

6. Басок Б.І., Накорчевський А.І., Новицька М.П., Петренко М.П., Хибина М.А. Дослідження теплоаеродинамічних процесів в робочому об'ємі гіротермічної печі типу ГТП-135 //

Промышленная теплотехника. – 2007. – Т. 29, №1. – С. 60-69.

Получено 20.04.2007 г.

УДК 69.059.14:662.925

Розинський Д.Й.<sup>1</sup>, Тимченко М.П.<sup>2</sup>,  
Круковський П.Г.<sup>2</sup>, Тадля О.Ю.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>НВП «Елетер»

<sup>2</sup>Інститут технічної теплофізики НАН України

## ЕНЕРГООЩАДНА ТЕХНОЛОГІЯ

### ЕЛЕКТРОТЕПЛОЗАБЕЗПЕЧЕННЯ<sup>1</sup> В ЖКГ І АПК УКРАЇНИ

В статті наведено аналітичні відомості про енергозберігаючу технологію електротепlopостачання при впровадженні його в ЖКГ та АПК України. Наведені матеріали показують, що вже в 2005 році вартість акумуляційного електроопалення наближалась до вартості традиційних систем теплозабезпечення. В умовах підвищення цін на газ в 2006 році електроопалення стає ще більш привабливим.

В статье приведены аналитические сведения об энергосберегающей технологии электротеплообеспечения при внедрении его в ЖКХ и АПК Украины. Выкладки показывают, что уже в 2005 году стоимость аккумуляционного электроотопления приближалась к стоимости традиционных систем теплоснабжения. В условиях повышения цен на газ в 2006 году электроотопление становится еще более привлекательным.

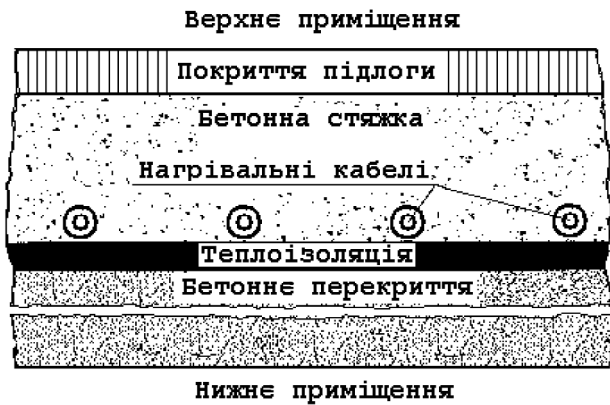
We present analytical data on the energy-saving technology of electricity and heat supply at its introduction in housing and municipal services and the agrarian and industrial complex of Ukraine. Calculations show that, in 2005, the cost of accumulative electroheating came nearer to the cost of traditional systems of heat supply. Under conditions of increase in the gas prices in 2006, electroheating becomes even more attractive.

У березні 2006 р. Кабінетом міністрів України презентована “Енергетична стратегія України на період до 2030 року” (далі ЕСУ). Стратегія задає напрямки розробок та впровадження енергоефективних заходів реалізації в умовах дефіциту вуглеводневого палива конституційного права громадян України на повне, надійне, екологічне, задоволення їх потреб в кінцевих енергоносіях — електричною і тепловою енергією. Оскільки за прогнозом ЕСУ, очікується системне відставання темпів зростання цін на електричну енергію від цін на природний газ, то стає більш привабливим використання електричної енергії в теплотехнологіях у промисловості та побутовому теплозабезпеченні. Одним із напрямів ЕСУ є розвиток електротеплоакумуляційного (ЕТА)

споживання. Крім електрокабельних систем опалення (рис. 1.), електроенергія для цілей обігріву може використовуватися у системах опалення на базі теплонасосних установок (ТНУ), теплоакумуляційних печей, установок кавітаційного нагріву, а також приладах електроопалення прямої дії, наприклад, конвективних і променевих радіаторів.

Також перспективним є питання оптимізації електроопалення шляхом гібридизації різних систем опалення. В ЕСУ прогнозується, що заміна газових котелень на електричні теплогенератори та акумуляційний електричний нагрів може забезпечити витіснення до 75 % природного газу, що використовується для тепlopостачання у промисловості і побуті.

<sup>1</sup>Під електротеплозабезпеченням розуміється теплозабезпечення шляхом трансформації електричної енергії у теплову, за допомогою головним чином електрокабельних систем обігріву (ЕКСО) теплоакумуляційної дії.



*Рис. 1. Схема опалювального приладу для електрообігріву (на прикладі підлогової ЕКСО).*

### **Актуальність питання розробки новітніх енергоефективних технологій опалення**

Усереднені дані щодо обсягів виробленої теплової енергії<sup>2</sup>, структуру використаних ПЕР станом на 2000 р. наведено у табл. 1. На відміну від електроенергетики<sup>3</sup>, більше половини теплоти виробляється на немережних підприємствах. Майже дві третини (61,2 %) виробництва теплової енергії забезпечували понад 100 тис. дрібних котельень. Решта теплової енергії вироблялась на 200 невеликих ТЕЦ (21,3 %) і близько 50 великих ТЕЦ (лише 17,5 % від загального виробництва).

Прямому обліку не підлягає частина теплової енергії, яка виробляється індивідуальними (поквартирними) теплогенераторами: газовими, рідинними, твердопаливними котлами та побутовими, у тому числі вогневими печами. Вони задовольняють головним чином потреби житлово-комунальної сфери та сільського господарства.

У табл. 2. наведена за даними Держенергонагляду України [4] структура споживання в країні електричної енергії в розрізі основних груп споживачів за 2004-05 рр.

<sup>3</sup> Електроенергія в основному виробляється на великих, об'єднаних у централізовану енергетичну мережу державного або наддержавного рівня електростанціях. Їх потужність складає 93,8 %, у тому числі ТЕС і ТЕЦ належить 57,9 %, АЕС 26,2 %, ГЕС та ГАЕС 9,7 %. Блок-станціям та іншим немережним джерелам електроенергії належить лише 6,2 %.

