

Б.І. Басок, член-кореспондент НАН України, д-р. техн. наук., ORCID 0000-0002-8935-4248

О. М. Лисенко канд. техн. наук., ORCID 0000-0003-3981-9796

Інститут технічної теплофізики НАН України

Ю. А., Веремійчук, канд. техн. наук., ORCID 0000-0003-0258-0478

Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

ОЦІНКА ПОТЕНЦІАЛУ КІНЦЕВОГО ЕНЕРГОСПОЖИВАННЯ ТЕПЛОВОЇ ТА ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ НАСЕЛЕННЯМ

В статті представлені результати дослідження потенціалу енергоспоживання споживачів теплової та електричної енергії, зокрема населення, для розроблення заходів щодо зменшення нерівномірності денного та нічного енергоспоживання. Наведено динаміку зміни кількості споживачів електроенергії, а також обсяги споживання електроенергії за групами споживачів. Представлені дані обсягів відпуску та споживання теплової енергії та структуру споживачів. Встановлено, що саме кінцевий споживач, тобто населення, шляхом саморегулювання енергоспоживанням дасть змогу значно підвищити енергоефективність систем електро- та теплопостачання та посилити енергетичну безпеку держави.

Ключові слова: пікове енергоспоживання, нічний провал енергоспоживання, кінцевий енергоспоживач, енергоефективність, енергетична безпека.

Вступ та постановка проблеми.

В останні роки негативно на стан енергетики впливає робота в маневровому режимі, що зумовлено «провалом» споживання електроенергії в нічний час. За даними Мінпаливенерго України нічний надлишок потужностей в Україні перевищує 2200 МВт і має тенденцію до зростання. Спад в нічні години пояснюється падінням електроспоживання, зокрема основної частини побутових споживачів. В денний час нерівномірність графіку потребує від системи електропостачання забезпечення електроенергією в години максимумів. У той же час в інші години доби елементи мережі використовуються не повністю. За даними НЕК «Укренерго» розрив між денним піком та нічним «провалом» взимку сягає 7 тисяч МВт. Це рівнозначно потужності 7 ядерних енергоблоків потужністю по 1000 МВт кожен. Відомо, що в сфері енергопостачання населенню протягом доби спостерігаються два піки зростання енергоспоживання: ранішній – з 6.00 до 9.00 – зростання електроспоживання та теплоспоживання за рахунок збільшення гарячого водоспоживання, та, особливо, чутливий вечірній – з 16.00 до 21.00. Період провалу нічного електроспоживання відбувається з 23:00 до 6:00 години доби, коли наявний спад споживання електроенергії, що зумовлений неефективними режимами роботи промисловості, транспорту та інших галузей економіки України в нічний час. Основний шлях раціоналізації режимів полягає у внесенні змін щодо оптимізації добового графіка навантаження за рахунок використання заходів керування енергоспоживанням саме кінцевим споживачем, в даному випадку індивідуально-побутовим. За рахунок зменшення обсягів нічних провалів можливе досягнення істотної гармонізації та вдосконалення існуючої ситуації з браком маневрових потужностей.

Таким чином, оцінка потенціалу споживання теплової та електричної енергії для подальшого ефективного регулювання енергетичних систем кінцевими споживачами (населенням) є актуальною задачею.

Аналіз останніх досліджень.

Процеси управління виробництвом, передачею і споживанням електричної та теплової енергії, які характеризуються багатьма зовнішніми та внутрішніми факторами, є визначальними з точки зору енергетичної безпеки країни, а тому потребують постійного дослідження та удосконалення, що підтверджується активним розглядом цих проблем у наукових виданнях [1-5].

Однією з характеристик графіка електричних навантажень (ГЕН) є нерівномірність, яка в Україні зумовлюється зростанням споживання побутових та комунальних груп без збільшення потужності споживання базових енергоємних промислових виробництв. З іншої сторони – в сфері теплоенергетики, існує ряд досліджень щодо проблематики та шляхів технологічної модернізації систем комунальної теплоенергетики [6,7].

