

НАУКОВІ ОСНОВИ ФОРМУВАННЯ ТА ОПТИМІЗАЦІЯ ПАЛИВНО-ЕНЕРГЕТИЧНИХ БАЛАНСІВ

УДК 621.31

В.Д. БІЛОДІД, канд. техн. наук, ст. наук. співр. Інститут загальної енергетики НАН України, вул. Антоновича, 172, м. Київ, 03680, Україна

ВИРОБЛЕННЯ ТА СПОЖИВАННЯ ТЕПЛОВОЇ ЕНЕРГІЇ В УКРАЇНІ У 2005–2013 РОКАХ

На основі аналізу стану статистики вироблення та споживання теплової енергії в Україні у 2005–2013 рр. за різними формами статистичної звітності обґрунтовуються положення щодо реального вироблення та споживання теплової енергії. Додатково обґрунтовуються обсяги вироблення теплоти індивідуальними теплогенераторами малої потужності на основі статистики продажу населенню палива (природний газ, вугілля, дрова, торф, тощо), споживання інших енергоресурсів (тіньове паливо, біогаз, сонячна енергія, відходи домогосподарств тощо), а також використання електроенергії для отримання теплоти на підприємствах, у комунальній сфері та в побуті населенням.

К л ю ч о в і с л о в а: статистика теплозабезпечення, структура вироблення теплової енергії, споживання теплової енергії, теплонасосні системи, котельні.

На вироблення теплової енергії в Україні за різними оцінками витрачається від 45 до 55 млн тонн умовного палива (переважно органічного), що становить від 25 до 30% всіх енергоресурсів, спожитих в Україні. Ця обставина вимагає особливої уваги до аналізу існуючих систем тепlopостачання, джерел енергоресурсів для неї, а також визначення основних її споживачів. Існуюча статистика не забезпечує повної та докладної інформації у цих питаннях і є розрізною. Дані окремих форм статистичної звітності відображають окремі фрагменти функціонування цього енергетичного комплексу і немає документа, який би узагальнював вироблення теплової енергії в цілому по країні та її постачання на споживання. Так, наприклад,

© В.Д. БІЛОДІД, 2015

«Статистичні бюлетені про основні показники роботи опалювальних котельень і теплових мереж в Україні», що видаються щорічно, містять сумарні показники виробництва та відпуску теплової енергії підприємствами (самостійні котельні, ТЕС, ТЕЦ, АЕС, підприємства теплових мереж, інші підприємства, організації, установи, що мають котельні, теплові мережі, окремі котли, інші джерела тепlopостачання), які виробляють і відпускають теплоту та гарячу воду населенню та на комунально-побутові потреби, крім підприємств, що відпускають теплоенергію лише на виробничо-технологічні потреби підприємств та організацій. Інші статистичні матеріали містять інформацію щодо виробництва та відпуску теплоенергії підприємствами та організаціями, які її виробляють лише для власного споживання. Окремо

існують дані щодо виробленої та відпущеної теплоти від ТЕС, ТЕЦ, АЕС та промислових ТЕС (ТЕЦ), утилізаційних установок тощо. Зовсім не враховується статистикою тепла енергія, що виробляється індивідуальними генераторами, які є у власності домогосподарств (котли, пічки та інші пристрої), що використовують придбане населенням паливо (природний газ, різні види вугілля, дрова тощо). Відсутні дані щодо використання електроенергії для генерування теплоти, яке за останні роки набуло вибухового характеру, в першу чергу, завдяки використанню теплонасосних систем, зокрема, реверсивних кондиціонерів різного типу. Не враховуються інші джерела теплової енергії, зокрема, відходи домогосподарств, використання сонячної енергії населенням, споживання тіньового палива тощо.

Тому узагальнення інформації та чіткіший розподіл джерел вироблення теплоти необхідне та актуальне і є предметом досліджень цієї статті. На основі такої інформації можна буде більш зважено і економічно обґрунтовано будувати прогнози споживання енергоресурсів та планувати зміни структур генерування теплоти з забезпеченням економії більш дефіцитних і дорогих енергоносіїв (наприклад, природного газу) і заміщення їх менш дефіцитними і дешевшими (наприклад, вугіллям).

