

УДК 621.331:621.006.354:697.1

О.М. ПШІНЬКО, Д.К. ЯЦЕНКО, В.Г. КУЗНЕЦОВ, М.В. ШАПТАЛА

Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту ім. ак. В. Лазаряна

## **АНАЛІЗ ВПРОВАДЖЕННЯ ЕНЕРГОЗБЕРІГАЮЧИХ ЗАХОДІВ В УНІВЕРСИТЕТІ**

*У даній статті описуються енергозберігаючі заходи, що впроваджено в Дніпропетровському національному університеті залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна, розраховано ефект від їх використання, визначені подальші дії.*

**Ключові слова:** енергозбереження, система електропостачання, система тепlopостачання, втрати електроенергії, тариф, підстанція, клас напруги, компенсуючий пристрій

Передовий досвід країн з ринковою економікою вказує на можливість суттєвого підвищення ефективності використання паливно-енергетичних ресурсів шляхом впровадження низки заходів з енергозбереження. Для досягнення високої ефективності енергозберігаючих заходів вони повинні базуватися на результатах ретельного енергетичного обстеження систем виробництва, передачі та використання енергії. Метою даної роботи є проведення аналізу стану використання паливно-енергетичних ресурсів в ДНУЗТ та визначення шляхів підвищення ефективності системи електро- та теплоспоживання університету.

### **ДНУЗТ як споживач електроенергії**

ДНУЗТ отримує електричну енергію від ПАТ «ЕК Дніпрообленерго» за основним введенням напругою 35 кВ та резервним – 6 кВ. Приєднана потужність 4000 кВА. Дозволена потужність 2860 кВА. Категорія надійності електропостачання – 2. Середнє річне споживання електроенергії становить 5000000 кВт·год. Основні споживачі: навчальні корпуси та лабораторії, житлові будинки, гуртожитки. В профілі споживання електроенергії присутні значні як сезонні так і короткострокові коливання. Так, в середньому, витрати електроенергії взимку більше в 2,5 – 3 рази, ніж витрати влітку. Ступінь зношеності основного силового обладнання складає приблизно 80%.

Наявність власної підстанції 35/6 кВ дає можливість отримувати електричну енергію за тарифами 1 класу. Тарифи на електроенергію складають для 1 класу 0,88104 грн за 1 кВт·год а для другого класу – 1,122152 грн. за 1 кВт·год на травень 2012 р. Таким чином економія коштів за рахунок отримання електроенергії за 1 класом складає 27%. Підстанції університету здійснюють транзит електричної енергії субспоживачам. Відшкодування за транзит відповідно до договорів про спільне використання мереж

складає близько 80000 грн. на рік, та склало у 2011 році 79488 грн. ,за поточний період 2012 р. 34992 грн.

Дані про споживання електроенергії споживачами ДНУЗТа представлені в табл.1. До 2005 р. реактивна енергія не сплачувалась. За табл. 1 можна простежити зміни річного споживання електроенергії. При оцінці змін річного споживання слід враховувати природне зростання споживання за рахунок придбання лабораторного обладнання, комп'ютерів та побутових приладів. З табл.1 видно, що незважаючи на зазначене середні витрати за рік залишаються на одному рівні. Також помітне різке зниження споживання реактивної енергії та зміна споживання за тарифними групами.

При розробці заходів з енергозбереження дуже важливо оцінити потенціал енергозбереження об'єкту. Оцінкою потенціалу енергозбереження та підвищенням ефективності споживання електроенергії займались багато вчених [1, 2]. Як правило, визначення резервів з економії паливно-енергетичних ресурсів виконується під час проведення енергетичного аудиту. В 2007 р. кафедрою «Електропостачання залізниць» був проведений енергетичний аудит ДНУЗТ [3, 4].

