

УДК 621.311

ЧЕРНОВОЛ М.І., ПЛЄШКОВ П.Г., СЕРЕБРЕННИКОВ С.В.,
САВЕЛЕНКО І.В., ПЕТРОВА К.Г.

Кіровоградський національний технічний університет

**ПІДВИЩЕННЯ РІВНЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ
ТЕХНІЧНОГО УНІВЕРСИТЕТУ ШЛЯХОМ
ОПТИМІЗАЦІЇ ЕНЕРГЕТИЧНОГО БАЛАНСУ**

***Мета.** Зменшення витрат коштів на придбання паливно-енергетичних ресурсів за рахунок підвищення рівня енергоефективності.*

***Методика.** Використана методика проведення комплексного енергоаудиту та аналізування синтетичного паливно-енергетичного балансу.*

***Результати.** Обґрунтовано можливості енергоощадження та проведено їх ранжування за черговістю впровадження.*

***Наукова новизна.** Врахування специфіки об'єкту енергоаудиту та особливостей режимів енерговикористання дозволило вдосконалити модель системи енергетичного менеджменту, яка полягає у виконанні контрольних-наглядових функцій щодо дотримання норм та режимів енерговикористання й дозволяє систематизувати пріоритетні напрями і проекти з підвищення рівня енергоефективності.*

***Практична значимість.** Результати енергетичних досліджень дозволили віднайти резерви енергоощадження та скоротити витрати на оплату енергоносіїв.*

***Ключові слова:** енергоефективність, паливно-енергетичний баланс, енергоаудит*

Вступ. Навчальні заклади технічної освіти споживають, в основному, три види енергоресурсів – теплову, електричну енергію та воду. По тепловій енергії можна виокремити 3 групи споживачів: опалювання 55...70 %, гаряче водопостачання 15...30 %, вентиляція 10...25 %. По електричній енергії (ЕЕ) виокремимо 5 груп споживачів: освітлення (20...40 %), електропривод (15...30 %), нагрівальні установки (до 10 %), лабораторні стенди (35...40 %), ЕОМ – до 10 %. Холодна вода споживається у гуртожитках (55...70 %) та навчальних корпусах (25...30 %). Кожна група має свої особливості, які обумовлюють застосування відповідних методів досліджень.

Постановка проблеми. Однією з умов сталого соціально-економічного та матеріально-технічного розвитку навчального закладу є обґрунтований за результатами проведення енергетичних аудитів (ЕА) техніко-економічний аналіз доцільності впровадження енергоощадних заходів (ЕОЗ), прогнозування потреби в паливно-енергетичних ресурсах (ПЕР) та оптимізація енергетичного балансу. В зв'язку із значним підвищенням цін на енергоносії та скороченням бюджетного фінансування витрат на енергоресурси, актуалізується питання розроблення систем безвитратних, маловитратних і витратних ЕОЗ та обґрунтування пріоритетності їх впровадження.

Результати дослідження. Кіровоградський національний технічний університет (КНТУ) являє собою комплекс будівель, якими споживається теплова, електрична енергія та вода. Розподіл витрат на закупівлю енергоресурсів у 2014 році становив: на теплову енергію – 72 %, на електричну енергію – 24 % та воду – 4 %.

Динаміка споживання ресурсів протягом 8 років показана на рис.1 а, б, в.