Авторами [8] проведено дослідження щодо інтелектуалізації енергетичних систем теплозабезпечення будівель, де показано, наскільки значним є потенціал активізації споживачів

електричної енергії в Україні в системах електро- і теплозабезпечення. При цьому на особливу увагу заслуговують гібридні системи теплозабезпечення, які ґрунтуються на сумісному використанні електроенергії та традиційних енергоресурсів або/та нетрадиційних та відновлюваних джерел енергії.

Метою роботи є дослідження потенціалу енергоспоживання кінцевих споживачів теплової та електричної енергії, а саме населення, для розробки механізмів і засобів зменшення пікового денного енергоспоживання та зменшення нічного провалу енергоспоживання за рахунок раціонального управління ним саме кінцевими споживачами.

Матеріал і результати досліджень.

Загальновідомо, що в Україні є потужний споживач енергії – населення, яке для забезпечення власних потреб – створення належного клімату в будівлях, санітарно-гігієнічні потреби, приготування їжі, інші господарські потреби – щорічно використовує до 50...55 млн. у.п. для отримання теплової енергії та 40...45 млрд. кВт-годин електроенергії. І це при тому, що в при дуже низьких температурах у нас присутні т.з. «недотопи» систем теплозабезпечення, в більшості міст відсутнє централізоване гаряче водопостачання, незначні обсяги охолодження (кондиціонування) приміщень в літній час, наявні «віялові» відключення електроенергії.

Протягом останніх двох років кількість споживачів групи населення скоротилась на 12 % – це 11950 абонентів, що, в основному, має політичну складову через зменшення статистики по зоні АТО та по АР Крим, при цьому характеристики ГЕН залишились майже не змінними (табл. 1). Графік електричного навантаження в режимний зимовий день 2013-2016 років (рис. 1) групи споживачів «побутового навантаження» вказує на нерівномірний попит на електричну енергію, а тому група населення може досить суттєво впливати на ГЕН і має значний потенціал впливу на управління електроспоживанням.

Таблиця 1 – Значення характеристик графіка електричного навантаження споживачів (групи населення) 2013 -2015 рр.

Рік	Коефіцієнт нерівномірності	Коефіцієнт внеску	Коефіцієнт впливу	Коефіцієнт заповнення ранковий	Коефіцієнт заповнення вечірній
2013	0,489	0,413	0,84	0,948	0,761
2014	0,560	0,428	0,98	0,957	0,8
2015	0,489	0,425	0,82	0,933	0,768
2016	0,530	0,445	0,78	0,931	0,792

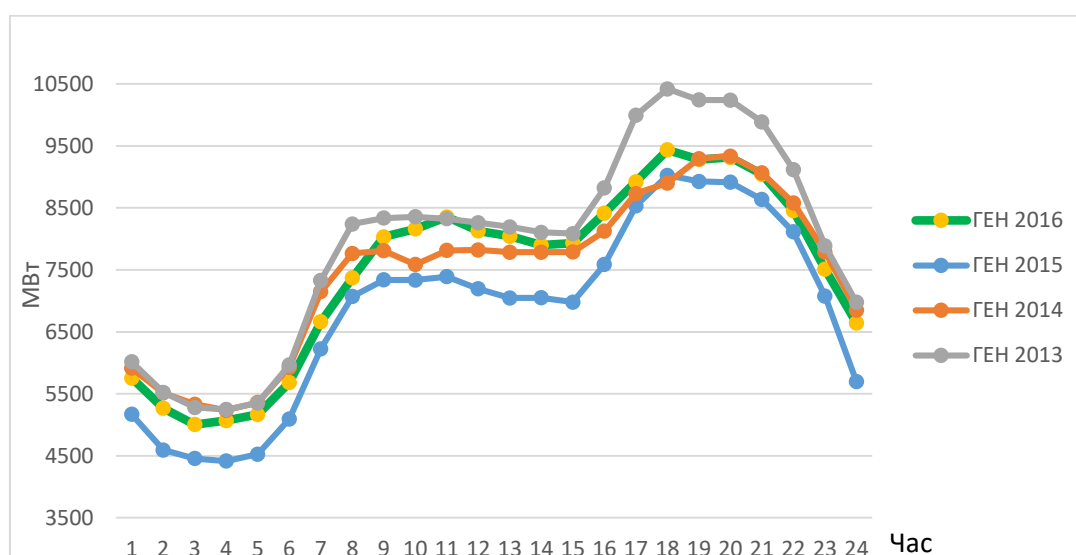


Рисунок 1 – Графік електричного навантаження споживачів (групи населення) 2013-2016 рр.