<sup>2</sup> Офіційні статистичні дані по балансу теплової енергії в Україні обмежені. Відсутня єдина методика визначення економічності теплозабезпечення, втрат теплової енергії при її генерації, розподілу і споживання. Діють галузеві, відомчі методики і навіть, як у комунальної теплоенергетиці, – методики окремих підприємств. Тому оцінки сумарного об'єму виробництва і споживання теплоенергії ненадійні і у багатьох випадках можуть не відповідати дійсності [1].

Таким чином, виходячи з табл. 1,2, ЖКГ і АПК України є одними з найбільших споживачів енергоресурсів, і тому проблема енергозбереження у вказаних галузях має стратегічне значення. Збільшення вартості природного газу з січня 2006 р. загостило питання енергоефективності, як раціонального використання і економного витрачання ПЕР, саме у ЖКГ України. До самого останнього часу більшість проектів опалення на об'єктах ЖКГ і АПК базується на традиційних системах, які, порівняно із сучасними інженерними системами життєзабезпечення, характеризуються великими втратами енергії у процесі її транспортування, розподілу і використання у кінцевих споживачів. Зволікання з корінним підвищенням енергоефективності ЖКГ України є прямою загрозою енергетичній безпеці країни і питання енергоефективності стає ключовим для подальших перспектив будь-якої – традиційної або новітньої – технології теплозабезпечення. Пріоритетною вимогою до сучасного теплозабезпечення у ЖКГ і АПК повинно стати значне зниження питомих витрат енергії при одночасному підвищенні екологічності, автономності, надійності, зручності в обслуговуванні. Ці результати з метою визначення раціональності використання ПЕР повинні бути оцінені за допомогою державного енергетичного аудиту.

Енергозбереження реалізується за допомогою правових та технічних методів і стимулюється економічними засобами. Для зниження енергозалежності країни українські законодавці провели відповідну роботу, і наприкінці грудня 2005 р. Верховною Радою України було прийнято Закон України “Про внесення змін до Закону України “Про енергозбереження”. В Законі України “Про енергозбереження” введено такі законодавчі поняття як “енергоефективна продукція, технологія, обладнання”, “енергозберігаючі (енергоефективні) заходи”, “енергоефективний проект”.

Табл. 1. Теплозабезпечення України (2000 р., усереднені дані за [2, 3])

Найменування показника	Одиниця виміру	Показник	Частка палива, %		
			Прир. газ	рідке пал.	вугілля
1. Загальне теплоспоживання	млн ГДж	944,2			
У тому числі:					
промисловість	млн ГДж	334,2			
	%	35,4			
ЖКГ	млн ГДж	412,6			
	%	43,7			
інші сектори	млн ГДж	197,3			
2. Виробництво теплоти на великих ТЕЦ	млн ГДж	165,4	78	16,5	5,5
Частка великих ТЕЦ у теплозабезпеченні	%	17,5			
3. Виробництво теплоти на дрібних ТЕЦ	млн ГДж	201,0			
Частка дрібних ТЕЦ у теплозабезпеченні	%	21,29			
4. Виробництво теплоти на дрібних котельнях	млн ГДж	577,8	55	13,5	31,5
частка дрібних котелень у теплозабезпеченні	%	61,20			

Табл. 2. Структура споживання електричної енергії (ЕЕ) по Україні за 2004-05 рр., за [4].

Групи споживання	2004		2005	
	Фактичне, млрд кВт·г	Питома вага, %	Фактичне, млрд кВт·г	Питома вага, %
Промисловість*	78,3028	57,94	77,8644	56,46
Населення	24,5542	18,17	26,4441	19,17
Комунально-побутові споживачі	14,5011	10,73	15,2958	11,09
Транспорт	9,3646	6,93	9,2347	6,70
Інші непромислові споживачі	4,2924	3,18	4,7074	3,41
Сільгосп. споживачі	3,2415	2,40	3,426	2,48
Будівництво	0,8887	0,66	0,9481	0,69
Разом	135,1453	100	137,9204	100

\* Основні галузі промисловості: металургійна (30,74 %); паливна (7,85 %); хімічна та нафтохімічна (5,37 %); машинобудівна (5,25 %); харчова та переробна (2,92 %); будматеріалів (1,89 %); інші промислові (3,92 %).

Передбачається впровадження у сферу енергозбереження “енергетичного аудиту (енергетичного обстеження)” і т.п. Основним принципом державної політики енергозбереження стає орієнтація на обліковий, а не розрахунковий спосіб визначення об’ємів відпущеної та спожитої енергій. Ще раніше, у 2004 р., Верховною Радою України прийнято Закон України “Про За-

гальнодержавну програму реформування і розвитку житлово-комунального господарства на 2004-2010 роки” [5]. Чільне місце в цій програмі відведено питанню розвитку комунальної теплоенергетики України. Це пов’язано не лише з суто технічними чи технологічними існуючими проблемами, а і з соціальною значимістю комунальної теплоенергетики, оскільки її головним за-

вданням є якісне надання населенню країни належних послуг гарячого водо- та теплостачання. Реальні значення показників енергоефективності нової технології електроопалення (наприклад, зниження енергоспоживання за рахунок автоматичного регулювання температури і т.п.) можуть бути визначені лише при синхронному порівняльному її моніторингу з традиційною системою опалення в однакових умовах і в будинках однакової серії. Дослідна експлуатація повинна також враховувати різні варіанти комбінованих систем опалення (водяне опалення + електричні прилади; водяне + ЕТА; ЕТА + ТНУ і т.п.).

Окремим завданням є зменшення абсолютних обсягів споживання природного газу на потреби ЖКГ і АПК в умовах зростання енергоспоживання населенням, сферою послуг, промисловим та сільськогосподарським виробництвами. У ряді випадків мова йде про заміну природного газу як базового первинного енергоносія при виробництві теплової енергії.

