774358	-64693,2	272,5077	251,4966	N	F
Навчальний корпус №6	10787	663775,2	662719,6	-1055,6	61,5347	61,4369	C	B
Гуртожиток №2	5505	301855,2	342223,2	40368	54,8329	62,1659	C	B
Гуртожиток №3	4675	474103,6	459371,6	-14732	101,4125	98,2613	E	E
Гуртожиток №4	7096	599662	581009,2	-18652,8	84,5070	81,8784	D	D
Навчальний корпус №2	7717	1836686	849004	-987682	238,0520	110,0174	M	F
Навчальний корпус №2 (книгосховище)	312	104504,4	103274,8	-1229,6	334,9500	331,0090	N	E
Лабораторія каф. розробки кор. копалин	283	56921,2	61062,4	4141,2	201,1350	215,7682	L	F
Навчальний корпус №3	5114	734129,2	759660,8	25531,6	143,5528	148,5453	H	F
Навчальний корпус №4	4693	845500,8	935818,4	90317,6	180,1621	199,4073	L	F
Спорткомплекс	750	71293,6	76803,6	5510	95,0581	102,4048	E	F
Спортзал	351	76246,8	82162,8	5916	217,2274	234,0821	L	F
Навчальний корпус №5а	1710	231025,6	217210	-13815,6	135,1027	127,0234	G	D
Гаражі	185	57744,8	54311,2	-3433,6	312,1341	293,5741	N	F
Автомайстерня	223	32735,2	30774,8	-1960,4	146,7946	138,0036	H	E
Навчальний корпус №5 (п'ятиповерховий)	2765	325345,2	305926,8	-19418,4	117,6655	110,6426	C	E
Навчальний корпус №5 (трюх- та двоповерховий)	2768	512952	473593,2	-39358,8	96,2928	88,9043	F	D
За всіма будівлями	88859	10942117,6	9626851,6	-1315266	123,1402	108,3385	G	E

Згідно з державними будівельними нормами [6] питомі тепловитрати на опалення будинків повинні відповідати умові

$$q_{\text{буд}} \leq E_{\text{max}}, \quad (1)$$

де $q_{\text{буд}}$ - розрахункові або фактичні питомі тепловитрати, кВт·год/м² або кВт·год/м³; E_{max} - максимально допустиме значення питомих тепловитрат на опалення будинку за опалювальний період, кВт·год/м² або кВт·год/м³, що встановлюється згідно з табл. 2 залежно від призначення будинку, його

поверховості та температурної зони експлуатації будинку, що приймається згідно з будівельними нормами. Дніпропетровська область і, відповідно, місто Кривий Ріг відносяться до другої температурної зони України [6] з нормативною кількістю градусодіб опалювального періоду на рівні від 3001 до 3500. Будівлі гуртожитків відносяться за призначенням до категорії «Житлові будинки та готелі», навчальні корпуси до категорії «Громадські й адміністративні будинки».

Таблиця 2

Нормативні максимальні тепловитрати багатоповерхових будинків

Призначення будинку/кількість поверхів	Значення E_{max} , кВт·год/м ² , [кВт·год/м ³], для температурної зони			
	I	II	III	IV
Житлові будинки та готелі /	89 [32]	77 [28]	65 [24]	53 [19]
від 4 до 5	83 [30]	72 [26]	61 [22]	50 [18]
від 6 до 7	79 [29]	69 [25]	58 [21]	48 [17]
від 8 до 9	[44]	[38]	[32]	[26]
Громадські й адміністративні будинки /	[40]	[34]	[29]	[24]
1	[40]	[34]	[29]	[24]
2	[38]	[33]	[28]	[23]
3	94 [35]	81 [31]	69 [26]	56 [21]
від 4 до 5	89 [33]	77 [29]	65 [24]	53 [20]
від 6 до 7	83 [31]	72 [27]	61 [23]	50 [19]
від 8 до 9	89 [32]	77 [28]	65 [24]	53 [19]

Виконання умови (1) для будинку, що проектується або експлуатується, перевіряється на підставі результатів енергетичного аудиту будинку або з використанням математичних моделей теплового режиму будинку, а також за результатами розрахунків згідно з будівельними нормами [6].