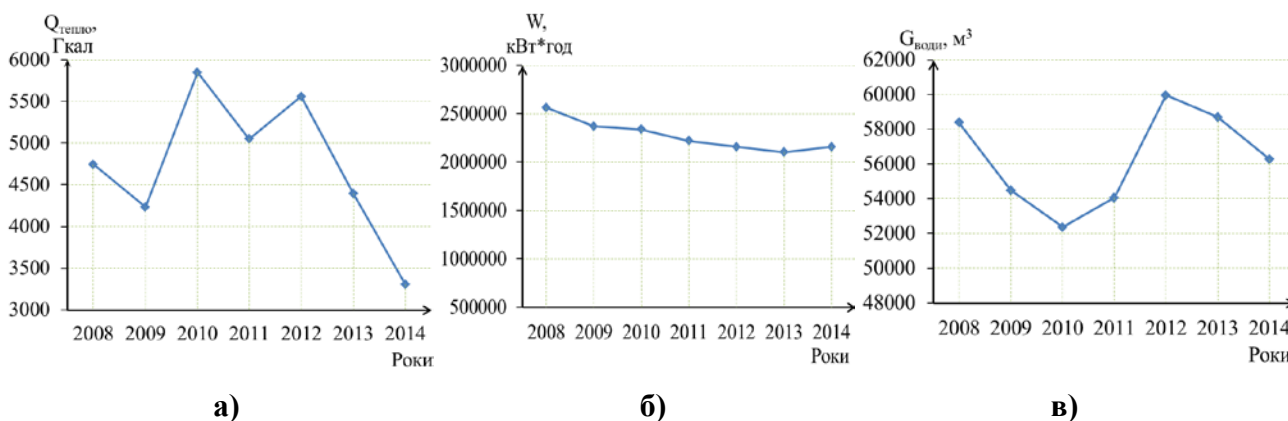


Рис. 1 Річні обсяги споживання енергоресурсів:
 а) теплової енергії, Гкал; б) електричної енергії, кВт*год; в) води, м³

Розроблені та впроваджені в 2013–2014 рр. ЕОЗ дозволили скоротити споживання теплової енергії у 2014 році в понад 1,5 рази (рис. 1а).

Тенденція щорічного зростання витрат на енергоресурси (табл. 1) обумовлюється, в першу чергу, підвищенням тарифів на енергоносії. Наприклад, не зважаючи на щорічне скорочення електроспоживання (рис. 1 б), оплата ЕЕ зростає з року в рік (табл. 1).

Таблиця 1

Динаміка річної оплати енергоресурсів

Найменування енергоресурсу	Оплата за роками, тис.грн							
	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Теплова енергія	951,029	1936,24	1829,68	2776,48	2772,15	3749,84	3000,58	2422,5
Електрична енергія	705,09	856,98	889,28	974,82	1139,74	1239,28	1330,64	1417,38
Вода	140,01	135,31	131,57	166,98	162,39	183,68	231,9	301,47
Разом	1796,130	2928,53	2850,53	3918,28	4074,29	5172,81	4563,12	4141,35

Більша частка витрат на енергоресурси (близько 55%) покривається із спецкоштів КНТУ. Тому, для моніторингу процесів енергоспоживання, проведення ЕА та виявлення можливостей енергоощадження (МЕЗ) у КНТУ з 2001 р. діє спеціалізована група енергетичних досліджень та енергоощадження, а з 2013 р. при КНТУ створено Центр з енергоощадження, енергоменеджменту і консалтингу, оснащений всіма необхідними приладами контролю, вимірювання та обліку, в зв'язку з чим, у 2014р КНТУ отримав Свідоцтво від Державного агентства з енергоефективності та енергозбереження України на право проведення сертифікованих ЕА.

Слід також зазначити, що у центрально-українському регіоні лише КНТУ випускає магістрів та спеціалістів з енергетичного менеджменту.

За період 2007-2015 рр. спеціалізованою групою проведено комплексний ЕА структурних одиниць КНТУ та здійснюється постійний моніторинг за споживанням ПЕР. За результатами розроблено систему енергозаощаджуючих безвитратних, маловитратних і витратних заходів та проведено їх ранжування за черговістю впровадження.

Економія теплової енергії. Баланс розподілу споживання теплової енергії структурними одиницями університету наведений на рис. 2.

