

СИСТЕМНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ТА КОМПЛЕКСНІ ПРОБЛЕМИ ЕНЕРГЕТИКИ

УДК 621.9

В.Д. БІЛОДІД, канд. техн. наук
Інститут загальної енергетики НАН України, м. Київ

ОЦІНКА ОБСЯГІВ ВИРОБНИЦТВА ТА СПОЖИВАННЯ ТЕПЛОВОЇ ЕНЕРГІЇ В УКРАЇНІ З ВИКОРИСТАННЯМ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ ТЕПЛОНАСОСНИМИ СИСТЕМАМИ*

Проаналізовано стан виробництва та споживання теплової енергії впродовж 2000–2010 рр. з використанням теплонасосних установок різного типу. Встановлено, що вироблені обсяги теплової енергії досить значні. Реальна потужність встановленого обладнання у 2010 р. становила 6,7 млн кВт. Споживання електроенергії такими системами для виробництва теплової енергії, за мінімальними оцінками, сягнуло 4,3–4,4 млрд кВт-год, у тому числі промисловими системами 3,7–3,8 млрд кВт-год, а побутовими – 0,6–0,65 млрд кВт-год.

Ключові слова: тепlopостачання, теплонасосні системи, паливно-енергетичні ресурси, енергетична ефективність, споживання електроенергії.

Як відомо, статистика надає інформацію щодо генерування теплової енергії лише за наявними даними статистичної звітності, що отримуються від підприємств виробників теплової енергії, тобто юридичних осіб. У роботі [1] детально проаналізовано стан розвитку систем тепlopостачання в Україні та обсяги виробництва теплової енергії у 2004 р. на основі саме такої статистичної інформації. У роботі [2], до даних 2004 р., було додано показники щодо виробництва та споживання теплової енергії протягом 2000–2007 рр., на підставі наявних статистичних даних. У табл. 1 наведено офіційні статистичні дані щодо виробництва та споживання теплоти за 2000–2007 рр., які взято з роботи [2], та статистичні дані за 2008–2010 рр. [3–7]. Однак реальні обсяги споживання та структура енергобалансів при виробництві теплової енергії дещо інші, оскільки державна статистика не враховує низку джерел тепlopостачання та паливо, стосовно якого виробниками такої енергії не подається статистична звітність.

До зазначених у табл. 1 загальних річних обсягів відпуску теплової енергії не включено виробництво теплоти з використанням електроенергії, зокрема теплонасосними установками

* Друкується в порядку обговорення.

© В.Д. БІЛОДІД, 2011

різного типу, а це 80% теплота від так званих комбінованих (реверсивних) кондиціонерів (RH-кондиціонери) невеликої потужності у приватному секторі і в офісах компаній, які можуть експлуатуватись в режимах виробництва холоду або теплової енергії; промисловими кліматичними системами середньої потужності, які почали широко використовуватись, особливо для опалення великих торговельних комплексів; електронагрівальними приладами та системами опалення на основі електричної енергії. До табл. 1 також не внесено обсяги виробленої і спожитої теплоти приватним індивідуальним сектором, який не охоплено централізованим тепlopостачанням. При цьому слід зауважити, що статистика враховує обсяги спожитої електричної енергії, що використовується як кондиціонерами, так і іншими електроприладами, в тому числі і приватними електричними котлами, оскільки лічильники електричної енергії є всюди. Однак скільки конкретно електроенергії споживається саме для потреб тепlopостачання, в тому числі на вироблення гарячої води для гарячого водопостачання (ГВП), невідомо. В літературі також не вдалося знайти такої достовірної інформації.

Мета цієї роботи – оцінювання обсягів виробництва та споживання теплової енергії з використанням теплонасосних систем різного