У [6] було показано, що альтернативою теплофікаційного використання природного газу в умовах України (з її 50 % часткою атомної енергії в енергобалансі і значним дефіцитом самозабезпечення вуглеводневим паливом, який складає, наприклад, по природному газу 75... 78 %), є електроопалення як подальше розширення електрифікації побуту. Тобто, одним із засобів підвищення енергоефективності об'єктів ЖКГ може стати техніко-економічно обґрунтоване розширення масштабів використання електричної енергії для теплозабезпечення та гарячого водопостачання (ГВП).

Причиною того, що в табл. 1 відсутня графа "кількість теплової енергії, яка виробляється шляхом трансформації електричної енергії", є поки ще незначна (нижче порогу значності, при якому цей показник може вважатися суттєвим для офіційної статистики) її величина. Проте досвід використання електроенергії для обігріву у ЖКГ, соціальній сфері України існує. За деякими даними загальна величина встановлених потужностей електроопалення не перевищує 0,5 % від навантаження ОЕС. В основному ці електроустановки працюють у режимі прямого споживання електроенергії. Середня встановлена поквартир-

на потужність традиційних електроустановок сягає 6 кВт [7]. Потужність системи опалення у середньоопалювальних умовах першої кліматичної зони для 3-х кімнатної квартири, наприклад, площею 120 м<sup>2</sup> із приведеним опором теплопередачі зовнішніх огорожень приблизно 3 (м<sup>2</sup>·К)/Вт, не перевищує 4 кВт [6, 8-9]. Таким чином, якщо наступним кроком електрифікації побуту вважати перехід до електричних систем опалювання (з врахуванням оцінки коефіцієнту одночасності  $K_{од}$  ( $K_{од} \in [0,41; 0,52]$ ) при кількості жителів (квартир) від 100 до 400), за умови блокування одночасної роботи електроплити та іншого електрообладнання, встановлена потужність електроприймачів на вході у житло не буде перевищувати 10 кВт. Це відкриває перспективи широкого використання електричної енергії для забезпечення загальних житлових потреб не тільки у нових будинках, а й у спорудах існуючої забудови.

Очевидно, що розробка та впровадження електрообігріву у ЖКГ та АПК є комплексною проблемою, яку доцільно вирішувати на міжвідомчих та міжгалузевих засадах. Необхідне запровадження додаткових дієвих заходів, у тому числі відповідного технологічного та техніко-нормативного забезпечення і підтримки електрообігріву, для досягнення системного (у ланцюзі "генеруючі потужності" – "ОЕС" – "споживач") енергоощадного ефекту. При розгляданні сучасного стану і перспектив застосування в Україні електроенергії у якості базового енергоносія при опаленні та гарячому водопостачанні у ЖКГ і АПК постає блок питань, до яких слід підходити більш детально:

- електротеплоакумуляційна (ЕТА) технологія електрокабельних систем обігріву (ЕКСО);
- технічна база ЕТА технології ЕКСО;
- економічний аспект впровадження ЕТА технології ЕКСО.

Розглянемо окремо зазначені проблеми.

### **ЕТА технологія опалювання та її технічні та техніко-нормативні особливості**

Спочатку електротеплоакумуляційне опалення реалізовувалось головним чином у вигляді теплоакумуляційних електропечей (ТАЕП)

різних типів з гарячим (до 650 °С) магнезитовим осередком [10]. Найбільше (мільйони осель) розповсюдження ТАЕП знайшли в Німеччині, як реакція економії цієї країни на першу енергетичну кризу 70-х років минулого сторіччя. В Україні на базі сучасних закордонних зразків на Запорізьському заводі надпотужних трансформаторів ВО “Запорожтрансформатор” було освоєно виробництво системи електротермічного термоаккумуляційного опалення приміщень (СЕТОП), яка призначалася для опалення 1-2 квартирних житлових будинків. СЕТОП складалася з шафи управління, ТАЕП (потужністю 2,4; 3,2 або 4,8 кВт) та регуляторів потужності. Наявність електронних блоків управління дозволяло впродовж опалювального сезону за допомогою СЕТОП економити до 30 % електроенергії [10]. Зараз в Україні фірмою “СтройStyle” виробляється більш сучасна модель теплонакопичувача потужністю 2...5 кВт типу “Технотерм”. Вона також працює за принципом акумуляції теплової енергії у добовому робочому циклі в інтервалі дії дешевого “нічного” тарифу на електричну енергію.

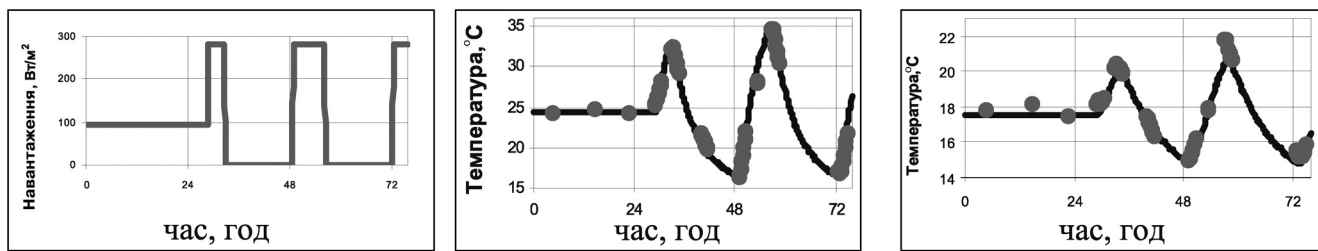
На межі ХХ та ХХІ століть в Україні при використанні ЕКСО у житлових приміщеннях було знайдено спосіб використання теплоаккумуляційних властивостей приміщення та підлоги для підтримки комфортних температур при компенсації добових коливань температури навколишнього середовища. При цьому практичні тепло-технічні розрахунки систем “теплої підлоги” (ЕКСО прямої дії) ґрунтувалися на уявленнях простого теплового балансу та термічного опору будівельних огорожень. Результати розрахунку “теплої підлоги” все ще обмежуються аналізом стаціонарного температурного стану приміщення та визначенням температурних профілів багатоплощинної плоскої пластини, яку відтворювали шари лицевого покриття, шару бетону, у якій вбудовується нагрівальний кабель; теплоізоляційного шару та товщині міжповерхового перекриття. З іншого боку, все більш актуальною ставала потреба одержання більш досконалих теоретичних і експериментальних результатів дослідження теплового стану приміщення з підлогою, в яку вбудовані нагрівальні кабелі. Тому було розроблено методику чисельного моделювання нестационарного температурного поля на-

вколо нагрівального кабелю, що має велике значення для розрахунку робочих і аварійних режимів ЕКСО.