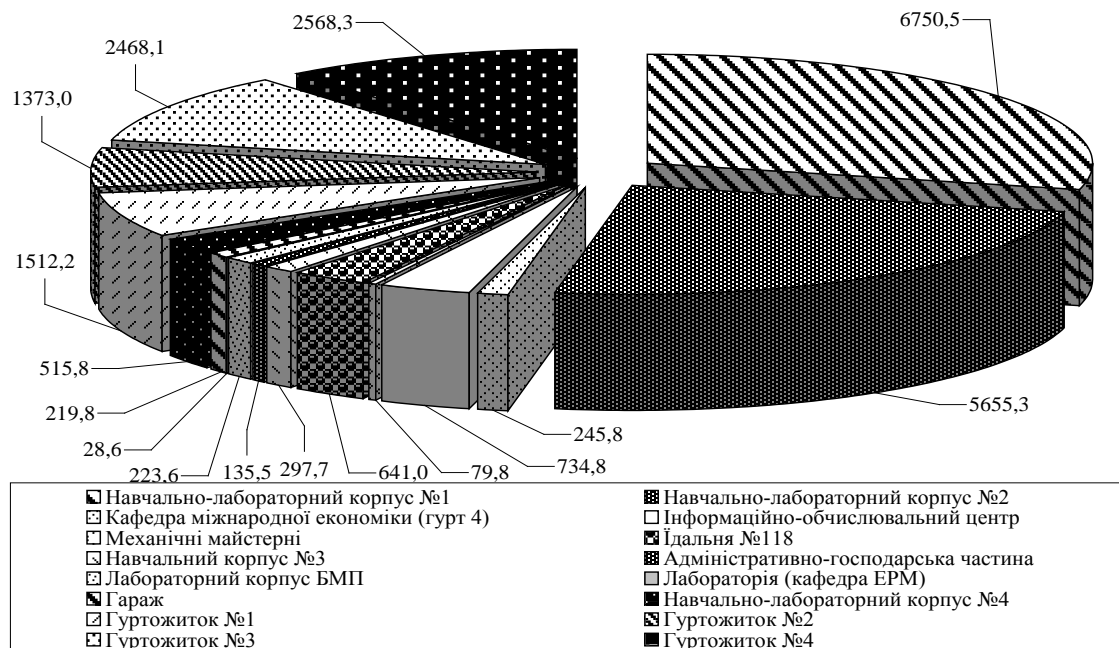


Рис. 2 Баланс споживання теплової енергії структурними підрозділами КНТУ

З балансу видно, що до половини теплової енергії споживають 7-поверхові навчальні корпуси №1 і №2, на 2-му місті – 9-поверхові гуртожитки №3 і №4 (рис. 2).

Оскільки при централізованому регулюванні тепlopостачання неможливо одночасно врахувати конструктивні особливості всіх приєднаних споживачів, то в таких системах неминує виникає проблема «перепалів» та «недопалів».

За результатами ЕА централізованої системи водяного тепlopостачання КНТУ встановлено, що максимальна температура теплоносія на подачі обмежується значеннями 70...95°C залежно від температури навколишнього середовища. Виявлено значні відхилення температури теплоносія від нормативних значень [4]. Характер цих невідповідностей свідчить про неефективну роботу тепlopостачальної організації внаслідок інерційності теплових мереж і відсутності засобів ефективного централізованого керування параметрами теплоносія. За від'ємних температур зовнішнього повітря від -17°C до -3°C спостерігалися «недопали». Натомість, в усьому діапазоні позитивних температур повітря в системі опалення виникають «перепали» [1]. З метою заощадження коштів на оплату тепла розроблено наступні МЕЗ:

МЕЗ-1 – в умовах нестабільного режиму роботи централізованого тепlopостачання за рахунок усунення «перепалів» спроектовано мікропроцесорну систему автоматизованого регулювання (САР) температури теплоносія з терморегулятором та додатковим насосом замість елеватора. САР усуває «перепали» за рахунок диференційованого реагування на температуру теплоносія. Система САР може ефективно використовуватись для регулювання температури у вихідні, святкові дні, а також – у вечірні та нічні години за відсутності в корпусах персоналу.