Таблиця 1

Найменування теплогенеруючих підприємств	Обсяг виробництва теплової енергії за роками, тис. Гкал/%										
	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Конденсаційні теплоелектростанції (КЕС)	2420,6 1,3	2353,0 1,3	2317,3 1,3	2413,7 1,3	2180,0 1,2	2139,5 1,2	2154,1 1,2	1924,3 1,2	1887 1,3	1846,0 1,4	1882,7 1,2
Атомні електростанції	1722,4 1,0	1797,0 1,0	1697,3 0,9	2413,7 1,3	1706,0 0,9	1682,6 0,8	1719,7 0,9	1562,2 0,9	1529,2 0,9	1531,6 1,0	1531,7 1,0
Електростанції підприємств	25712,3 14,4	23538,1 13,6	22542,2 12,9	18752,3 9,9	17439,8 9,4	27413,9 14,0	20781,5 11,3	18970,7 11,1	25778,7 15,9	12670,0 8,8	17435,2 11,2
Електростанції комбінованого виробництва теплової та електричної енергії (ТЕЦ)	24897,2 13,9	27745,4 16,0	26825,0 15,3	34885,9 18,4	34298,8 18,4	33668,8 17,2	30761,3 16,7	28543,5 16,8	18551,6 11,4	27126,4 18,8	23233,7 15,0
Підприємства виробництва теплової енергії (котельні)	114134,0 63,9	106196,9 61,4	109287,4 62,5	119226,3 62,9	118542,7 63,5	117246,6 59,7	115931,0 63,0	105194,7 61,8	101754,7 62,7	92391,1 64,2	100409,864 8
Утилізаційні установки	9775,0 5,5	11309,6 6,7	12297,4 7,1	12449,6 6,6	12333,2 6,6	14050,0 7,1	12755,4 6,9	14004,2 8,2	12635,0 7,8	8364,0 5,8	10518,4 6,8
Всього за підприємствами	178658,6 100	172940,0 100	174950,0 100	189479,4 100	186500,5 100	196201,4 100	184103,0 100	170199,6 100	162136,4 100	143929,1 100	155011,5 100

типу, в тому числі *RH*-кондиціонерів, які також відносять до теплонасосних установок.

Методика досліджень передбачає вивчення статистики обсягів продаж відповідного обладнання та отримання розрахунковим методом, спираючись на досвід використання інших систем генерування теплоти щодо загальних об'ємів виробленої та спожитої теплової енергії, побічних даних щодо імовірної кількості спожитої електроенергії на потреби генерування теплоти та оцінок обсягів використання такого обладнання, як *RH*-кондиціонери різного призначення.

Кількість спожитої теплової енергії за рахунок використання електроенергії із застосуванням *RH*-кондиціонерів можна орієнтовно оцінити за їх встановленою потужністю. На жаль, такої інформації статистика також не наводить. Спробуємо розібратися з цією ситуацією за іншими даними. Так, за оцінкою, наведеною у роботі [8], обсяги проданих кондиціонерів усіх типів та характеристик за роками були такими, тис. од.:

Системи	2001	2002	2003	2004	2005
Побутові	60	84	100	125	160
Промислові	4,15	5,2	6,25	7,8	11

При середній потужності побутових систем 1,5 кВт – діапазон потужностей 0,6...5 кВт, а промислових 50 кВт – діапазон потужностей 10...125 кВт і більше для однієї системи, отримуємо такі встановлені потужності проданих кондиціонерів, МВт (ел.):

Системи	2001	2002	2003	2004	2005
Побутові	90	126	150	187,5	240
Промислові	207,5	260	312,5	390	550

Також згідно з [8] основними моделями побутових систем були дешеві кондиціонери – 75% у 2001 р. та 71% у 2004 р., які переважно виконують лише функції охолодження. У той самий час промислові системи практично всі були реверсивними. Використовуючи цю інформацію, отримуємо, що потужність систем кондиціонування по теплоті становила, МВт (ел.):

Системи	2001	2002	2003	2004	2005
Побутові	22,5	32,8	40,5	53,4	72,0
Промислові	199,2	252,2	306,3	386,1	550,0
Всього:	221,7	285,0	346,8	439,5	622,0

Отже, сумарна накопичена протягом 2001–2005 рр. електрична потужність реверсивних кондиціонерів, які експлуатуються не менше 5 років, сягала значень близько 1,9 млн кВт (ел.), з них побутових – 220 МВт (11,5%).