Таблиця 1. **Загальний обсяг витрат електроенергії по роках (усереднено)**

Рік	Активна енергія, кВт·год	Реактивна енергія, кВар·год	Університет	Житлові будинки	Гуртожитки
2002	4966000				
2003	4200000				
2004	4943000				
2005	4300000	2600000			
2006	5466000	3092000	3935000	772000	759000
2007	5218000	2850000	3210000	686000	1322000
2008	5728000	2638000	3299000	645000	1784000
2009	4843000	1219000	2201000	677000	1965000
2010	5533000	433000	2626000	850000	2057000
2011	5145000	526000	2361000	799000	1985000
2012	5053135	540959	2258527	848448	1987447

Було встановлено, що в університеті існує значний потенціал енергозбереження, якщо прийняти до уваги загалом низькі рівні ізоляції конструкцій будівель, практичну відсутність регуляторів технологічних процесів (опалювання, освітлення і інших) в корпусах. В умовах постійного зростання вартості енергоносіїв та значної

енергоємності основного обладнання першочерговим завданням для університету є підвищення ефективності споживання енергетичних ресурсів.

В ДНУЗТ запроваджено наступні заходи з економії електроенергії:

- проведення енергетичного аудиту університету;
- визначення власного потенціалу енергозбереження;
- компенсація реактивної потужності;
- вдосконалення автоматизованої системи обліку і контролю електроенергії університету;
- заміна ламп розжарювання на енергозберігаючі лампи.

#### **Компенсація реактивної потужності**

Річне споживання реактивної енергії до 2009 р. складало в середньому 2900000 кВар·год. При цьому  $\text{tg } \varphi$  дорівнював в середньому 0,5-0,6, а в літні місяці більш ніж 1,0 при нормі 0,25. У 2009 році були введені в експлуатацію компенсаційні пристрої в кількості 5 шт. загальною потужністю 475 кВар з автоматичним регулюванням. Пристрої також зменшують споживання активної енергії за рахунок зменшення повного навантаження мереж і трансформаторів. Місця установки компенсаційних пристроїв та їх комплектація визначені шляхом розрахунків та практичних вимірювань для отримання максимальних економічних показників. Вартість компенсаційних пристроїв склала 142307 грн. Як видно з табл.1 в порівнянні з 2005 р. зменшення споживання реактивної потужності склало 20,2%.

#### **Зменшення витрат в електричних мережах**

Під час заміни застарілих електромереж відповідно до сучасних вимог зменшуються витрати. Наприклад, річне споживання по гуртожитку № 3 за 2008 р. склало 222830 кВт·год., а після капітального ремонту склало у 2009 р. – 189453 кВт·год, у 2011 р. – 176979 кВт·год. При цьому економія склала 16726 грн. на рік.

#### **Заміна ламп розжарювання на енергозберігаючі**

На об'єктах університету виконано заміну ламп розжарювання на енергозберігаючі. При проведенні ремонту та обслуговування електромереж виконується заміна світильників на люмінесцентні. Закупівля енергозберігаючих ламп виконується у рамках коштів на поточну експлуатацію. Лампи розжарювання (крім спеціальних) в університеті не використовуються.

#### **Облік електроенергії та енергоаудит**

На території університету розташовані споживачі трьох тарифних груп: група

7 – промислові споживачі, група 9 – житлові будинки та гуртожитки, група 911 гуртожитки з електроплитами. За Радянських часів тарифи за групами відрізнялися не суттєво, тому більшість споживачів тарифікувалась як промислові споживачі (найдорожча група). Це пов'язано з недосконалістю схеми живлення та обліку. З 2008 р. різниця в тарифах збільшилась, і були вжиті заходи для покращення співвідношення тарифних груп, не пов'язані з капітальними витратами. Однак схема обліку залишилась недосконалою.

В 2009 р. було проведено модернізацію силових електромереж гуртожитків, начального корпусу та інших задіяних об'єктів, що дало можливість відокремити споживачі різних груп та реалізувати коректну схему обліку. При цьому виконана заміна усіх вузлів обліку та їх компонентів. Встановлена та здана в промислову експлуатацію автоматизована система комерційного обліку електроенергії (АСКОЕ). Дані про зменшення витрат на оплату електроенергії завдяки зміні співвідношення споживання за тарифними групами приведені в табл. 2.