МЕЗ-2 – у приміщеннях з висотою стелі понад $h = 4...6$ м (бокси гаражу, ангар, актові зали тощо) конвекційний обігрів є неефективним, оскільки все тепло концентрується вгорі, а нижня частина приміщення, котра є робочою і де періодично

перебувають люди, нагрівається менше. Заміри показали значний градієнт температур: під стелею $t_{ст}=+26^{\circ}\text{C}$, натомість біля підлоги $t_{п}=+16^{\circ}\text{C}$. Тому, в таких приміщеннях, раціонально здійснювати обігрів з використанням ІЧ-променевих електрообігрівачів.

МЕЗ-3 – в результаті ЕА закладів освіти, які перейшли від газових котлів до пелетних, доведено доцільність побудови власних автономних котельень на альтернативному (пелетному) паливі для опалення розосереджених лабораторій та корпусів університету. Ігнорування ЕОЗ, що зменшують втрати через огорожуючі конструкції, зазвичай, призводить до завищення установленної потужності теплогенеруючого обладнання та пов'язаних з цим перевитрат палива. Наприклад, для опалення 9-поверхового гуртожитку №4 достатньо 2-х котлів потужністю по 250 кВт (за умови впровадженні ЕОЗ з табл. 2), або по 315 кВт – без впровадження ЕОЗ. У разі використання пелетного палива вартість 1 Гкал зменшиться як мінімум удвічі.

Розподіл заощаджень енергій, отриманих від впровадження МЕЗ для гуртожитку №4 наведений на рис. 3.

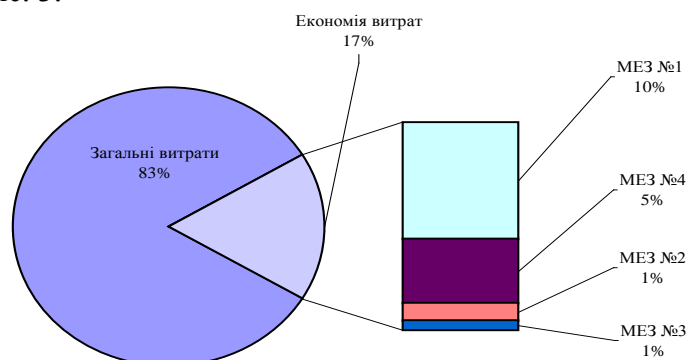


Рис. 3 Розподіл заощаджень енергій, отриманих від впровадження МЕЗ

Таблиця 2

Перелік ЕОЗ із зменшення теплових втрат для гуртожитку №4

Перелік енергоощадних заходів	Заощадження теплової енергії, Гкал/рік	Річне заощадження, тис. грн.
ЕОЗ №1. Утеплення огорожуючих конструкцій гуртожитку (стін)	229,97	63,54
ЕОЗ №2. Реконструкція вікон	125,4	34,65
ЕОЗ №3. Встановлення тепловідбиваючої плівки на вікна	17,9	4,94
ЕОЗ №4. Встановлення тепловідбивачів за радіаторами опалення	34,79	9,61
Разом по ЕОЗ	408,06	112,74
Всього тепловтрат по гуртожитку до реконструкції		1944
Всього втрат після реконструкції		1536

МЕЗ-4 – для опалення 5-поверхового гуртожитку №1, в якому розташований профілакторій з медичним устаткуванням, сауною, їдальнею, душовими тощо, які обумовлюють наявність високотемпературних каналізаційних стоків, раціонально застосувати теплонасосні установки.

Заощадження електричної енергії. Аналіз потужності груп споживачів показав, що 24,75% становить освітлення; 44,7% – лабораторне устаткування, комп'ютери та інша техніка, яка використовується в навчальному процесі; 30,55% – побутове навантаження, яке не задіяне в навчальному процесі. Серйозним джерелом економії ЕЕ є побутове

навантаження – холодильники, електрообігрівачі, кип'ятильники, кондиціонери тощо. Режим роботи такого електронавантаження важко регулювати, тому для запобігання перевитратам ЕЕ слід встановити розетки з обмежувачами струму у приміщеннях, де розташоване побутове устаткування.