Отримані значення можуть бути ще вищими, оскільки за даними роботи [9] частка реверсивних кондиціонерів, особливо з 2000 року, невпинно зростає. Ця тенденція спостерігається у всьому світі, і, очевидно, Україна не може бути осторонь. Так, наприклад, на французькому ринку кліматичного устаткування в секторі спліт і мультиспліт систем потужністю меншою від 17,5 кВт у 2006 р. відзначено рекордне зростання продаж, що становило майже 33% порівняно з 2005 р. Загалом було продано 403255 зовнішніх блоків. Ринок зростає завдяки продажам побутових кліматичних систем. При цьому понад 90% проданих приладів становили реверсивні системи. Збільшуються продажі (+74%) систем з інверторами, що зарекомендували себе як найбільш ефективні системи опалювання в умовах низьких температур навколишнього середовища.

Необхідно зауважити, що роторні компресори становлять основну частину виробництва і продажів компресорів для систем кондиціонування повітря, особливо невеликих побутових кондиціонерів і осушувачів. За оцінками фахівців, у 2004 р. їх виробництво у світі становило приблизно 75 млн од. Для потреб охолодження було використано лише близько 3 млн компресорів [10]. Отже, у 2004 р. частка роторних компресорів, що застосовується лише для охолодження, становила 4%. Крім роторних компресорів у 2004 р. було виготовлено 12 млн од. спіральних компресорів, які також в основному застосовуються у реверсивних системах кондиціонування. Так, в Японії понад 98% з 6,8 млн побутових кондиціонерів, реалізованих у 2004 р. на внутрішньому ринку, становили інверторні компресори змінного струму. Інвертори, як відомо, забезпечують більшу ефективність при неповних навантаженнях та підвищену продуктивність саме в режимі теплового насоса.

Наведені дані свідчать про тотальне переважання на світових ринках кліматичного обладнання саме реверсивних систем. Очевидним є і те, що на українському ринку подібні тенденції теж відслідковуються. Так, у 2007 р. реверсивні системи в Україні становили вже понад 60% від загальних обсягів продажу усіх типів кондиціо-

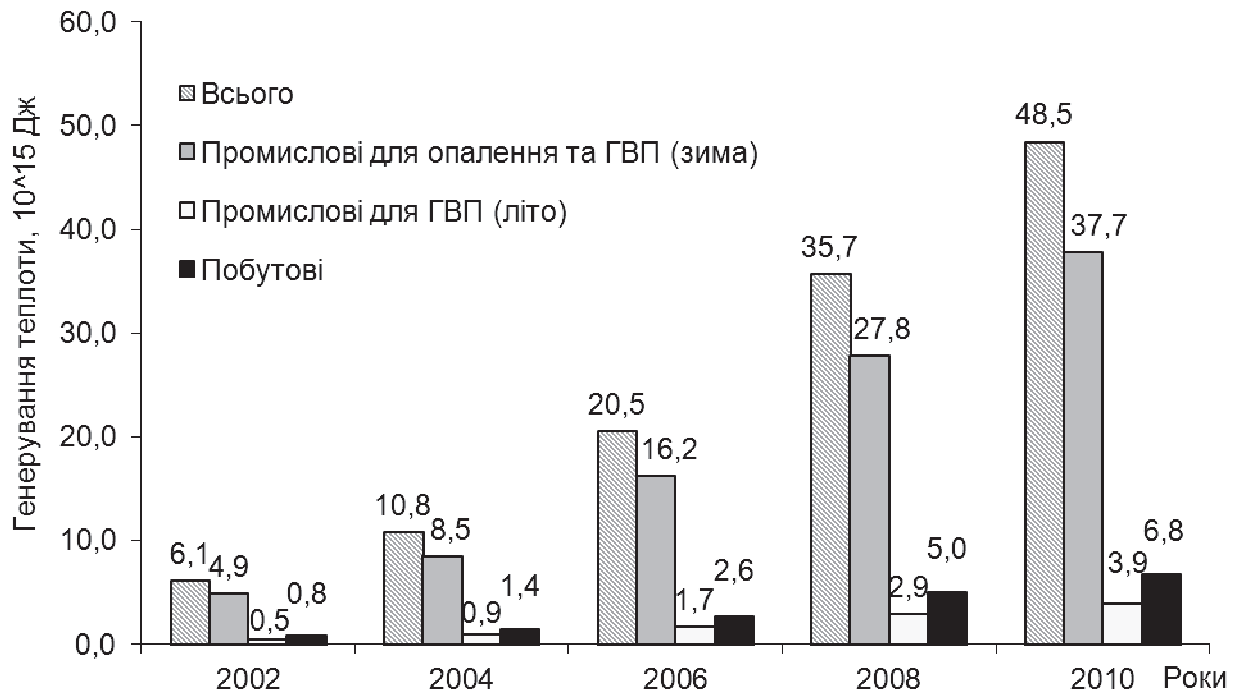


Рис. 1. Обсяги вироблення теплової енергії в Україні за 2002–2010 рр. реверсивними кондиціонерами