Наявність АСКОЕ дає можливість ефективно контролювати стан та параметри енергосистеми та здійснювати необхідні розрахунки в рамках енергоаудиту, який здійснюється відповідними підрозділами університету.

**Таблиця 2. Зменшення витрат університету завдяки зміні співвідношення споживання за тарифними групами**

Тарифна група	Споживання за тарифною групою 2006 г. (тариф)	Споживання за тарифною групою 2008 г. (тариф)	Споживання за тарифною групою 2010 г. (тариф)	Споживання за тарифною групою 2012 г. (тариф)
7 промислові споживачі	78% (0,26 грн.)	58% (0,42 грн.)	43% (0,58 грн.)	45% (0,74 грн.)
9 житлові будинки, гуртожитки	14% (0,19 грн.)	33% (0,24 грн.)	40% (0,24 грн.)	41% (0,31 грн.)
911 гуртожитки електроплитами	8% (0,14 грн.)	9% (0,18 грн.)	17% (0,18 грн.)	14% (0,23 грн.)

Модернізація системи обліку електроенергії проведена у межах фінансування капітального та поточного ремонту об'єктів університету (без додаткових залучень).

#### **Система теплопостачання студмістечка ДНУЗТ**

Втрати енергії відбуваються на трьох ключових стадіях: при її виробленні; при транспортуванні до споживача; під час безпосереднього використанні споживачем. У

зв'язку з цим, основними заходами з економії паливно-енергетичних ресурсів у системах теплопостачання є: зниження теплових втрат і підвищення ККД теплогенераторів; відновлення теплоізоляції теплових мереж; зниження теплових втрат на етапі споживання.

Розглянемо можливості зниження споживання палива в системі теплопостачання ДНУЗТ.

На території університету розташовані два навчальних корпуси, спорткомплекс, шість гуртожитків, їдальня, десять житлових будинків, лабораторії та інші будівлі. Теплопостачання студмістечка відбувається централізовано від котельні університету, в якій знаходяться три водогрійні котли типу КВГ і три котли типу Е 1/9, що переведені у водогрійний режим роботи. Основним паливом в котельні є природний газ. Розрахункове максимальне теплове навантаження на систему опалення складає 8,95 МВт, навантаження на систему ГВП – 0,97 МВт.

У табл. 3 представлено розподілення опалювального навантаження, а саме частку окремих об'єктів в ньому. Всього на забезпечення теплотою учбових корпусів, навчальних лабораторій та майстерень, гуртожитків і житлових будинків витрачається – 86,5% від опалювального навантаження, або 69,5% від загального теплового навантаження. Аналіз витрат теплоти на опалення саме цими споживачами є найбільш важливим, оскільки ефект від впровадження енергозберігаючих заходів на цих об'єктах буде найбільш суттєвим.

Структура навантаження системи ГВП відрізняється від структури опалювального навантаження. Найбільше теплоти на ГВП споживають гуртожитки – 67,8% від загальних витрат на ГВП, що складає 6,2% від загального теплоспоживання.

Таблиця 3. Структура навантаження системи опалення та ГВП студмістечка ДНУЗТ

Найменування споживача	Навантаження на систему опалення, %	Навантаження на систему ГВП, %
Учбові корпуси, навчальні лабораторії та майстерні	39,9	9,7
Гуртожитки	26,7	67,8
Житлові будинки	19,9	1,5
Спортивний корпус та басейн	3,3	11,4
Їдальня та інші споруди	10,3	9,6

З метою зменшення втрат палива на теплопостачання в університеті щорічно розробляються і впроваджуються енергоефективні заходи. Деякі з них: відновлення

теплової ізоляції теплових мереж, заміна негерметичних дерев'яних вікон на металопластикові склопакети, встановлення вузлів обліку теплоти і т.ін. Разом з тим, після проведення детального енергетичного аналізу системи теплопостачання вдалося виявити декілька напрямків енергозбереження, впровадження яких дозволить зменшити витрати паливних ресурсів.

В системі теплопостачання студмістечка облік споживаної теплоти ведеться тільки на окремих об'єктах, якими є житлові будинки, неповна середня школа, лабораторія теплових двигунів. Облік спожитої теплоти учбовими корпусами не проводиться. Облік теплоти для всіх шести гуртожитків проводиться одним спільним лічильником теплоти.