Проведення ЕА освітлення ускладнюється необхідністю вирішення двох антагоністичних завдань – з одного боку, забезпечення високої освітленості у навчальних приміщеннях (згідно СНіП 23-05-95 рівень освітленості $E=400$ лк), а з іншого – максимально можливе заощадження електричної енергії. Порівняльні експериментальні дослідження різних типів ламп показали, що на сьогодні, використання світильників із світлодіодами є доцільним лише для освітлення об'єктів, в яких відсутні вимоги до рівномірності світлового поля та якості передачі кольорів.

Заощадження питної води. На території КНТУ пробурено артезіанську свердловину для використання ґрунтової води на технічні цілі (полив клумб, миття приміщень, машин та ін). В результаті економія води склала понад 30%.

Зменшення закупленої від зовнішнього постачальника енергії (табл.4) досягнуто за рахунок: впровадження САР (55,71 Гкал); переходу на ПЧ-опалення приміщень актові зали, гаражів та ангару навчально-лабораторного корпусу (177,51 Гкал); будівництва автономної котельні для гуртожитку № 4 (606,71 Гкал).

Таким чином, в результаті впровадження перелічених МЕЗ, планується досягти 15 % заощадження у балансі закупленої теплової енергії.

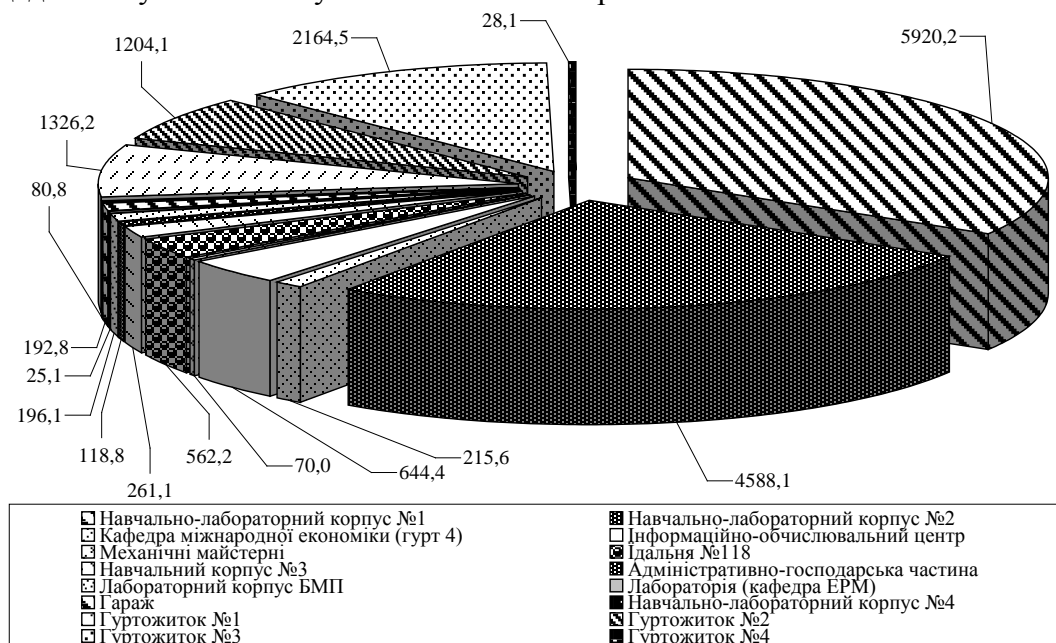


Рис. 4 Баланс споживання теплової енергії структурними підрозділами КНТУ після оптимізації

Висновки. Дослідження динаміки температур теплоносія на об'єктах енергоаудиту та режимів роботи централізованого теплостачальника дозволило обґрунтувати економічну доцільність встановлення САР, яка забезпечить економію коштів через усунення «перепалів».

Обґрунтовано доцільність встановлення ПЧ-електрообігріву у приміщеннях з висотою стелі понад 4...6 м та теплонасосних установок в місцях з високотемпературними каналізаційними стоками.