нерів. Середні прирости обсягів продажу кондиціонерів за цей період були різними, але їх середній рівень становив 20...35%.

Отже, обмежувачись меншими значеннями з наведених оцінок для подальших розрахунків електричну потужність реверсивних кондиціонерів, встановлених в Україні впродовж 2001–2005 рр., приймаємо на рівні 1,9 млн кВт, про що було зазначено вище.

Враховуючи те, що і до 2001 р. таке обладнання також встановлювалося, при цьому згідно з [11] середні рівні їх приростів не знижувалися з 1990 р. нижче 15–25% (в середньому 20%), взявши за основу обсяг проданих у 2001 р. кондиціонерів 222 МВт (див. вище), шляхом зворотного підрахунку при щорічному прирості від 20 до 22 % (середні значення), з урахуванням гіпотези про те, що накопичення потужностей *RH*-кондиціонерів розпочалося з 1991 р. при початковій потужності 20 МВт, отримано оцінки щодо їх загальної встановленої потужності протягом 1991–2000 рр.

Необхідно також визначитись з терміном експлуатації такого обладнання. У практиці західних країн цей термін, як правило, не перевищує 5 років. Однак українські традиції дещо інші і слід очікувати більших термінів його експлуатації. Надійність кондиціонерів визна-

чається надійністю компресорів, яка є такою ж, як і надійність компресорів побутових холодильників. Відомо, що середній термін роботи побутових холодильників становить 15–20 років (крім певного процента їх, що працюють і 25, і 30 років). Отже, для умов України технічно можливим терміном служби кондиціонерів є термін в 15–20 років. Однак, з точки зору морального старіння, цей термін необхідно встановити нижчим. З урахуванням стрімкого зростання якісних характеристик цього обладнання у розрахунках обсягів встановленого обладнання було прийнято строк служби в 5 років. Це означає, що кондиціонери, встановлені у 1991 р., у 1996 р. демонтовано (відповідно встановлені у 1992 р. демонтуються у 1997 р. і т.д.). З цього випливає, що величина накопиченої потужності у 2000 р. становила 435 МВт (ел.).

Отже, уточнена загальна накопичена електрична потужність *RH*-кондиціонерів з урахуванням вже придбаних та демонтованих агрегатів, як морально застарілих, у 2001 р. становила 614 МВт, а на кінець 2005 р., за викладеною вище логікою, не 1,9, а близько 2,01 млн кВт (ел.).

Якщо прийняти при цьому, що обладнання промислових систем у режимі генерування теплоти працює повний опалювальний сезон, а