Розрахункове значення питомих тепловитрат на опалення будинку за опалювальний період $q_{буд}$, кВт·год/м² або кВт·год/м³, визначається за формулою

$$q_{буд} = Q_{рік} / F_h, \text{ кВт·год/м}^2 \quad (2)$$

або

$$q_{буд} = Q_{рік} / V_h, \text{ кВт·год/м}^3, \quad (3)$$

де $Q_{рік}$ - витрати теплової енергії на опалення будинку протягом опалювального періоду року, кВт·год, що визначається на підставі результатів енергетичного аудиту будинку або за результатами розрахунків згідно з [6]; F_h, V_h - опалювана площа або об'єм будинку, м² або м³, що визначається згідно з положеннями ДБН В.2.2-15, ДБН В.2.2-9, СНиП 2.04.05, а також положеннями [6].

При виконанні умови за формулою (1) допускається застосовувати окремі конструктивні елементи теплоізоляційної оболонки із зниженими значеннями опору теплопередачі згідно з державними нормами класифікація витрат теплової енергії виконується за табл. 3. Різниця в % розрахункового або фактичного значення питомих тепловитрат $q_{буд}$ від максимально допустимого значення E_{max} визначається за формулою, %

$$\Delta(\%) = [(q_{буд} - E_{max}) / E_{max}] \cdot 100, \quad (4)$$

Таблиця 3

Класифікація будинків за енергетичною ефективністю за державними нормами

Класи енергетичної ефективності будинку	Різниця в % розрахункового або фактичного значення питомих тепловитрат $q_{буд}$, від максимально допустимого значення E_{max} , $[(q_{буд} - E_{max}) / E_{max}] \cdot 100\%$
A	Мінус 50 та менше
B	Від мінус 49 до мінус 10
C	Від мінус 9 до плюс 5
D	Від плюс 6 до плюс 25
E	Від плюс 26 до плюс 75
F	Плюс 76 та більше

Зазначимо, що порівняно з 2010 р. у 2011 р. витрати на опалення збільшилися на 423,8 тис. грн. і це відбулося виключно за рахунок збільшення вартості теплоенергії. Однак за цінами

енергоносіїв 2010 р., у 2011 р. відбулося б зменшення витрат на 660 тис. грн. У натуральних одиницях зменшення витрат теплоенергії становить 1000 ГКал, що є хорошим показником заходів з енергозбереження. При цьому в 2011 р. кількість градусо-діб становила 2800, а в 2010 р. цей показник становив 2650. Однак, є випадки, коли економія енергоресурсів відбувається внаслідок недотримання санітарно-гігієнічних умов роботи будівлі, тобто засобом недовиконання температурного режиму і теплозабезпечення згідно нормативних показників, що призведе до збільшення витрат електроенергії, що використовується для нагрівальних приладів.

Результати аналогічного аналізу щодо показників споживання електричної енергії наведено на рис. 2-5.



Рис. 2. Витрати електроенергії будівлями КНУ у 2008-2011 роках, кВт·год/м²

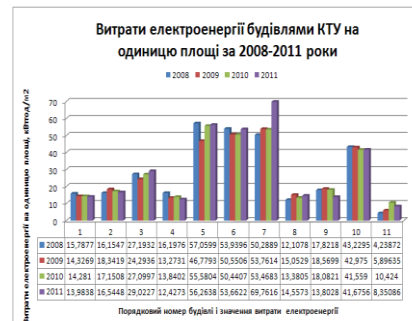


Рис. 3. Витрати електроенергії будівлями КНУ на одиницю площі будівлі у 2008-2011 роках, кВт/год