В табл. 4 наведені дані обліку витрат теплоти на опалення житлових будинків студмістечка та гуртожитків за 2012 рік та наведені порівняльні показники фактичних питомих втрат з нормативними згідно [5] та [6]. Норми [5] використовуються для планування об'ємів відпуску теплоти на теплопостачання об'єктів ДНУЗТ та попередніх розрахунків необхідних витрат природнього. Як видно з таблиці 4, витрата теплоти на опалення протягом 2012 року була суттєво нижче нормованих показників по [6], що пов'язано з пом'якшенням клімату (середня температура повітря протягом опалювального періоду склала  $+0,8^{\circ}\text{C}$  проти нормативних  $-1,0^{\circ}\text{C}$ ), а також з результатами з термомодернізації будівель.

В той же час, фактичні питомі витрати теплоти перевищують оновлені норми [6], які є обов'язковими при проектуванні нових будинків і споруд, що опалюються і при реконструкції й термомодернізації існуючих будівель. З таблиці видно, що фактичні витрати в середньому вдвічі перевищують існуючі норми.

Таблиця 4. Фактичні та нормативні витрати теплоти на опалення у 2012 р.

Найменування споживача	Витрати теплоти		
	Фактичні за опалювальний період, Гкал/МВт·год	Питомі фактичні/нормативні [8] Гкал/м <sup>3</sup>	Питомі фактичні/нормативні максимальні [9], кВт год/м <sup>2</sup>
Житловий будинок №1	181 / 210	0,0177 / 0,042	96,0 / 68
Житловий будинок №2	214 / 249	0,0193 / 0,035	83,8 / 55
Житловий будинок №5	119 / 138	0,0178 / 0,042	88,5 / 75
Житловий будинок №7	280 / 326	0,0206 / 0,035	89,0 / 55
Житловий будинок №9	353 / 410	0,0276 / 0,035	106,1 / 55
Житловий будинок №10	489 / 569	0,0237 / 0,035	99,5 / 55
Гуртожитки	3966 / 4612	0,0235 / 0,039	110,3 / 55

Візитівкою ДНУЗТ є відкритий басейн, який працює цілий рік. На підігрів води у басейні споживається близько 4,4% теплоти, що виробляється у котельні. Високі тепловтрати басейном обумовлені природною конвекцією і випаровуванням рідини з великої площі басейну. Особливо значними є теплові втрати в зимовий період, коли спостерігається мінімум температури зовнішнього повітря. Одним із заходів енергозбереження може бути накриття басейну в нічні години, коли басейн не використовується, а також в періоди простою. На поточний момент існують солярні покриття, батутні, ролетні та ін. Очікується, що це дозволить зменшити споживання теплоти на підігрів води у басейні щонайменше на 50%.

Повністю забезпечити теплотою потреби басейну можливо за рахунок утилізації теплоти димових газів котлів університетської котельні. Відповідно до режимних карт і даним прямих вимірювань, температура відхідних газів котлів, залежно від режиму роботи, становить 130..280°C.

Таблиця 5. Перелік заходів з енергозбереження в системі тепlopостачання

Заходи з енергозбереження	Очікувана економія		
	%	МВт·год	
Економія палива в котельні			
Автоматизація та диспетчеризація котельні, абонентських вводів	до 15, від загальних витрат теплоти	до 2617	
Глибока утилізація теплоти відхідних газів котельні	8..10 від споживання палива	до 1744	
Економія теплоти при опаленні будівель			
Встановлення на вводах лічильників теплоти, контроль за витратою теплоти	до 5	до 872	
Заміна елеваторів циркуляційними насосами	3..8	523..1396	
Встановлення на нагрівальних приладах терморегуляторів (місцеве регулювання)	6..7	1047..1221	
Встановлення радіаторних рефлекторів між зовнішньою стіною та нагрівальним приладом	2..10	349..1745	
Періодичне промивання систем опалення	3	523	
Підвищення теплового захисту будинків (зниження тепловтрат)			
Збільшення опору теплопередачі зовнішніх огорожень існуючих будинків	на 10%: 2..4	від навантаження на опалення	349..698
	на 20%: 4..8		698..1396
Встановлення склопакетів	3..5	523..872	
Економія теплової енергії при гарячому водопостачанні			
Використання змішувачів з регуляторами температури	до 3, від витрат теплоти на ГВП	до 237	
Організація обліку витрат гарячої води	5	394	