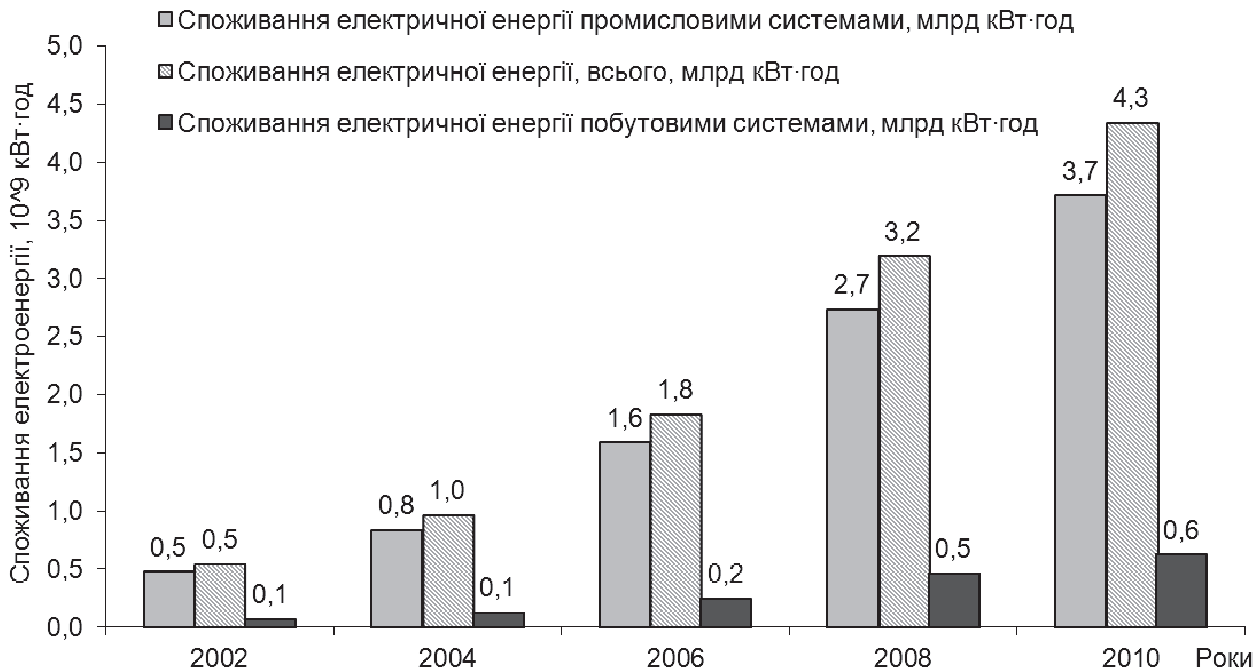


Рис. 2. Обсяги споживання електроенергії за 2002–2010 рр. реверсивними кондиціонерами для вироблення теплової енергії

це у середньому 4000 год на рік, і прийнявши, що їх робота відбувалася при 15%-му навантаженні (при цьому частка гарячого водопостачання становить лише 1%) з опалювальним коефіцієнтом 3, а також прийнявши, що до 80% побутових кондиціонерів встановлено у квартирах великих міст з централізованим теплопостачанням, тому у розрахунках прийнято положення, що вони експлуатуються у режимі виробництва теплоти лише 1 міс. (720 год) на рік, отримаємо імовірну кількість виробленої теплоти цим обладнанням у 2005 р. у обсязі близько $14,6 \cdot 10^{15}$ Дж (3,5 млн Гкал). І це, вочевидь, мінімальна цифра.

Ще більшими темпами зростала потужність кондиціонерів впродовж 2006–2007 рр. Згідно з [11, 12] у 2007 р. зростання обсягів продаж, а відповідно і потужностей, становило 60% відносно 2006 р., темпи зростання у якому відносно 2005 р. становили 30%. Отже, у 2007 р. було продано 356 тис. од. устаткування, а у 2006 р. – лише близько 220 тис. од. (на 60% менше від обсягів 2007 р. – див. вище). Таким чином, загальна встановлена потужність *RH*-кондиціонерів на кінець 2006 р. становила вже 2,83 млн кВт (ел.), а на кінець 2007 р. – близько 4,1 млн кВт (ел.). У 2008 р., внаслідок кризових явищ в економіці, обсяги продажу кон-

диціонерів були нижчими (темпи приросту лише 9%). Обсяг ринку становив у 2008 р. 386 тис. од. цієї техніки. Отже, виходячи з викладеного вище, на кінець 2008 р. загальна потужність *RH*-кондиціонерів досягла значення 5,93 млн кВт (ел.).

Слід зауважити, що ці оцінки є мінімальними, оскільки середня потужність побутових кондиціонерів прийнята у розрахунках лише 1,5 кВт, у той час, як значна частина проданого обладнання мала потужність 2,5, 5,0 і навіть 7 кВт. Середню потужність промислового обладнання було прийнято у розрахунках в 50 кВт, тоді, як ряд моделей цього обладнання (особливо останніми роками) має потужність значно більшу (до 1,92 МВт).

Так, згідно з [14] у 2008 р. компанія Daikin поставляла на ринок України гвинтові моделі на холодоагенті R134a з повітряним охолодженням потужністю від 180 до 1920 кВт, моделі на R407C потужністю до 1,7 МВт, а також моделі на R134a з водяним охолодженням потужністю 1,1 і 1,9 МВт. До 2008 р. модельний ряд обладнання мав потужності лише до 540 кВт.