Енергетичний баланс університету оптимізовано шляхом зменшення обсягів закупівлі теплової енергії на 25 % за рахунок введення власних генеруючих потужностей та скорочення втрат.

Активно впроваджуються безвитратні організаційні методи регулювання режиму енергоспоживання шляхом зміщення навчально-виробничого процесу у часі – у світлу частину доби (заощадження електричної енергії на освітлення) та теплу частину року (заощадження теплової енергії), подовживши зимові канікули та пропорційно скоротивши літні.

Список використаних джерел

1. Плешков П.Г. Автоматизоване регулювання режиму місцевого опалення при неякісному централізованому теплопостачанні / П.Г. Плешков, І.В. Савеленко, С.В. Серебренников / Техніка в сільськогосподарському виробництві, галузеве машинобудування, автоматизація: Зб. наук. праць КНТУ. – Кіровоград: КНТУ, 2012. – Вип. 25, Ч. II. – С. 40 – 48.

References

1. Plyeshkov, P.H., Savelenko, I.V. and Serebrennikov, S.V. (2012), “ *Avtomatyzovane rehulyuvannya rezhymu mistsevoho opalennya pry neyakisnomu tsentralizovanomu teplopostachanni*” [Automatic regulation for district heating with district heating dull], *Tekhnika v sil's'kohospodars'komu vyrobnytstvi, haluzeve mashynobuduvannya, avtomatyzatsiya: Zb. nauk. prats' KNTU, Vol.25, part II, pp. 40 – 48.*

ПОВЫШЕНИЕ УРОВНЯ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ ТЕХНИЧЕСКОГО УНИВЕРСИТЕТА ПУТЕМ ОПТИМИЗАЦИИ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО БАЛАНСА

ЧЕРНОВОЛ М.И., ПЛЕШКОВ П.Г., СЕРЕБРЕННИКОВ С.В., САВЕЛЕНКО И.В., ПЕТРОВА Е.Г.

Кировоградский национальный технический университет

Цель. Уменьшение расходов на приобретение топливно-энергетических ресурсов за счет повышения уровня энергоэффективности.

Методика. Использована методика проведения комплексного энергетического аудита и анализа топливно-энергетического баланса.

Результаты. Обосновано возможности энергосбережения и проведено их ранжирование по очередности внедрения.

Научная новизна. Учет специфики объекта энергетического аудита и особенностей режимов энергопотребления позволили усовершенствовать модель системы энергетического менеджмента, которая заключается в выполнении контрольно-надзорных функций по соблюдению норм и режимов энергопотребления и позволяет систематизировать приоритетные направления и проекты по повышению уровня энергоэффективности.

Практическая значимость. Результаты энергетических исследований позволили найти резервы энергосбережения и сократить расходы на оплату энергоносителей.

Ключевые слова: *энергоэффективность, топливно-энергетический баланс, энергоаудит*

INCREASING THE LEVEL OF THE ENERGY EFFICIENCY OF THE TECHNICAL UNIVERSITY BY OPTIMIZING THE ENERGY BALANCE

CHERNOVOL M.I., PLYESHKOV P.G., SEREBRENNIKOV S.V.,
SAVELENKO I.V., PETROVA K.G.

Kirovograd National Technical University

Purpose. Reducing the cost of funds for the purchases of the energy resources by increasing the level of the energy efficiency.

Methodology. The methods of comprehensive complex energy audit and analysis of the synthetic fuel and energy balance are used.

Findings. The possibilities of the energy saving are found and their ranking in order of priority of their implementation is conducted.

Originality. Taking into account the specificity of the object of the energy audit and the peculiarities of the regimes of the energy usage allowed to improve the model of the energy management system, which is to perform oversight functions concerning compliance of the norms and regimes of the energy usage and allows to systematize the priority tendencies and projects to increase the energy efficiency.

Practical value. Results of the energy research allowed finding out the reserves of the energy saving and reducing costs on the payment for the energy carriers.

Keywords: *energy efficiency, fuel and energy balance, energy audit*