Основними споживачами теплової енергії в Україні є житлово-комунальне господарство (ЖКГ) та населення (~60–65%). Промисловість та інші галузі споживають приблизно 35–40% теплової енергії.

У табл. 1 наведені фактичні статистичні дані щодо споживання теплової енергії за даними [1, 2] та за розрахунками автора (в частині оцінок використання електроенергії, витрат палива, закупленого населенням, використання інших джерел для генерування теплоти тощо).

Система тепlopостачання в Україні на сьогодні є досить розвиненою. Станом на кінець 2013 р. загальний обсяг виробленої теплової енергії становив 314,9 млн Гкал. До споживачів доходить не вся вироблена тепла енергія, зокрема та, що постачається від систем централізованого тепlopостачання. Частина виробленої енергії використовується її виробниками на власні потреби, а частина втрачається під час транспортування до споживачів.

Потреби у тепловій енергії забезпечуються двома великими секторами теплогенеруючих систем: централізовані системи тепlopостачання (ЦСТ) та децентралізовані системи тепlopостачання (ДСТ). Для ЦСТ тепла енергія виробляється кількома групами підприємств різного призначення та типу. У споживачів ДСТ комплектуються автономними теплогенеруючими установками різного типу та потужності.

Першу групу першого сектору теплогенеруючих систем за станом на кінець 2013 р. в Україні формували конденсаційні ТЕС, АЕС, промислові ТЕЦ і ТЕЦ загального користування загальною тепловою потужністю 37,9 млн кВт (табл. 2).

Другу групу першого сектору теплогенеруючих джерел в країні займають опалювальні котельні загальною тепловою потужністю 132,6 млн кВт (див. табл. 2), обсяг вироблення

Таблиця 1 – Споживання теплової енергії у 2005–2013 рр., млн Гкал

Сектор споживання	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
Промисловість *)	78,4	74,6	69,5	71,0	55,3	65,6	80,7	80,1	77,5
Інші галузі *)	24,0	23,5	24,6	25,2	26,7	28,6	35,0	36,8	36,6
Комунальний сектор *)	27,3	28,5	27,0	28,2	28,3	31,5	33,2	35,6	36,6
Населення **)	143,5	150,5	134,6	136,3	136,6	146,6	148,4	153,8	146,8
Всього	273,2	277,1	255,7	260,7	247,0	272,3	297,3	306,4	297,5

*) З урахуванням виробленої теплоти з використанням електроенергії.

**) З урахуванням виробленої теплоти на основі купленого населенням палива (природний газ, вугілля, дрова, електроенергія, джерела відновлюваної енергії тощо).

Таблиця 2 – Загальна кількість та встановлена теплова потужність джерел теплової енергії ЦСТ у 2013 році

Теплоджерела ЦСТ	Кількість, одиниць	Встановлена теплова потужність, млн кВт
1. Конденсаційні ТЕС	15	6,3
2. Опалювальні ТЕЦ	30	9,9
3. Промислові ТЕС	495	18,7
4. Атомні електростанції	4	3,0
6. Промислові і опалювальні котельні	35402	132,6
7. Теплоутилізаційні установки	722	2,95
Всього підприємств	36668	173,45

теплоти від яких дорівнював від 37,6% у 2013 р. до 45% у 2005 р. до загального обсягу виробленої теплоти всіма джерелами.

Третю групу першого сектору формують 722 теплоутилізаційних установок загальною тепловою потужністю 2,95 млн кВт. Їх роль є практично постійною впродовж багатьох років.

Всі теплогенератори перших трьох груп (окрім частини котельні з потужністю до 3,5 МВт) подають теплову енергію до розподільчих мереж (магістральних або місцевих) і складають, разом з системами теплопроводів, ЦСТ.