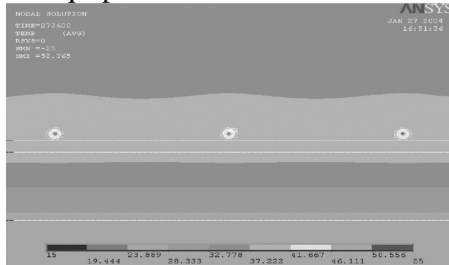
У вітчизняних нормативних документах з’явилися вказівки на можливості використання електроопалення у будівництві. У 90-ті роки почала діяти система економічного стимулювання українського енергоринку шляхом встановлення багатозонних тарифів на відпуск електроенергії. Почався пошук нових споживачів-регуляторів графіка навантаження електромережі. ЕКСО прямої дії вже ніяк не відповідали потребам ринку у нових соціально-економічних умовах. Ця обставина спонукала до постановки і вирішення принципово нового науково-технічного завдання – розробити енергоефективну технологію електрообігріву для промислового, цивільного будівництва України. Для досягнення цієї мети були сплановані і виконані відповідні теоретичні і експериментальні дослідження. При теоретичному дослідженні найбільш вагомі результати було одержано при застосуванні *ANSYS*-моделювання. Було побудовано двовимірну по просторовим координатам нестационарну нелінійну математичну модель підлогового опалення. За її допомогою вперше були поставлені і вирішені задачі динаміки переривчастого опалення з врахуванням температурного поля довкола нагрівального кабелю. На рис. 2 [11] наведено приклади результатів *ANSYS*-моделювання житлових приміщень, обладнаних ЕТА ЕКСО.

Серед експериментальних досліджень слід виділити результати натурального експерименту, проведені КиївЗНДІЕП. Результати експерименту дозволили провести верифікацію математичної моделі, ідентифікувати основні її параметри, одержати їх числові значення, визначити критерії і обмеження ЕКСО ЕТА технологічного процесу. Була його натурна апробація на будівельних об’єктах. На основі як експериментальних даних, так і результатів, отриманих на математичній моделі, було створено теплофізичне забезпечення ЕКСО-ЕТА опалення [12, 13].

Таким чином, на цей час з’явилися практичні розробки ЕТА підлогових (а не ТАЕПів) вітчизняних систем і було завершено створення їх теплофізичного забезпечення (з проведенням ряду циклів експериментальних, у тому числі натур-

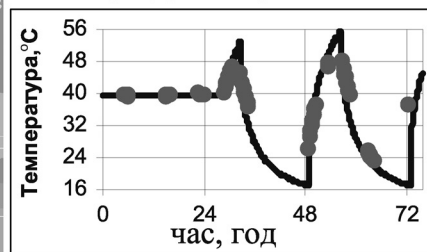


Графік навантаження ЕКСО



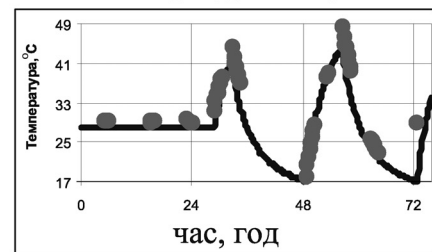
Температурне поле  $\tau=76$  годин

Температура поверхні підлоги



Температура поверхні кабелю

Температура повітря



Температура між кабелями

**Рис. 2. Приклади результатів ANSYS-моделювання теплових режимів приміщення у висотному будинку із системою підлогового опалення (перша температурна зона) приміщень.**

них, і теоретичних досліджень та їх узагальненням). На їх основі були розроблені державні будівельні норми. Можна вважати, що саме з вступом з 1.06.2004 р. до дії ДБН В.2.5-24-2003 “Електрична кабельна система опалення” [14] почався сучасний етап розвитку електроопалення в Україні. Цей документ регламентує порядок розроблення документації, складання теплотехнічних розрахунків, здійснення монтажу та експлуатації устаткування. При цьому було узгоджено усі необхідні питання з МОЗ України, Мінпаливенерго, МВС, Держнаглядохоронпраці, Держкоменергозбереження та ін. За ініціативою Держбуду України було також розроблено інші нормативні документи з електроопалення, наприклад [15]. Ці документи упорядкували практику широкого розповсюдження ЕКСО в Україні. Фактично з появою ЕТА підлогових вітчизняних систем опалення було відкрито новий клас споживачів-регуляторів (СР). Під цими СР розуміються численні об’єкти народного господарства, у тому числі у ЖКК, АПК, бюджетній сфері, промисловому, цивільному та іншому будівництві, які підключені до ОЕС, і використовують енергоефективну ЕТА технологію електрокабельного обігріву, споживаючи елект-

ричну енергію з подальшою трансформацією її у теплову, акумуляцією теплової енергії, переважно у години нічного провалу графіка навантажень енергетичної мережі, і здатну витратити накопичену теплову енергію впродовж усієї доби для забезпечення нормативного мікроклімату об’єкту, якій обігривається. Особливо широким меж може досягати застосування ЕТА ЕКСО у негазифікованих селах України, кількість яких за даними на 2004 р. оцінюється близько 19153 сіл (або близько 67 % їх загальної кількості, за даними [16]).

Технічну базу ЕТА ЕКСО вже сьогодні складають комплектуючі вітчизняного виробництва європейського рівня, наприклад:

- нагрівальний кабель різних типів та параметрів;
- різноманітні електричні теплоаккумуляційні вироби та прилади;
- засоби автоматики, у тому числі різноманітні терморегулятори;
- технологічна оснастка, необхідні матеріали та технологічні прийоми їх застосування;
- засоби багатозонного обліку спожитої електроенергії (включно до лічильників з передплатою) з дистанційною передачею показників.