Крім генерування теплоти для опалення приміщень окремі типи *RH*-кондиціонерів, особливо промислових, влітку при кондиціюванні приміщень одночасно виробляють теплову

Таблиця 2

Показник	Рік										
	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Встановлена електрична потужність <i>RH</i> -кондиціонерів, МВт	435	614	846	1129	1491	2018	2835	4107	4928	5797	6696
Частка промислових систем	0,9	0,90	0,89	0,88	0,88	0,88	0,88	0,87	0,87	0,87	0,87
Виробництво теплоти промисловими системами для опалення та ГВП за опалювальний період	2,5	3,6	4,9	6,5	8,5	11,6	16,2	23,2	27,8	32,7	37,7
	0,6	0,9	1,2	1,5	2,0	2,8	3,9	5,5	6,6	7,8	9,0
Виробництво теплоти промисловими системами для потреб ГВП в літній період	0,3	0,4	0,5	0,7	0,9	1,2	1,7	2,4	2,9	3,4	3,9
	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2	0,3	0,4	0,6	0,7	0,8	0,9
Частка побутових систем	0,1	0,10	0,11	0,12	0,12	0,12	0,12	0,13	0,13	0,13	0,13
Виробництво теплоти побутовими системами для опалення	0,3	0,5	0,8	1,0	1,4	1,8	2,6	4,2	5,0	5,9	6,8
	0,1	0,1	0,2	0,2	0,3	0,4	0,6	1,0	1,2	1,4	1,6
Виробництво теплоти <i>RH</i> -кондиціонерами, всього	3,1	4,4	6,1	8,2	10,8	14,6	20,5	29,7	35,7	42,0	48,5
	0,7	1,1	1,5	1,9	2,6	3,5	4,9	7,1	8,5	10,0	11,6
Споживання електричної енергії промисловими системами, млрд кВт·год	0,25	0,35	0,48	0,64	0,84	1,14	1,59	2,28	2,73	3,22	3,71
Споживання електричної енергії побутовими системами, млрд кВт·год	0,03	0,04	0,07	0,09	0,13	0,17	0,24	0,38	0,46	0,54	0,63
Споживання електричної енергії, всього, млрд кВт·год	0,28	0,40	0,55	0,73	0,97	1,31	1,84	2,66	3,19	3,76	4,34

енергію для потреб гарячого водопостачання. Статистичної інформації щодо обсягів та режимів такого генерування немає. Логічно припустити, що 50% нового промислового обладнання (те, що введено починаючи з 2001 р.) саме такого типу. І тоді додатково у 2005 р. ним протягом літнього часу (близько 3760 год жаркого періоду) генерувалася теплота для ГВП. Приймаючи, що у цей період теплота генерувалася з 1%-м навантаженням (середньорічна потужність ГВП стала – див. вище) отримаємо обсяги додаткової теплоти у 2005 р. в $1,2 \cdot 10^{15}$ Дж (0,3 млн Гкал); у 2008 р. – $2,9 \cdot 10^{15}$ Дж (0,7 млн Гкал).

Даних щодо продажу кондиціонерів у 2009–2010 рр. ще недостатньо, але цілком імовірно, що приріст потужності цих систем дещо вищий приросту 2008 р. Отже, у 2009–2010 рр. при прирості у 10% (прийнято) загальна кількість теплової енергії, що вироблена кліматичними системами, становила орієнтовно $42 \cdot 10^{15}$... $43 \cdot 10^{15}$ Дж, а у 2010 р. сягнула $48,5 \cdot 10^{15}$... $50 \cdot 10^{15}$ Дж.

Прийнявши гіпотезу про те, що теплота і в попередньому періоді вироблялася аналогічно, з урахуванням зроблених розрахунків та оцінок сумарна кількість виробленої і спожитої теплоти від *RH*-кондиціонерів протягом 2000–2010 рр. мінімально є такою, як це зображено на рис. 1 та наведено в табл. 2. Встановлена потужність цього обладнання у 2010 р. становила 6,7 млн кВт, а споживання електроенергії для виробництва теплової енергії досягло значень 4,3...4,5 млрд кВт-год, у тому числі побутовими системами – 0,63...0,65 млрд кВт-год (див. рис. 2 та табл. 2). Оскільки ці цифри мінімальні, реальні обсяги виробництва теплової енергії цим обладнанням імовірно є суттєво більшими, особливо у останні 3–5 років. За останніми оцінками автора це збільшення становить від 2 до 3 разів.