Четверту групу для другого сектору формують автономні установки. За станом на 2013 р. в Україні нараховувалося понад 11,0 млн одиниць локальних котлів, які відносяться до малої енергетики. Значна їх частина (понад 10 млн) – котли на різних видах палива (переважно на природному газі) тепловою потужністю до 100 кВт. Використання палива для отримання теплової енергії здійснюється також в архаїчних печах, грубках, камінах тощо. Ця група генераторів використовує паливо, що купується населенням, обсяги якого за статистичними даними наведені у табл. 3. Частина цього палива використовується для приготування їжі для людей та свійських тварин, що є у домогосподарствах. За розрахунками [3] споживання палива на не паливні потреби населенням (переважно приготування їжі) становить у середньому 4,7–5 млн т у.п. на рік. Крім того, у сільській місцевості додатково на обслуговування тварин витрачається ще 2–2,5 млн т у.п. З урахуванням того, що на ці цілі використовуються і інші енергоносії (електроенергія, вугілля, дрова, відходи домашніх господарств тощо), можна прийняти, що на ці цілі використовується приблизно 5 млн т у.п. на рік і ця

величина є практично сталою.

Все інше паливо, куплене населенням, спалюється для вироблення теплової енергії для потреб опалення та гарячого водопостачання. Коефіцієнти корисної дії (ККД) теплогенераторів на цьому паливі є різними (від 0,2 до 0,9), але, оскільки основним паливом у періоді, що розглядається, є природний газ, то середнє значення ККД формується саме котлами на природному газі (див. табл. 3).

До відомих із статистики річних обсягів відпуску теплової енергії необхідно додати обсяги виробленої і спожитої теплоти з використанням електроенергії (окрім електрокотлів, встановлених в котельних), зокрема теплонасосними установками різного типу (це так звані комбіновані (реверсивні) кондиціонери (**RH**-кондиціонери) у приватному секторі і в офісах компаній та кліматичні установки на підприємствах), які можуть експлуатуватися в режимах з виробленням холоду або теплової енергії. Промислові кліматичні системи середньої потужності почали широко використовуватися, особливо для опалення великих торговельних комплексів.

Методика дослідження цієї проблеми передбачає вивчення статистики об'ємів продажу відповідного обладнання та отримання розрахунковим методом (спираючись на логіку досвіду використання інших систем генерування теплоти) загальних об'ємів виробленої та відпущеної (спожитої) теплової енергії. За цією методикою були зроблені оцінки щодо обсягів вироблення теплоти цим обладнанням у 2000–2010 рр. [4]. За цими даними у 2005 р. було вироблено приблизно 3,5 млн Гкал теплоти, а в 2010 р. – 11,6 млн Гкал. Нові уточнені дані за період 2005–2013 рр. свідчать про те, що за мінімальними оцінками обсяги вироблення

Таблиця 3 – Обсяги спожитого палива населенням України у 2005–2013 роках

	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
Газ природний	млрд м ³	17,11	18,61	16,67	17,25	16,93	17,78	17,34	17,20
	млн т у.п.	19,74	21,50	19,25	19,97	19,66	20,62	20,40	20,12
Вугілля кам'яне	млн т	1,90	1,93	1,52	1,35	1,21	1,28	1,22	1,11
	млн т у.п.	1,37	1,40	1,14	1,00	0,91	1,07	1,03	0,93
Інші види вугілля (буре, торф, брикети та напівбрикети)	млн т у.п.	0,09	0,08	0,05	0,05	0,05	0,00	0,02	0,02
	млн щ.м ³	1,98	1,97	1,86	2,01	1,97	1,59	1,52	1,73
Дрова	млн т у.п.	0,52	0,52	0,48	0,48	0,52	0,43	0,41	0,47
	млн т у.п.	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,05	0,06	0,06
Всього	млн т у.п.	21,77	23,54	20,95	21,54	21,17	22,17	21,69	22,73
Витрати палива на приготування їжі населенням	млн т у.п.	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00
Витрати палива на вироблення теплової енергії	млн т у.п.	16,77	18,54	15,95	16,54	16,17	17,17	16,95	17,73
Усереднений ККД	-	0,65	0,65	0,65	0,66	0,66	0,66	0,69	0,59
Вироблення теплої з купленого населенням палива	млн Гкал	76,2	84,2	73,0	76,4	74,9	79,6	80,2	73,2

теплоти є значно більшими. Відповідні оціночні результати щодо цього наведено у табл. 4.