Слід зазначити, що при роботі на газоподібному паливі оптимальна температура димових газів становить 120..130°C. Збільшення температури відхідних газів на 10°C призводить до зниження ККД котла на 1%. Підвищити ефективність роботи котельні можливо за рахунок впровадження теплоутилізаційної установки на базі конденсаційного економайзера, який може бути використаний для підігріву води на басейн, а також покриття частини навантаження на систему ГВП.

На основі проведеного аналізу споживання теплоти був розроблений перелік можливих заходів з енергозбереження, що наведений в табл. 5.

З метою впровадження національних та міжнародних стандартів з енергозбереження в ДНУЗТ формується рада з енергозбереження і сектор з енергоменеджменту до якого будуть залучені кращі фахівці університету.

**Висновки.** В електрогосподарстві університету впроваджені та розробляються усі доступні сучасні технології та заходи зі зменшення витрат електричної енергії та коштів на її оплату. Найбільш ефективними є:

- використання можливості оплати електроенергії за 1 класом;
- компенсація реактивної потужності;
- використання сучасних систем обліку електроенергії і ефективного керування електрогосподарством;
- використання енергозберігаючих ламп та обладнання;
- зменшення витрат в електричних мережах.

В системі теплопостачання університету розробляються і впроваджуються заходи з енергозбереження, але ще існують резерви в зниженні споживання палива. Істотне зниження теплоспоживання може бути реалізовано за рахунок впровадження наступних заходів:

- установка утилізатора теплоти димових газів за котлами дозволить забезпечити підігрів води для басейну та для системи ГВС;
- автоматизація відпуску теплоти з котельні та абонентських вводів;
- заміна нерегульованих елеваторів на циркуляційні насоси;
- встановлення на нагрівальних приладах терморегуляторів;
- встановлення радіаторних рефлекторів між зовнішньою стіною та нагрівальним приладом;
- збільшення опору теплопередачі зовнішніх огорожень будинків.



Список використаної літератури

1. Ковалко М.П. Енергозбереження – пріоритетний напрямок державної політики України [Текст] / М.П. Ковалко, С.П. Денисюк, А.К. Шидловський. – К.: УЕЗ, 1998. – 506 с.

2. Праховник, А.В. Контроль ефективності енерговикористання - ключова проблема управління енергозбереженням [Текст] / А.В. Праховник, В.Ф. Находов, О.В.Борисенко // Энергосбережение. Энергетика. Энергоаудит. – 2009. – №8(66). – С.41-54.

3. Сиченко, В.Г. Підвищення ефективності споживання електроенергії в університеті [Текст] / В.Г. Сиченко, В.Г. Кузнецов, Д.О. Босий // Матеріали 2-ї науково-практичної конференції «Новые технологии энергоснабжения и энергосбережения в промышленности и ЖКХ». – 2007. – Дніпропетровськ. – С. 36-37.

4. Пшінько, О.М. Підвищення ефективності споживання електроенергії в університеті [Текст] / О.М. Пшінько, В.Г. Сиченко, В.Г. Кузнецов, Д.К. Яценко // Энергосбережение Энергетика Энергоаудит. 2012. – №10(104). – С. 30-34.

5. КТМ 204 України 244-94 «Норми та вказівки по нормуванню витрат палива та теплової енергії на опалення житлових та громадських споруд, а також на господарсько-побутові потреби в Україні», затверджені Держжитлокомунгоспом України від 14.12.93.

6. Зміна № 1 ДБН В.2.6-31:2006 «Теплова ізоляція будівель», затверджена наказом № 82 Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України від 4 березня 2013 року.

Стаття надійшла до редакції 07.11.2013