Найбільш важливою комплектуючою складовою ЕКСО є нагрівальні кабелі. Вони головним чином впливають на техніко-економічні показники технології електрообігріву, оскільки, з одного боку, забезпечують основні робочі і функціональні характеристики (працездатність, зручність, надійність, у тому числі довговічність системи опалення), а з другого боку, вони є найбільш вартісним її компонентом. З використанням досвіду експлуатації різних нагрівальних кабелів у кооперації з ВАТ “Одескабель” було розроблено кілька видів вітчизняних нагрівальних кабелів, у тому числі одножильний екранований нагрівальний кабель типу КН1Э УФ питомою потужністю 18 Вт/м (електричної потужності від 100 до 4900 Вт), питомої потужності 25 Вт/м (електричної потужності від 130 до 5800 Вт); двошкульний екранований нагрівальний кабель типу КН2Э УФ питомої потужності 18 Вт/м (електричної потужності від 80 до 3400 Вт), питомої потужності 25 Вт/м (електричної потужності від 90 до 1800 Вт). Крім основного призначення – здійснювати електрообігрів за технологією гріючої підлоги – ці кабелі використовуються в антикригових системах дахів і відкритих поверхонь різних споруд (наприклад спортивних), в продуктопроводах для підтримки технологічної температури і запобігання їх від замерзання.

Другим за вартістю і важливістю компонентом технологічного обладнання ЕКСО є системи автоматичного управління і різноманітні терморегулятори. На цей час вони також мають вітчизняні аналоги.

У нормативний відомчий документ ДНАОП включено відповідні розділи, що регламентують практику влаштування ЕКСО [17].

Таким чином, енергоощадна технологія електротеплоаккумуляційного обігріву, що пропонується, стає базою для подальшої електрифікації ЖКК і АПК. На відміну від раніше відомих технологій електрообігріву, нова технологія електрокабельного обігріву (ТЕКО) передбачає споживання електроенергії головним чином у години нічного провалу графіка навантажень електромережі. Трансформування електричної енергії у теплову здійснюється за допомогою спеціальних нагрівальних кабелів, вбудованих у будівельні огороження (головним чином – у

підлогу) будинків і споруд. Впродовж інтервалу зарядки теплової енергії у необхідній кількості запасується у будівельних конструкціях і потім, після відключення від електромережі, витрачається більш-менш рівномірно в інтервалі розрядки, у тому числі у години пікового та напівпікового навантаження електромережі. Для визначення матеріалів, конструкцій, технологічних режимів і регламентів, які забезпечують нормативний мікроклімат у приміщенні, що опалюється, було проведено необхідний обсяг досліджень, які включали математичне моделювання, експериментальні, у тому числі натурні, дослідження; пілотне, а потім виробниче впровадження ЕТА-опалення. Вже розроблено кілька технічних проектів сучасних багатоповерхових будинків, у яких передбачено стовідсоткове опалення та гаряче водозабезпечення на базі ТЕКО з використанням електроенергії для підігріву виключно у години нічного мінімуму. Об’єкти, які використовують ТЕКО, одночасно є споживачами-регуляторами навантаження електричних систем і допомагають досягненню енергонезалежності країни на засадах економічно обґрунтованого заміщення споживання енергії, виробленої з імпортованих паливно-енергетичних ресурсів, доступною вітчизняною електроенергією, яка виробляється на АЕС у достатній кількості і якості та регулювання виробництва і споживання електричної енергії для забезпечення ефективної роботи об’єднаної енергосистеми (ОЕС).

### **Економічний аспект впровадження технології ЕКСО [18]**

Коли йдеться про електроопалення, звичайно єдиною його негативною властивістю вважається майже подвійні (від 267 до 369 г у.п. у порівнянні з 140...221 г у.п. [18]) витрати палива на виробництво 1 кВт-г теплової енергії. У більшості країн ціна на електричну енергію у два – п’ять разів перевищує ціну на природний газ. З цього може бути висновок, що заміна природного газу (до недавнього часу найбільш дешевого первинного енергоносія) на електроенергію є економічно недоцільною. Але при цьому не враховується, що за ефектами комфортності, зручності споживання, регулюванням, економічності, екологічності,

1 кВт·г теплової енергії, одержаної шляхом трансформації електричної енергії у променисто-конвективних системах опалення, набагато перевищує споживчі властивості тієї ж 1 кВт·г теплової енергії, одержаної з системи центрального теплопостачання. Тому за комплексом більш якісних споживчих характеристик і параметрів 1 кВт·г “електричної” теплової енергії повинна коштувати відповідно більше.

До речі, в Україні внаслідок високої частки АЕС у балансі виробництва електроенергії вказане співвідношення цін на електричну енергію може бути значно меншим. Вартість умовного палива з ядерного палива оцінюється величиною 46 грн/1 т у.п. [19-20]. Для порівняння, у 2005 р. аналогічний параметр по вугіллю складав 305, а по природному газу — 344 грн/1 т у.п. Тому, оскільки при 50 % ядерної складової в електробалансі на виробництво 1 кВт·г електроенергії витрачається у половину менша кількість органічних ПЕР, то теоретично, з врахуванням вищенаведених оцінок вартості умовного палива з ядерного палива 46 грн/ 1 т у.п., граничне співвідношення цін на електричну енергію і природний газ в Україні може наблизитися до 1:1. У 2005 р. частка електроенергії, що виробляється на АЕС, практично досягла 50 %. За деякими даними, собівартість електроенергії на АЕС України до недавнього часу складала 2,5 коп/1 кВт·г, а вартість електроенергії, що експортується до Росії, становила 7,5 коп/1 кВт·г. Тому більш реальне співвідношення цін на електричну енергію і природний газ в Україні починається зі співвідношення 1,5:1. З цього впливає економічна доцільність електроопалення у сучасних соціально-економічних умовах України, коли вартість електроопалення наближається до фактичної вартості послуг з існуючої зараз системи теплопостачання. Цей факт необхідно мати на увазі при спробах упорядкування тарифної політики у сфері електроопалення з врахуванням особливостей енергобалансу України.