У розрахунках прийнято, що обладнання промислових систем у режимі генерування теплоти працює повний опалювальний сезон (у середньому 4000 годин на рік), його робота відбувалася при 67% навантаженні, частка гарячого водопостачання становить 20% при генеруванні впродовж 8760 годин на рік. Оскільки до 80% приватних кондиціонерів встановлено у квартирах великих міст та офісах компаній, де є централізоване теплопостачання, у розрахунках прийнято, що вони експлуатуються у режимі вироблення теплоти впродовж лише 500 годин на рік. Таким чином, оцінки є мінімальними, оскільки всі припущення зроблені в бік зменшення. До того ж приймалося, що середня потужність приватних кондиціонерів становить 1,5 кВт, в той час як значна частина проданого обладнання мала потужність 2,5, 5,0 і навіть 7 кВт. Середня потужність промислового обладнання прийнята у розрахунках в 50 кВт, в той час як ряд моделей цього обладнання (особливо у останні роки) має потужність значно більшу (125, 540 кВт і навіть 1,92 МВт).

Крім того, тепла енергія виробляється з використанням електроенергії іншим обладнанням (електрокотлами, електричними системами обігріву, електронагрівальними приладами різного типу (конвертори, масляні радіатори, тепловентилятори, водонагрівачі тощо)). Ці обсяги оцінені і включені (приблизно на рівні 5% від відпуску теплоти від електрокотелень).

Необхідно зауважити, що група електричних теплогенераторів використовується скрізь (на промислових підприємствах, у комунальній і бюджетній сферах, в побуті населенням). Переважна частина кліматичного обладнання використовується в промисловості.

Основним теплоджерелом ЦСТ є промислові і опалювальні котельні. За станом на 2013 р. загальна кількість опалювальних котелень в системі теплопостачання країни становить 35402 одиниці з таким розподілом за їх потужністю: до 3,5 МВт – 31282 котельні (88,4% від загальної кількості); від 3,5 до 23,3 – 3343 (9,44%); від 23,3 до 116,3 – 595 (1,68%); понад 116,3 – 182 (0,51%) [5].

Сумарна потужність опалювальних котелень в цілому по країні становила 132,62 МВт, у тому числі для котелень з потужністю до 3,5 МВт –

24,4 МВт (18,4% від загальної потужності котелень), від 3,5 до 23,3 – 28,5 (21,5%), від 23,3 до 116,3 – 26,2 (19,8%) і понад 116,3 – 53,5 (40,3%) [5].

Потенціал сумарного виробництва теплової енергії існуючих ЦСТ перевищує 450 млн Гкал на рік, що набагато більше за існуючий рівень потреб у тепловій енергії. Фактичний відпуск теплової енергії всіма джерелами ЦСТ останніми роками дорівнює 140–195 млн Гкал з тенденцією до подальшого зниження. При цьому багатьма підприємствами (особливо у сфері торгівлі) використовують для отримання теплоти електроенергію, яка і обліковується по відповідних статтях статистичної звітності як витрати електроенергії. При цьому не враховується, що електроенергія витрачається на отримання теплоти.

Функціонування цього енергетичного комплексу характеризується, крім показника валового виробництва, показниками споживання теплової енергії на власні потреби підприємств теплопостачання, втратами теплової енергії при її транспортуванні та кінцевим споживанням різними категоріями споживачів. Окремі дані щодо цих показників є лише стосовно теплових мереж, які постачають теплоту населенню [5, 6]. Використання теплової енергії для власних потреб у виробників та втрати теплової енергії в теплових мережах становлять від 23% (2005 р.) до 31,5% (2013 р.). Таким чином, відпуск теплової енергії споживачам визначається за формулою:

$$Q_v = Q_g + Q_s - Q_{v,p} - Q_{vtr},$$

де Q_v – загальна кількість відпущеної теплової енергії, млн Гкал;

Q_s – кількість теплової енергії, отриманої тепломережами зі сторони, млн Гкал;

Q_g – загальна кількість виробленої теплової енергії підприємствами, млн Гкал;

$Q_{v,p}$ – енергія, що витрачається підприємствами на власні потреби, млн Гкал;

Q_{vtr} – втрати теплової енергії під час її транспортування до споживача, млн Гкал.

Всі необхідні дані для формули містять статистичні бюлетені [5, 6].