Динаміку споживання електричної енергії в Україні, в т.ч. населенням, показано в табл. 2., яка характеризується поступовим зменшенням по відношенню до попередніх років.

Обсяг споживання електроенергії споживачами, які розраховуються за трьохзонними диференційованими тарифами, у 2015 році склав 31762,1 млн. кВт·год., у тому числі населенням спожито 825,657 млн. кВт·год (рис. 2). При цьому загальна кількість споживачів становить 102244, у т.ч. населення – 87442, з якого 36302 споживачів проживають у сільській місцевості. У 2016 році спожито 32403,0 млн. кВт·год., у тому числі населенням – 773,350 млн. кВт·год. При цьому загальна кількість споживачів становить 101743, у т.ч. населення – 86293, з якого 38840 споживачів проживають у сільській місцевості.

Таблиця 2 – Споживання електричної енергії в Україні (млн. кВт·годин) в 2013-2016 рр.

	2013 р.	2014 р.	% (- зниження + приріст від попереднього року)	2015 р.	% (- зниження + приріст від попереднього року)	2016 р.	% (- зниження + приріст від попереднього року)
Споживання електричної енергії всього (брутто областей)	157342,1	149694,1	-4,9	132275,2	-11,6	131479,4	-0,6
Населення	38735,4	38972,2	0,6	36480	-6,4	35917,3	-1,5

На основі річних звітів Національної комісії, що здійснює державне регулювання у сферах енергетики та комунальних послуг та [9,10], представлено графічні залежності для чотирьох категорій споживачів у містах і селищах міського типу (рис. 2) і споживачів у сільській місцевості (рис. 3).

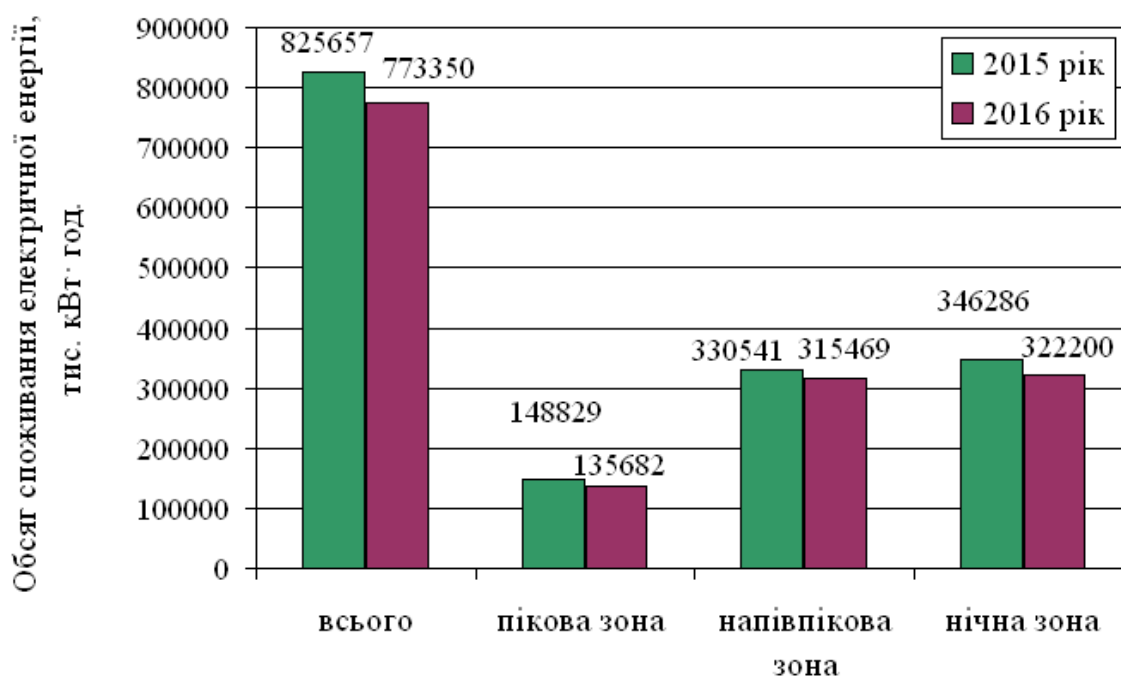


Рисунок 2 – Обсяги споживання електроенергії населенням за трьохзонними диференційованими тарифами