Як відомо, електроенергетика України характеризується, з одного боку, профіцитом виробки електричної енергії, а з другого боку — одночасним дефіцитом маневрових потужностей. Щоб стимулювати споживання позапікової енергії, НКРЕ України встановило диференційовані за

часом тарифи на електроенергію, і тому потужність електронагріву у першу чергу визначається дефіцитом маневрових потужностей в ОЕС [21]. В Мінпаливенерго декілька років тому вже існувала думка про доцільність встановлення спеціального тарифу на електроопалення. Але його запровадження стримувала відсутність у той час масових засобів надійного контролю використання і обліку електричної енергії, яка призначена саме для опалення. Зараз в Україні існують багато типів приладів багатозонного дистанційного обліку, які легко програмуються під будь-яку тарифну систему як вже діючу диференційовану за часом 2-зонною або 3-зонною, так і іншу, будь-якої складності. Тобто, зараз немає перешкод для обліку, у тому числі з функцією передоплати, якщо буде визначено доцільним створення нової системи спеціальних тарифів на електричну енергію, дія якої поширювалася виключно на електроопалення. Визначальною рисою цієї пропозиції є те, що вона майже не потребує централізованих капітальних вкладень чи якихось значних інвестувань. Основні витрати, у тому числі встановлення індивідуальних місць обліку спожитої енергії, візьмуть на себе самі споживачі електроенергії.

У недавньому минулому перспективна потужність побутового акумуляційного електронагріву оцінювалася лише різницею між вечірнім зимовим максимумом і нічним навантаженням енергосистеми України. Зараз, при ціні на природний газ \$95...230 за 1 тис. м<sup>3</sup>, ще сильніше починає діяти фактор доцільності більш широкого масштабу витіснення природного газу з систем теплопостачання і заміни його електротеплопостачанням. Ціна на 1 кВт·г електричної енергії, природно, теж зростає, але не у такої пропорції, як ціна на природний газ. Прогнозується, що після лібералізації енергетичного ринку, вступу України до СОТ, співвідношення тарифів і цін на первинні енергоносії та електричну енергію буде лежати в інтервалі 1,5...2. Тому саме в Україні завдяки її 50 % частки електроенергії, що виробляються на АЕС, складаються економічні умови, які сприяють розвитку багатьох видів електроопалення — акумулюючі печі вітчизняного виробництва, системи кабельного обігрівання прямої та акумуляційної дії, акумуляційні бойлери,



Табл. 3. Вартість (з врахуванням ПДВ) паливної складової енергії (ПСЕ) та тарифи (грн/1 кВтг) на теплову та електричну енергію (вартість ПЕР прийняти станом на червень 2005 р.)

Найменування постачальника енергії або первинних енергоресурсів (ПЕР) Скорочення: НЕК – національна енергетична компанія; УЕ – Укренерго.	ПСЕ з ПДВ, грн/кВт·г		Вартість електро- енергії грн/кВт
	тепл.	електр.	
1. НЕК УЕ, для населення, яке проживає у будинках, обладнаних кухонними електроплитами, електроопалювальними установками (в т.ч. у сільській місцевості)		0,12	0,12
2. НЕК УЕ, ставка при експорті до РФ		0,0707	0,0707
3. НЕК УЕ, ставка при експорті до Молдови		0,1104	0,1104
4. НЕК УЕ, середня експортна ставка для Румунії, Угорщини, Польщі, Словаччини		0,1272	0,1272
5. НЕК УЕ, пільговий інтервал		0,04	0,04
6. Газ природний (метан), при ціні 331 грн за 1000 м <sup>3</sup> (або 249 грн за 1 т у.п.; калорійний еквівалент 1,327)	0,0374	0,0665	0,0831*
7. Газ природний (метан), при ціні 344 грн за 1 т у.п.	0,0516	0,0917	0,1147*
8. Київенерго, для ЖЕКів	0,0561		
9. Київенерго, для бюджетних споживачів	0,0668		
10. Вугілля (305 грн. за 1 т у.п., або 183 грн/1 т бурого українського вугілля, калорійний еквівалент 0,6)	0,0458	0,0813	0,136*
11. Дизпаливо ДП (3210 грн за 1 т у.п., або 3,85 грн/1 л)	0,4815	0,8561	1,070*
12. Уран (при ціні придбання 46 грн за 1 т у.п.) за [20])	0,0069	0,0123	0,025

Примітка. \* Значення коефіцієнту, який враховує частку паливної складової у вартості 1 кВт·г прийнято: для вугілля 0,6; для природного газу та дизпалива — 0,8.

проточні електроводонагрівачі, теплові насоси, системи кавітаційного нагріву тощо.

У табл. 3 наведено дані про вартість паливної складової енергії (ПСЕ) та їх співставлення з тарифами і цінами на теплову та електричну енергію. У розрахунках прийнято, що витрати ПЕР на виробництво теплової та електричної енергії складають, за осередненими даними, 0,15 та 0,267 кг у.п./кВт·г. З даних табл. 3 можна бачити, що сьогодні вартість електроопалення наближається до фактичної вартості послуг з існуючої зараз системи теплопостачання.