Відпуск теплової енергії всіма типами електростанцій містять збірники [7]. Збірники [1] містять дані щодо використання теплової енер-

Таблиця 4 – Динаміка вироблення теплової енергії кліматичним обладнанням на основі теплонасосних технологій

	Розмірність	Рік										
		2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013		
Приріст обсягів кліматичного обладнання	%/рік	27,5	30,0	60,0	20,0	15,0	15,0	15,0	10,0	10,0		
Обсяги продаж кліматичного обладнання	МВт (ел.)/рік	622,0	808,6	1293,8	1552,5	1785,4	2053,2	2361,2	2597,3	2857,0		
Накопичена потужність кліматичного обладнання	МВт (ел.)	2221,5	2888,2	4004,6	5335,4	6835,8	8542,2	10463,9	12439,2	14487,6		
Частка промислових систем	-	0,88	0,88	0,87	0,87	0,86	0,86	0,85	0,85	0,85		
Середній опалювальний коефіцієнт промислових систем	-	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5		
Вироблення теплоти промисловими системами для опалення	10 ¹⁵ Дж	85,3	110,4	151,3	201,5	255,2	319,0	386,2	459,1	534,7		
Вироблення теплоти промисловими системами для ГВП	10 ⁶ Гкал	20,4	26,4	36,1	48,1	61,0	76,2	92,2	109,6	127,7		
Частка приватних систем	10 ¹⁵ Дж	37,4	48,3	66,3	88,3	111,8	139,7	169,1	201,1	234,2		
Середній опалювальний коефіцієнт приватних систем	10 ⁶ Гкал	8,9	11,5	15,8	21,1	26,7	33,4	40,4	48,0	55,9		
Виробництво теплоти приватними системами	-	0,12	0,12	0,13	0,13	0,14	0,14	0,15	0,15	0,15		
Вироблення теплоти кліматичним обладнанням, всього	-	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0		
Споживання електричної енергії кліматичним обладнанням, всього, у т.ч.:	10 ¹⁵ Дж	1,4	1,9	2,8	3,8	5,2	6,5	8,5	10,1	11,7		
- приватними системами	10 ⁶ Гкал	0,3	0,5	0,7	0,9	1,2	1,5	2,0	2,4	2,8		
Вироблення теплоти приватними системами	10 ¹⁵ Дж	124,0	160,6	220,3	293,5	372,2	465,1	563,8	670,2	780,6		
Вироблення теплоти приватними системами	10 ⁶ Гкал	29,6	38,4	52,6	70,1	88,9	111,0	134,7	160,1	186,4		
Вироблення теплоти при використанні обладнання на 33% від номінальної продуктивності	10 ⁹ кВт-год	10,3	13,4	18,4	24,5	31,0	38,8	47,0	55,9	65,1		
	10 ⁹ кВт-год	0,13	0,17	0,26	0,35	0,48	0,60	0,78	0,93	1,09		
	10 ⁶ Гкал	9,9	12,8	17,5	23,4	29,6	37,0	44,9	53,4	62,1		

Таблиця 5 – Вироблення теплової енергії в Україні за структурою теплоджерел, млн Гкал

Теплоджерело	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
Електростанції усіх типів, у т.ч. ТЕЦ та когенераційні установки, всього	59,8	58,7	56,3	55,9	55,2	54,3	51,8	48,6	43,9
Котельні	126,7	121,9	105,9	102,5	87,5	99,3	118,1	121,1	113,7
Електрична енергія (електрокотли) та теплові насоси	12,0	15,3	20,4	26,9	33,7	41,8	50,4	59,7	69,4
Індивідуальні генератори теплової енергії з використанням купленого палива	76,2	84,2	73,0	76,4	74,9	79,6	78,6	80,2	73,2
Теплові ВЕР	14,5	13,2	14,5	13,1	8,6	10,9	12,7	11,4	10,3
Теплова енергія з інших джерел *)	3,1	3,2	3,3	3,5	3,7	3,9	4,1	4,2	4,3
Всього	292,4	296,6	273,5	278,2	263,5	289,9	315,6	325,3	314,9

*) Різні види відновлюваної енергії, зокрема відходи домогосподарств, сонячна енергія, біогаз, а також тіньове паливо (вугілля копанок, несанкціоновані вирубки дров, дизпаливо тощо).