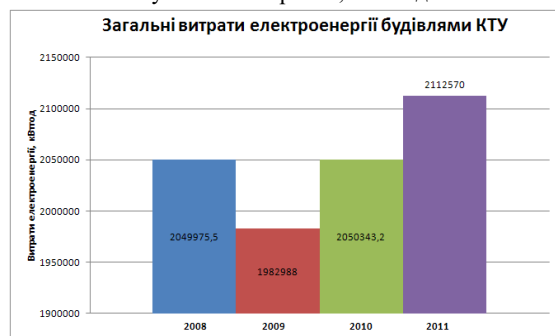


Рис. 4. Загальні витрати електроенергії будівлями КНУ у 2008-2011 роках, кВт/год

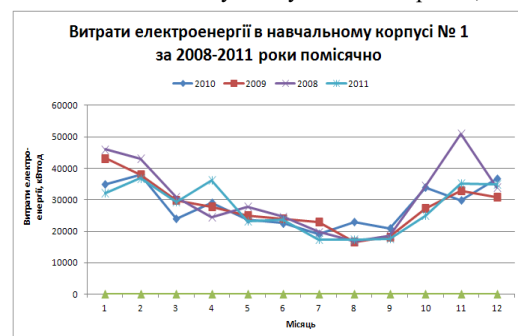


Рис. 5. Динаміка витрат електроенергії в навчальному корпусі №1 помісячно у 2008-2011 рр.

Зазначимо, що чисельні дослідження з енергоменеджменту [1-5] свідчать про те, що при низькому рівні енергоефективності і відповідно великому існуючому потенціалі енергозбереження тільки за рахунок ефективних організаційних (безвитратних) та маловитратних заходів можна забезпечити до 15 % економії енергоресурсів. Але це вимагає жорсткої дисципліни і суттєвого підвищення енергетичної культури, яка, на жаль, є вкрай низькою серед працівників і студентів університету. Тому підвищення енергетичної грамотності (а точніше ліквідація енергетичної безграмотності) повинна бути одним із пріоритетних напрямів роботи з енергозбереження.

Для встановлення параметрів мікроклімату та виконання температурних вимог у період грудень 2011 - лютий 2012 р. групою енергоменеджменту та енергоаудиторів РЦЕТЕ провели обстеження температурного режиму будівель університету шляхом безпосереднього вимірювання температури в характерних точках контролю. Вибір періоду обстеження обумовлений максимально високим рівнем низьких температур, які у зазначений період коливалися в межах від -20°C до $+5^{\circ}\text{C}$. Температура вимірювалася в характерних точках всередині приміщень: вікно (скло), радіатор (температура теплоносія в радіаторах опалення), зовнішня стіна, внутрішня стіна, бокова ліва стіна, бокова права стіна, стеля, підлога. Основними задачами обстеження були: визначення фактичних параметрів температурного режиму у холодний період опалювального сезону в цілому по університету та по окремих будівлях, оцінка відповідності температурного режиму санітарно-гігієнічним нормам, визначення місць найбільш активних втрат теплової енергії, формування переліку першочергових та невідкладних заходів зі зменшення теплових втрат, отримання фактичної інформації для оцінки потенціалу енергозбереження та розробки загальноуніверситетських заходів з підвищення ефективності споживання енергоресурсів. У результаті було встановлено, що середня температура в обстежених будівлях коливається в широких межах - від 0°C до $+24,5^{\circ}\text{C}$. При цьому в переважній більшості з них температура в