ВИСНОВКИ

В Україні спостерігається швидке нарощування потужностей систем генерування теплової енергії на основі реверсивних кондиціонерів (різновид теплонасосних систем), обсяги виробництва теплоти якими не обліковуються статистикою, але невпинно зростають. На їх роботу витрачається значна кількість електро-

енергії. Цей сектор теплозабезпечення вимагає ретельного вивчення та легалізації через статистичні спостереження.

Сумарна встановлена потужність обладнання, яке використовується для виробництва теплової енергії із застосуванням теплонасосних систем за мінімальними оцінками у 2010 р. досягла величини в 6,7 млн кВт. Загальне виробництво теплової енергії із використанням електричної енергії із застосуванням теплонасосних систем досягає 11,6...12 млн Гкал на рік, що становить додатково 7,7 % загального виробництва теплової енергії теплогенеруючими підприємствами у 2010 році. Загальне споживання електроенергії при виробництві теплової енергії із застосуванням теплонасосних систем у 2010 р. досягло 4,3...4,5 млрд кВт-год.

Отже, вкрай необхідною є робота із вдосконалення статистичних спостережень з обов'язковим відображенням у ній споживання електроенергії для потреб опалення та кондиціонування із градацією за видами споживачів – теплонасосні системи, реверсивні кондиціонери, електрокотли, побутові нагрівальні прилади тощо.

1. Кулик М.М., Куц Г.О., Білодід В.Д. Аналіз стану розвитку систем тепlopостачання в Україні // Проблеми загальної енергетики. – 2006. – №14. – С. 13–24.
2. Куц Г.О. Аналіз стану розвитку теплогенеруючих джерел систем тепlopостачання в Україні // Проблеми загальної енергетики. – 2010. – Вип. 2 (22). – С. 31–38.
3. Звіт про результати використання палива, теплоенергії та електроенергії. Статистична форма № 11-МТП. Річні форми за 2008–2010 роки.
4. Звіт про залишки і використання палива та пально-мастильних матеріалів. Статистична форма № 4-МТП. Річні форми за 2008–2010 роки.
5. Статистичний бюлетень про основні показники роботи опалювальних котельень і теплових мереж України за 2008 рік. – К.: Державний комітет статистики України, 2009. – 20 с.
6. Статистичний бюлетень про основні показники роботи опалювальних котельень і теплових мереж України за 2009 рік. – К.: Державний комітет статистики України, 2010. – 20 с.

7. *Статистичний бюлетень* про основні показники роботи опалювальних котелень і теплових мереж України за 2010 рік. – К.: Державний комітет статистики України, 2011. – 20 с.
8. *Захаренко Ю.* Украинский рынок кондиционеров: тенденции, прогноз – 2005 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.c-o-k.com.ua/content/view/150/40/>.
9. *Бум* в климатической отрасли // Chillventa Nurnberg 2008, Germany 15–17.10.2008 / Веб-сайт “Chillventa 2010”, Німеччина [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.chillventa.de/press>.
10. *Тенденции* на мировом рынке компрессоров / Веб-сайт журналу “Мир Климата, АПИК” [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.mir-klimata.com/archive/number34/article/article04/>.
11. *Український* ринок кондиціонерів у 2007 р. виріс більш ніж на 60%, – учасник ринку / Веб-Сайт “РБК-Україна”, 28.11.2007, Київ [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.rbc.ua/ukr/newsline/2007/11/28/272977.shtml>.
12. *У 2008 році* темпи зростання українського кондиціонерного ринку склали тільки 20% / Веб-сайт “Вентпортал” [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.ventportal.com/ua/node/819>.
13. *Украинский* рынок кондиционеров / Портал: Airweek [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://www.airweek.ru/news_3803.html.
14. *Ринок* кондиціонерів очима спеціаліста // Холод. – 2008. – №4. – С. 12–13.

Надійшла до редколегії: 14.09.2011