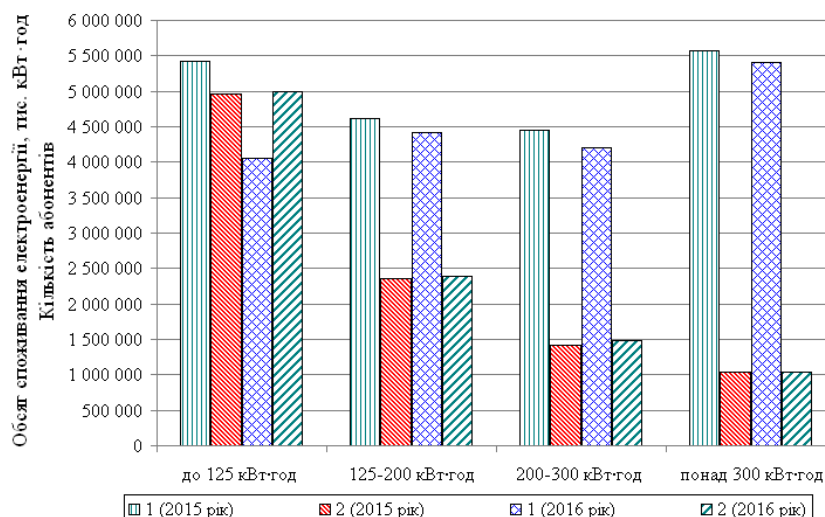


Рисунок 3 – Обсяги споживання електричної енергії населенням у містах і селищах міського типу: 1 – споживання електроенергії; 2 – кількість абонентів

З рис. 3 видно, що найбільша кількість абонентів - у категорії споживачів до 125 кВт·год, при цьому обсяг споживання електроенергії становить 5430035 тис. кВт·год (2015 р). Схожою за обсягами споживання є категорія споживачів понад 300 кВт·год, але там кількість абонентів є значно меншою.

Стосовно споживання електричної енергії населенням у сільській місцевості (рис. 4) можна побачити, що найбільша кількість абонентів – у категорії споживачів до 150 кВт·год (2015 рік) та у категорії споживачів до 125 кВт·год (2016 рік). Зазначимо, що у будь-якому випадку у кожній категорії споживається значна кількість електричної енергії саме населенням і це споживання відбувається нерівномірно протягом доби.

У зв'язку зі значним споживанням електроенергії населенням вдень, і майже відсутністю споживання вночі, було здійснено оцінку забезпеченості населення електричними побутовими товарами, за допомогою яких частково можна було б скоротити провал нічного енергоспоживання. Розглядалися товари з можливістю програмування автоматичної експлуатації, а саме пральні машини, посудомийні машини та кондиціонери. Протягом 2012-2014 рр. в сільській місцевості, як і в містах, спостерігається підвищення рівня забезпеченості обраними побутовим електроустановками (рис. 5).