приміщеннях складає від 9 до 15 °С, що значно менше нормативно допустимої температури для освітніх заходів (20±2 °С). У середині приміщень спостерігається коливання температури в широких межах, наприклад в головному навчальному корпусі №1 зафіксовані коливання температури від 1 °С до 20 °С на різних поверхах та в межах окремого поверху від 1 °С до 18 °С. Температура радіаторів коливається в межах від 25 до 60 °С, що не відповідає температурному графіку опалення - 70/55 °С. Але є й випадки, коли температура радіаторів складає 79 °С (бокси) і 0 °С (спорткомплекс). У багатьох приміщеннях на кожному поверсі спостерігається тенденція до зниження температури у північному боці будівлі, різниця температур складає до 15 °С. Є приміщення (бокси, деякі будівлі по вул. Пушкіна) в яких температура близька до критичної, нижче якої можливе замерзання системи опалення. У спорткомплексі температура приміщення становить 7,8 °С при температурі радіатора 0 °С, тобто фактично відбувається відбір тепла з приміщення. У переважній більшості стан вікон та входних дверей не відповідає мінімальним вимогам щодо теплового опору. Неприпустимим слід вважати температурний режим у боксах, де зафіксовано найбільш високу температуру теплоносія в радіаторах системи опалення (79 °С) і саму низьку температуру в приміщенні (-3,6 °С). Це призводить до матеріальних втрат в обсязі біля 75 тис. грн. за рік. Цих коштів вистачило б для заміни встановлених у боксі вікон на більш енергоефективні. Є приклади невиконання наказу щодо утеплення приміщень в осінньо-зимовий період (великі щілини у вікнах та дверях, неякісне скління, відсутність утеплення вікон тощо). Звертає на себе увагу неякісне виконання робіт при встановленні металевопластикових вікон. Зафіксовані випадки, коли температура всередині приміщення під підвіконням металевопластикових вікон з необробленими відкосами становить -10,6 °С при зовнішній температурі повітря -19 °С.

Висновки і шляхи подальших досліджень. Стан енергоефективності в університеті знаходиться на низькому рівні і потребує вдосконалення. Існує великий потенціал енергозбереження і підвищення енергоефективних показників в університеті. Для покращення показників енергоефективності слід провести заходи з енергозбереження. Необхідно організувати проведення енергоаудиту всіх будівель університету, в першу чергу найбільш енергоємних та потужних за обсягами споживання енергії. На основі цих обстежень провести аналіз ефективності систем електро- та теплопостачання, виконати розрахунок теплового навантаження корпусів, огорожувальних конструкцій, тощо. За результатами енергоаудиту дослідити та обрахувати основні варіанти можливостей енергозбереження. Важливим заходом є організація відповідальної і дієвої університетської інспекції з питань енергозбереження та розробка спеціального положення, яке регламентує економне споживання енергії всіма співробітниками університету.

Список літератури

1. **Праховник А.В.** Енергетичний менеджмент. / **Праховник А.В., Розен В.П., Розумовський О.В.** // Навчальний посібник, та ін. -К., ІЕЕ НТТУ «КПІ», 1999, с. 184.
2. **Бакалін Ю.І.** Енергозбереження та енергетичний менеджмент: Навчальний посібн...-3-е вид., доп. та перероб...-Харків: Бурун і К, 2006.-320 с.
3. **Данилов О.Л.** Практическое пособие по выбору и разработке энергосберегающих проектов: В 7 разделах: Электронная библиотека / Под общ. ред. О.Л. Данилова, П.А. Костюченко.-М: Технопромстрой, 2006.-668 с.
4. Кривой Рог переходит на режим экономии - Кривой Рог сетевое обозрение - Глобус Кривого Рога: http://www.krivoy-rog.com/index.php?option=com_content&task=view&id=130347
5. **Сафіуліна К.Р., Колієнко А.Г., Тормосов Р.Ю.** Енергозбереження в університетських містечках: посібник для студ. вищих закл. освіти.-К: Поліграф плюс, 2010. – 328 с.
6. ДБН В.2.6-31:2006. Конструкції будівель і споруд. Теплова ізоляція будівель. К: Укрархбудінформ, 2006.

Рукопис подано до редакції 29.03.12

УДК 621.311.4.031

О.М. СІНЧУК, д-р техн.наук, проф., С.М. БОЙКО, аспірант
Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського

ДО ПИТАННЯ ПРО ВИБІР ПОТУЖНОСТЕЙ ВІТРОГЕНЕРАТОРНИХ МІНІЕЛЕКТРОСТАНЦІЙ ДЛЯ ПІДЗЕМНИХ ВИРОБОК ШАХТ

Досліджено можливі потужності вітрогенераторів з різними типами вітрових коліс в підземних виробках шахт. Проаналізовано дані щодо роботи ортогональної вітроустановки за шахтних умов. Обґрунтовано застосування, для шахт, вітрогенераторів з вертикальною віссю обертання.