Економічну доцільність електроопалення можна підтвердити аналізом контрольних показників річного споживання теплової енергії для систем опалення житлових і громадських будівель (за СНиП 2.04.05.91\*У, додаток 25, обов'язковий). Якщо використати звичайний (12 коп/кВт з ПДВ) тариф на електроенергію для

будинків, обладнаних електроплитами, то електроопалення прямої дії (без використання ЕТА-модифікації ЕКСО) квартири у рядовій блок-секції секційного житлового будинку буде коштувати до 750 грн на рік. Для порівняння оплата (щомісячно 41,2 грн.) центрального опалення квартири площею 50 м<sup>2</sup> у 16-поверховому будинку, розташованому у м. Києві (1 кліматична зона) за 1 рік складає 494,4 грн, що лише на 50 % перевищує вартість звичайного опалення. З врахуванням комфортності електроопалення, його енергоощадності можна стверджувати, що електроопалення навіть при діючих тарифах, є економічно привабливим у випадку, якщо будівля збудована і експлуатується згідно з нормативними вимогами. Картина кардинально змінюється, якщо використати ЕТА модифікацію опалення і до сплати послуг електроопалення застосувати діючі пільгові тарифи. Якщо використати нічний та-

риф 4 коп/кВт·г, то електроопалення буде удвічі дешевше ніж центральне водяне опалення при одночасно вищій якості.

Нами розглянуто різні підходи до оцінки економічної доцільності електроопалення. За їх результатами можна стверджувати, що у певних масштабах електроопалення в електротеплоакумуляційному варіанті є перспективним видом опалення для умов України. Також дуже цікавим є питання оптимізації електроопалення шляхом комбінованого використання різних систем опалення. Але треба зауважити, що усі розрахунки техніко-економічної ефективності того чи іншого виду опалення виходять з ряду припущень, які або не є загальноприйнятими, або носять тимчасовий характер. Дуже важливим для одержання об'єктивних результатів порівняльного аналізу усіх видів затрат є вибір базисного варіанту. Мірою правильності розрахунків повинні стати результати практичної паралельної експлуатації нової і традиційної системи опалення у реальних та однакових умовах і безперервний їх моніторинг за певними критеріями і показниками. Іншими словами, необхідно проведення натурних експериментів з електроопалення та гарячого водопостачання спочатку в окремому багатоповерховому будинку або його частині, а потім – у масштабі мікрорайону. При цьому частина житлових будинків (однотипних з будинками, у яких застосовується експериментальне електроопалення) повинна бути обладнаною традиційною системою опалення. Звернемо увагу і на те, що сучасний будинок повинен бути обладнаний якщо не інтелектуальними (“цифровим”), то системами автоматичного регулювання, спроможними у тому числі розподіляти добовий енергоресурс системи енергопостачання.

Наступними завданнями розробки технології електроопалення є її удосконалення результатами аналізу теплового і вологого стану приміщення з урахуванням аеродинаміки повітря, процесів тепломасопереносу в огороженнях, типу опалювальних приладів, складу та місця їх розташування. Такі задачі можна ставити і розв'язувати за допомогою *CFD*- моделювання (*CFD* — computational fluid dynamics). Метод *CFD*-моделювання є найбільш ефективним — точним, надійним, одночасно дешевим і швидким — шляхом розробки будь-яких складних систем, у тому числі систем опалення. Він дає змогу з мінімальною кількістю

обмежень та припущень розрахувати реальні тривимірні поля температур, вологості з врахуванням променистого, конвективного механізмів теплообміну у залежності від довільних граничних та початкових умов, особливостей архітектурно-планувального рішення, джерел і умов енергопостачання тощо. За допомогою *CFD*-моделей можливо вивчити і знайти оптимальні варіанти комбінованих систем опалення, тобто визначитися зі складом, розміщенням та параметрами різних систем опалення.

Можна стверджувати, що сьогодні перешкоди впровадженню ЕТА ЕКСО мають в основному не технічний, технологічний або техніко-економічний характер, а соціально-економічний чи управлінський характер. Вони можуть стосуватися законодавчого врегулювання стратегії розвитку електроенергетики і потребують координованих зусиль Мінпаливенерго, Національної академії наук, Комітету Верховної Ради України з питань паливно-енергетичного комплексу, ядерної політики та ядерної безпеки, ОЕП “Галузевий резервно-інвестиційний фонд розвитку електроенергетики”, Науково-технічної спілки енергетиків та електротехніків України, Мінбуду України. Вони також можуть мати суб'єктивний характер, охоплювати адміністративні, фінансові (прозорість ціноутворення), соціальні, юридичні, навчальні, тренінгові і т.п. питання. Важливим питанням, яке ще спеціально не розглядалось, залишається питання упорядкування тарифної політики щодо ЕКСО-технологій. Іншим міжвідомчим питанням є організація натурних масштабних порівняльних випробувань ЕТА ЕКСО-технології на реальному об'єкті типу сучасного багатоповерхового будинку (пілотний будинок) з безперервним енергетичним моніторингом впродовж кількох опалювальних періодів у реальних кліматичних умовах.

## Висновки

1. Як показано вище, вартість акумуляційного електроопалення при цінах на газ та електроенергію на 2005 р. наближається до фактичної вартості послуг традиційних систем теплопостачання. У зв'язку з підвищенням за Угодою з РФ від 4 січня 2006 р. ціни на експортний природний

газ у 2...4 рази, привабливість електроопалення за кількісними показниками, що були розглянуті у п.3, ще більше зростає.

2. Масштабному впровадженню технології електроакумуляційного електроопалення сприятиме:

- відокремлення акумуляційного електроопалення від інших видів споживачів електричної енергії з диференційованим обліком спожитої електроенергії;

- розрахунок за вжиту електроенергію для акумуляційного електроопалення за обґрунтованими диференційованими за періодами часу тарифами та гарантії на установлення тарифів на електроопалення не менш ніж на 5 років;

- здійснення пілотного проекту будівництва у масштабі дослідного об'єкту (на першому етапі – будинку, на другому – мікрорайону) з впровадженням технології акумуляційного електроопалення, проведення енергетичного аудиту з метою апробації та визначення параметрів та техніко-економічних показників.