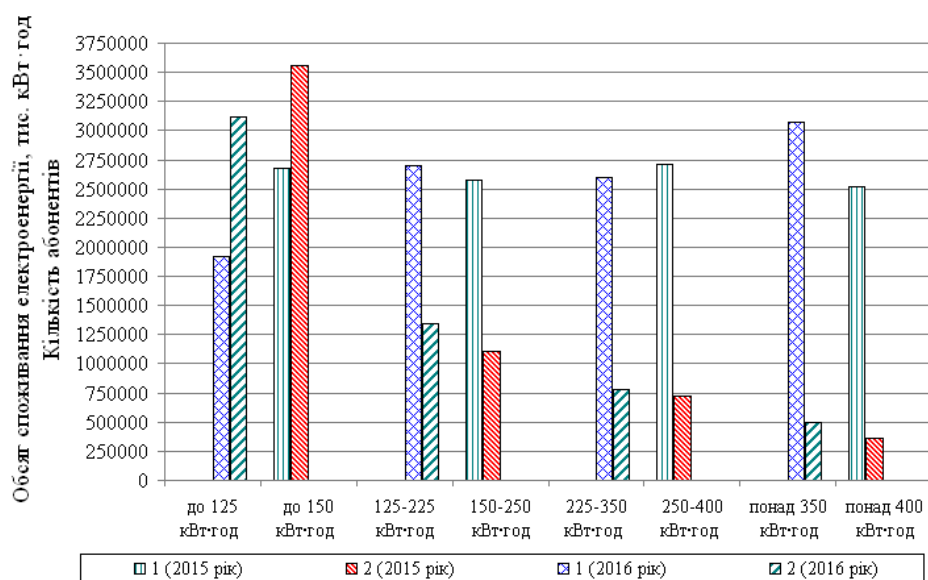


Рисунок 4 – Обсяги споживання електричної енергії населенням у сільській місцевості: 1 – споживання електроенергії; 2 – кількість абонентів



Рисунок 5 – Наявність запрограмованих побутових товарів-споживачів електричної енергії в домогосподарствах

Так у 2012 році 86,1% домогосподарств мали у користуванні пральну машину, 0,5% посудомийну машину та 7,5% кондиціонер. У 2014 році рівень забезпеченості пральними машинами виріс на 1,6% і становив 87,7%, посудомийними машинами на 0,3% – 0,8%, кондиціонерами на 1,4% – 8,9%.

Також до побутових товарів – споживачів електроенергії відносяться електричні водонагрівачі. Соціальними дослідженнями встановлено, що 50% куплених водонагрівачів призначені для заміни старих, 50% – заново встановлені. Згідно статистики найбільш поширеним типом електричних водонагрівачів, що продаються, є водонагрівачі об'ємом 50 л. Потужність таких установок за даними виробників складає 1,5 кВт, тривалість циклу нагріву – 2 години 30 хвилин. Таким чином, в Україні встановлена потужність електричних водонагрівачів накопичувального типу складає оцінково 1,5 ГВт, і ці водонагрівачі, за умови програмування їх включення в нічних час для акумулювання теплової енергії для потреб гарячого водопостачання, можна розглядати як потужний ресурс для регулювання режимів ОЕС України.

Щодо споживання теплової енергії в Україні, то відомо, що централізованим теплопостачанням охоплені споживачі, до яких входять промислові споживачі, споживачі непромислової сфери та житлово-комунальні споживачі. На рис. 6 показано динаміку зміни та кількість споживачів теплової енергії за роками.

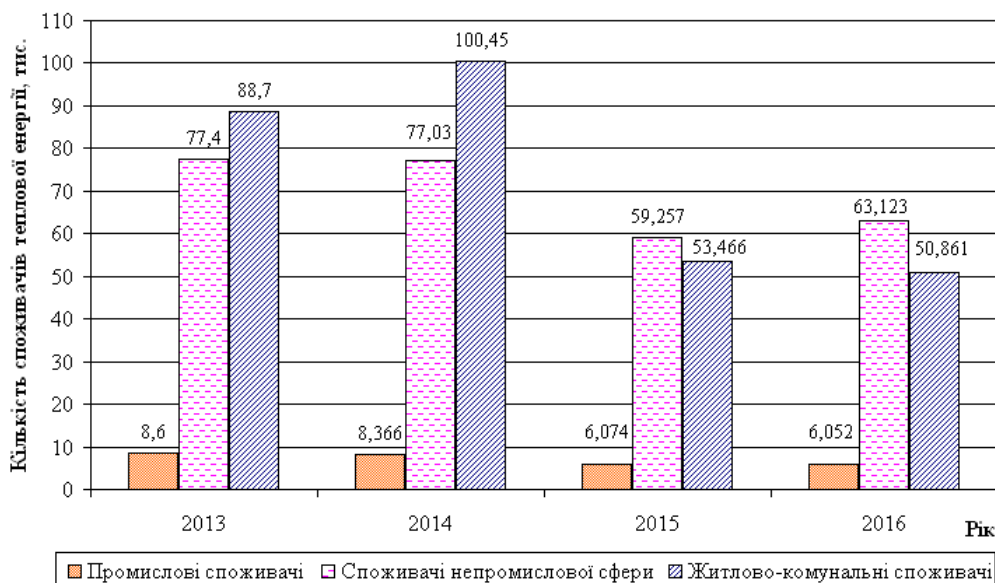


Рисунок 6 – Структура споживачів теплової енергії у 2013-2016 рр.