гії на виробничі потреби для усіх виробництв усіх форм власності та вироблення теплової енергії теплоутилізаційними установками.

У табл. 5 за даним [1, 5–7] та за власними оцінками автора наведені дані щодо виробленої теплової енергії за структурою джерел генерування. При обчисленні кількісних показників вироблення теплової енергії враховувалися витрати теплоти на власні потреби (для утилізаційних установок), а також витрати теплоти на власні потреби і втрати теплоти у магістральних мережах (для електростанцій) за середньорічними показниками за даними [5, 6].

З табл. 5 видно, що найбільшими виробниками теплоти є індивідуальні генератори теплової енергії з використанням купленого населенням палива, котельні та електростанції усіх типів. Водночас їх частка постійно зменшується (від 89,9% у 2005 р. до 73,3% у 2013 р.). Частка ж використання електроенергії постійно зростає (від 4,1% у 2005 р. до 22,0% у 2013 р.).

ВИСНОВКИ

1. Проаналізовано статистичну інформацію щодо вироблення, відпуску та споживання теплової енергії в період 2005–2013 рр. Досліджено тенденції, що відбуваються в системі теплозабезпечення України, зокрема щодо децентралізації теплопостачання. Вивчено додаткові джерела генерування теплоти, окрім тих, що є у статистиці, зокрема генераторами на основі купленого населенням палива, за рахунок використання електроенергії (переважно теплонасосними системами) тощо.

2. Основними джерелами теплової енергії в системі ЦСТ залишаються електростанції, опалювальні котельні та утилізаційні установки, обсяг відпуску теплоти від яких в загальному обсязі облікованого статистикою споживання постійно зменшується і знаходиться в межах 67% (у 2005 р.) та 51% (у 2013 р.).

3. Значну роль у теплопостачанні почали відігравати теплонасосні системи, на які припадає 3,5% виробленої теплоти у 2005 році та до 20% виробленої у 2013 р.

4. Великі обсяги теплової енергії виробляються децентралізованими системами, частка яких у 2013 р. становила майже 50% від всієї відпущеної споживачам енергії.

5. Заміна котлів на природному газі теплонасосними системами у майбутньому дозволить

суттєво поліпшити теплопостачання та змінити енергетичний баланс у бік зниження витрат природного газу.

1. *Результати* використання котельно-пічного палива, теплоенергії та електроенергії за 2005–2013 роки: стат. бюлетені. — К.: Державна служба статистики України, 2006–2014.

2. *Створення* методичних підходів та математичних моделей, дослідження пріоритетних напрямів використання енергоефективних технологій в галузях енергокомплексу України: звіт про НДР (заключн.): «НАПРЯМ-2». — Т.2. Системи теплозабезпечення України / Інститут загальної енергетики НАН України ; кер. Кулик М.М. — К., 2011. — 137 с. — Викон.: Білодід В.Д., Куц Г.О., Маляренко О.Є. та ін. — Бібліогр. с. 112–121. — ДРН№0107U002336. — ДОН№0212U000256.

3. *Агеєва Т.П.* Методичні основи оцінки енергозбереження та прогнозування енергоспоживання в сфері житлового та комунально-побутового обслуговування населення України: Дис. ... канд. техн. наук: 05.14.01 / Агеєва Тамара Петрівна. — К.: Інститут загальної енергетики НАН України, 2003. — 171 с.

4. *Білодід В.Д.* Оцінка обсягів виробництва та споживання теплової енергії в Україні з використанням електроенергії теплонасосними системами / В.Д. Білодід // Проблеми загальної енергетики. — 2011. — № 4 (27). — С. 5–12.

5. *Про* основні показники роботи опалювальних котелень і теплових мереж України за 2013 рік: стат. бюлетень. — К.: Державна служба статистики України, 2014. — 21 с.

6. *Про* основні показники роботи опалювальних котелень і теплових мереж України за 2005–2012 рр.: стат. бюлетені. — К.: Державна служба статистики України, 2006–2013.

7. *Виробництво* електроенергії та окремі техніко-економічні показники роботи електростанцій в Україні за 2005–2013 рр.: стат. бюлетені. — К.: Державна служба статистики України, 2006–2014.

Надійшла до редколегії: 04.05.2015