3. Україна за комплексом проведених досліджень, наявності технічних засобів вітчизняного виробництва (кабелів, регуляторів), техніко-нормативного забезпечення практично готова до широкомасштабного впровадження електротеплоакумуляційної технології кабельного обігріву в її електротеплоакумуляційній модифікації. Слід очікувати, що через 10 років ступінь розповсюдження електроопалення в Україні досягне рівня, звичайного для європейської країни, тобто десятків процентів від загального обсягу теплоспоживання, а не кілька десятків, як сьогодні. При цьому очікується, що одержаний досвід розробки і впровадження електротеплоакумуляційної технології кабельного обігріву, виробництво відповідних комплектуючих і технологічного обладнання досягне експортних перспектив.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Санжаровская В, Дубовик В. Научно-технический прогресс в электроэнергетике. Энергетическая политика Украины, № 9, 2005. – С. 76-81.
2. Паливно-енергетичний комплекс України на порозі третього тисячоліття. Під заг. редакцією

А.К. Шидловського, М.П.Ковалка. – К.: “Українська енциклопед. знання”, 2001.- 397 с

3. Карп И. Н. Энергосбережение в Украине: проблемы и пути решения. // Экотехнологии и ресурсосбережение. – 2004. – № 4.– С. 3-13.

4. Аналіз споживання електричної енергії в Україні за 2005 р. Інформаційний бюлетень НКРЕ, № 2, 2006. – С. 308-312.

5. Закон України “Про Загальнодержавну програму реформування і розвитку житлово-комунального господарства на 2004-2010 роки”. // Відомості Верховної Ради, 2004, № 46, ст.512).

6. Розинский Д.И., Розинский М.И., Лопатин С.Я. Электрическая кабельная система отопления // Будівництво України. – 1996, № 3. – С. 37-39.

7. Стафийчук В.Г., Ревуцкий С.С. Нормативное обеспечение расчетов электрических сетей при использовании электроэнергии для отопления жилья // Электрические сети и системы. – 2003. – № 2. – С. 49-53.

8. Розинский Д.И., Лопатин С.Я., Тимченко М.П. Оценка теплоаккумулирующей способности конструкций зданий и сооружений при электрическом кабельном отоплении. Сб. “Промислова електроенергетика та електротехніка”. – К.: 1998. Вып. 2. – С. 26-44.

9. Розинский Д.И., Тимченко Н.П., Круковский П.Г. Электротеплоаккумуляционное отопление греющим полом. В сб. “Электротеплоаккумуляционное отопление греющим полом”. Ред. Д.И.Розинский. К.: ИТТФ НАН Украины, НПП “Элтер”, 2001. – С. 31-46.

10. Симонов А.А. Бытовое электрическое отопление с аккумулярованием тепла — важнейший фактор эффективного использования электроэнергии // Энергетика и электрификация. – 1992. – № 1. – С.26-30.

11. Круковский П.Г., Тимченко Н.П., Тадля О.Ю., Розинский Д.И. Теплові режими висотного будинку із системою підлогового опалення (перша температурна зона) // Будівництво України. – 2005. – № 4. – С. 21-24.

12. Электротеплоаккумуляционное отопление греющим полом. Сборник научных статей под редакцией Д.И.Розинского. – К.: ИТТФ НАН Украины, НПП “Элтер”, 2001. – 156 с.

13. Круковский П.Г., Тимченко Н.П., Розинский Д.И., Тадля О.Ю. Применение современ-

ных компьютерных технологий для анализа тепловых режимов и оптимизации параметров электрокабельной системы отопления // *Экологія і ресурси*. – 2003. – № 6. – С. 181-186.

14. *ДБН В.2.5.-24-2003*. “Електрична кабельна система опалення”. – К.: Держбуд України, 2004. – 31 с.

15. *ДБН В.2.5.-23-2003*. Проектування енергообладнання об'єктів цивільного призначення. – К.: Держбуд України, 2004. – 131 с.

16. *Статистичний щорічник України за 2004*. – К.: Консультант, 2005. – 588 с.

17. *ДНАОП 0.00-1.32-01*. Правила будови електроустановок. Електрообладнання спеціальних установок. – К.: Укрархбудінформ, 2001. – С. 109-113.

18. *Розинський Д.Й., Тимченко М.П.* Економічний аспект впровадження у житлово-кому-

нальне господарство (ЖКГ) України електротехнологій опалення на базі ЕКСО // *Будівництво України*. – 2006, № 2. – 10-15.

19. *Ватагин М.* Все засекретим, а потом ... Энергетическая политика Украины // 2005. – № 11, С. 52-58.

20. *Ватагин М.* Учитывать ли уран в энергетическом балансе? // Энергетическая политика Украины. – 2005. – № 12. – С. 36-41.

21. *Баталов А., Салимон В.* Баланс интересов. О проблеме дефицита высокоманевренных регулирующих мощностей в ОЭС Украины // Энергетическая политика Украины. – 2004. – № 6. – С.54-57.

*Получено 22.01.2007 г.*

**Замечания  
редакционной коллегии журнала  
“Промышленная теплотехника”**

*Вопросы, рассматриваемые в статье, представляют интерес в практическом и научном отношениях, и поэтому редакция сочла необходимым опубликовать статью. Вместе с тем редакция не может согласиться со всеми приведенными положениями и выводами.*

*Нельзя согласиться с тем, что в Украине в качестве основного энергоносителя при отоплении и горячем водоснабжении в ЖКХ и АПК может служить электроэнергия.*

*По нашему мнению, теплоснабжение в ЖКХ и АПК должно основываться на индивидуальных отопительных котельных установках, КПД которых не ниже 90%. В перспективе энергоснабжение коммунально-бытового сектора должно обеспечиваться установкой мини-ТЭС с подключением когенерационной системы.*

*Такие рекомендации особо перспективны с учетом существенного повышения стоимости газа и электроэнергии в нашей стране.*

*Электротеплоаккумуляционное отопление и горячее водоснабжение применимо в тех районах, где электроэнергия, вырабатываемая атомными станциями, по локальным условиям не может быть использована в полной мере.*

УДК 622.997:697.34

**Шишкин Н.Д.**

*Астраханский государственный технический университет*

## ЭФФЕКТИВНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ В АВТОНОМНЫХ ТЕПЛОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСАХ

Розроблено теоретичні основи проектування автоматичних теплоенерге-

Разработаны теоретические основы проектирования автономных тепло-

Theoretical bases of designing of independent heat power complexes are devel-