Встановлено, що найбільші обсяги теплової енергії споживається житлово-комунальними споживачами (рис. 7), тому саме в них є значний потенціал щодо ефективного регулювання використання теплової енергії, в том числі із використанням електроенергії для теплопостачання в час нічного провалу.

За даними державної служби статистики України, встановлено, що населенню відпускається теплової енергії в середньому за рік близько 63% від загальної кількості (табл. 3).

Таблиця 3 – Відпуск теплової енергії в Україні (тис. Гкал) у 2013-2014 рр.

Відпущено теплової енергії споживачам, тис. Гкал	В тому числі:					
	населенню		на комунально-побутові потреби		на виробничі потреби	
	тис. Гкал	%	тис. Гкал	%	тис. Гкал	%
2013 рік						
79639,0	49745,3	62,5	19628,4	24,6	10265,3	12,9
2014 рік						
62848,6	39483,6	62,8	15396,7	24,5	7968,3	12,7

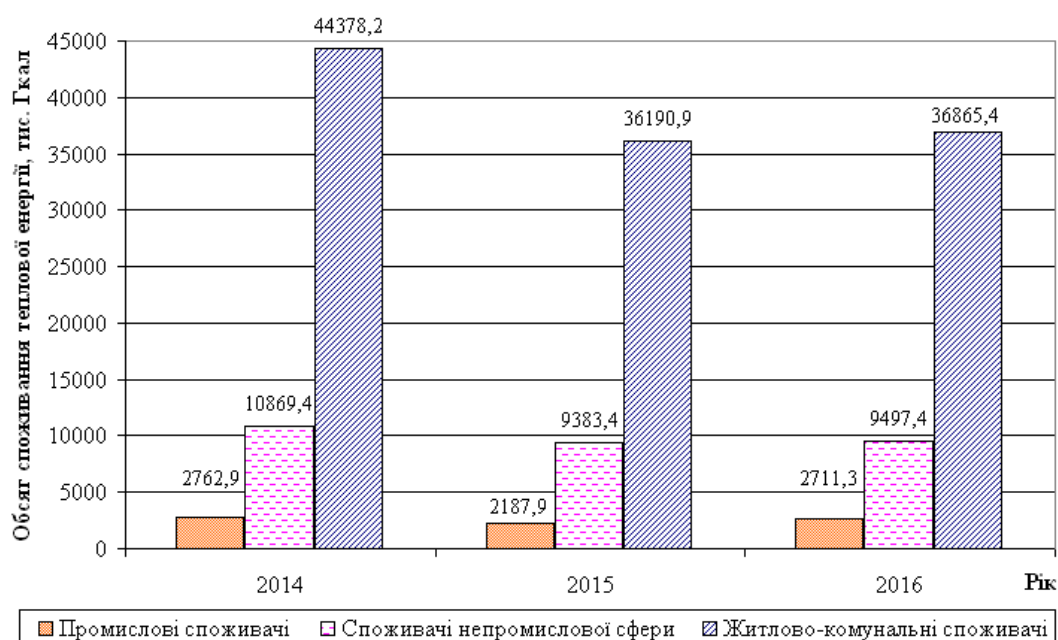


Рисунок 7 – Обсяги споживання теплової енергії у 2014-2016 рр.

При цьому зазначимо, що одним з ефективних заходів зменшення провалу нічного електроспоживання в будівлях, що оснащені індивідуальними тепловими пунктами, є запрограмований перехід ІТП в нічний час на використання електричних котлів для потреб опалення. Це, у свою чергу, дозволять частково зменшити нічний провал споживання електричної енергії шляхом переходу в нічний час на опалення будівель за допомогою лише електричних котлів.

Висновки. Проведено аналіз середнього споживання електричної енергії населенням України та встановлено категорії споживачів, як у містах, так і в сільській місцевості, у яких обсяг споживання електроенергії є найбільшим. Показано динаміку зміни та кількості споживачів теплової енергії за роками та встановлено, що найбільші обсяги теплової енергії споживається населенням, тому саме в цій сфері є значний потенціал щодо ефективного регулювання електроспоживання за рахунок використання теплової енергії для побуту. На основі залежностей обсягів споживання теплової та електричної енергії здійснено оцінку обсягів і потужності наявної в населення електричної побутової техніки і ступінь її автоматизації для подальшого розроблення заходів щодо ефективного регулювання споживання електричної енергії, зокрема в час нічного провалу.

Список використаної літератури

1. Патон Б.Є., Долінський А.А., Геєць В.М., Кухар, В.П., Басок Б.І., Базєєв Є.Т., Подолець Р.З. Пріоритети Національної стратегії теплозабезпечення населених пунктів України // Вісник НАН України, - 2014. №9. – С. 29-47.
2. Патон Б.Є., Долінський А.А., Басок Б.І., Базєєв Є.Т. Проект державної цільової програми модернізації комунальної теплоенергетики на 2012-2016 роки – інноваційна основа технологічного оновлення систем теплозабезпечення населених пунктів України // Вісник НАН України. – 2012. – № 9. – С. 14 – 28.
3. Басок Б.І., Євтухова Т.О. Модель підвищення 3-Е ефективності організаційно-технологічного управління системами комунальної теплоенергетики // Промышленная теплотехника. – Т.37, №7. – С.191-195.
4. Zamulko A. Veremiichuk Y. Methods of controlling power consumption in terms of reforming market conditions [Text] // Scientific Journal of Riga Technical University, series: Power and Electrical Engineering. – 2014. – № 32. – pp. 41– 46.
5. Замулко А.І. Веремійчук Ю.А. Дослідження графіків електричних навантажень груп споживачів електричної енергії [Текст] / А.І. Замулко, Веремійчук // Вісник Вінницького політехнічного інституту. – 2014. – № 2. – С. 82–85. (НМБ РІНЦ)
6. Веремійчук Ю.А., Панасюк М.П., Замулко А.І. Аналіз ефективності розподілу споживачів електричної енергії на роздрібному ринку України // Науково-практичний журнал «Електромеханічні і енергозберігаючі системи», Кременчук. Випуск 2/2012 (18). С. 72-76.
7. Долінський А.А., Басок Б.І., Базєєв Є.Т. Цільові орієнтири проекту Національної стратегії теплозабезпечення населених пунктів України. Частина 1. Вихідні умови розробки стратегії, основні пріоритети, інноваційний розвиток сфери теплозабезпечення // Пром. теплотехніка, - 2014. - Т.36, №2. - С. 54-69..
8. Долінський А.А., Басок Б.І., Базєєв Є.Т. Цільові орієнтири проекту Національної стратегії теплозабезпечення населених пунктів України. Частина 2. Механізм реалізації, цільові індикатори, моніторинг виконання і очікувані результати // Пром. теплотехніка, - 2014. - Т.36, №3. - С. 44-54..
9. Інтелектуальні енергетичні системи теплозабезпечення будівель / Н. М. Фіалко, М. П. Тимченко, А. А. Халатов, Ю. В. Шеренковський // Вісник Національного університету "Львівська політехніка". Серія: Теорія і практика будівництва. – 2016. – № 844. – С. 203–209.
10. Звіт про результати діяльності Національної комісії, що здійснює державне регулювання у сферах енергетики та комунальних послуг, у 2016 році. Режим доступу: <http://www.nerc.gov.ua/>
11. Річний огляд діяльності Держенергонагляду за 2016 рік. Режим доступу: <https://den.energy.gov.ua/>

B.Basok, Cor. Mem. of the NAS of Ukraine, Dr. Eng. Sc., Prof., **ORCID** 0000-0002-8935-4248
O. Lysenko, Cand. Sc., **ORCID** 0000-0003-3981-9796
Institute of Engineering Thermophysics of National Academy of Sciences of Ukraine
Y. Veremiichuk, Cand. Sc. **ORCID** 0000-0003-0258-0478
National Technical University of Ukraine «Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute»

**ESTIMATION OF END-USE THERMAL AND ELECTRICAL ENERGY CONSUMPTION
POTENTIAL FOR DWELLERS**

This article present results of research on energy consumption potential of thermal and electric energy consumers, in particular for dwellers, to develop measures for day and night uneven energy consumption reduction. Determined analysis of Ukraine dwellers average electric energy consumption and marked consumers categories, both in cities and in rural areas, whith the largest volume of electricity consumption.

The dynamics of changes in number of electricity consumers, as well as the volume of electricity consumption by customer groups is given. The data for released and consumed amount of thermal energy and the consumers structure are presented.

On the basis of thermal and electric energy consumption dependencies, conducted the estimation of amount and power of existing dwellers household electric appliances and the level of its automation for the further effective consumption regulation measures development, in particular at night failure period.

Established that end consumer, namely dwellers, by self-regulation of energy consumption will allow to significantly increase energy efficiency of electric and heat supply systems and to strengthen the whole state energy security.

Keywords: peak energy consumption, nighttime energy consumption, end-use energy consumer, energy efficiency, energy security

References

1. B. Paton, A. Dolinsky, V. Heyets, V. Kukhar, B. Basok, E. Bazyeev, R. Podolets, "Target reference points of the national strategy for heating supplies of settlements of Ukraine", *Visnyk of NASU*, - 2014. №9. – pp. 29-47.
2. B. Paton, A. Dolinsky, B. Basok, E. Bazyeev, "State target program (draft) of municipal heat and power engineering modernization in 2012–2016 – innovative basis of technological update of Ukrainian settlements heat supply systems". *Visnyk of NASU*. – 2012. – № 9. – pp. 14 – 28
3. B. Basok, T. Eutukhova "Efficiency improvement of organizational-and-technological management of municipal heat-power systems" *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies* Vol 1, No 8(79) (2016) pp.
4. A. Zamulko, Y. Veremiichuk, "Methods of controlling power consumption in terms of reforming market conditions" *Scientific Journal of Riga Technical University, series: Power and Electrical Engineering*. – 2014. – № 32. – pp. 41– 46.
5. A. Zamulko, Y. Veremiichuk, "The research of the charts of electrical loads of groups of electric energy users". *Visnyk of Vinnytsia Politechnical Institute, [S.l.]*, pp. 82-85, June 2014. ISSN 1997-9274.
6. Y. Veremiichuk, M. Panasyuk, A. Zamulko, "Efficiency analysis of apportionment of private electric power consumers on the ukrainian retail market". *Scientific production journal "Electromechanical and energy saving systems"* – Kremenchuk: KrNU, 2012. – № 2/2012(18). pp. 72-76.
7. A. Dolinskii, B. Basok, E. Bazyeev, "Target benchmarks for the project of the National heat supplying strategy of human settlements of Ukraine. Part 1. Output conditions for strategy development, main priorities, innovative development of the heat supply sector" *Industrial heat engineering. International scientific and applied journal*. Volume 36, № 2, 2014 pp. 54-69.
8. A. Dolinskii, B. Basok, E. Bazyeev, "Target benchmarks for the project of the National heat supplying strategy of human settlements of Ukraine. Part 2. Implementation mechanism, target indicators, performance monitoring and expected results" *Industrial heat engineering. International scientific and applied journal*. Volume 36, № 6, 2014 pp. 44-54.
9. N. Fialko, M. Timchenko, A. Khalatov, Y. Sherenkovsky, "Intelligent energy heating systems for buildings", *SCTP.*, Vol. 844. № 2016, pp. 203-209.
10. The National Regulator Commission of Ukraine for Energy and Utilities (NKREKP) report for 2016. Available: <http://www.nerc.gov.ua/>
11. The State Inspection of Energy Supervision Ukraine report for 2016. Available: <https://den.energy.gov.ua/>

Надійшла 21.05.2017

Received 21.05.2017