ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИРОБНИЦТВА ТА ВИКОРИСТАННЯ ЕНЕРГЕТИЧНИХ РЕСУРСІВ

ISSN 2522-4344 (Online), ISSN 1562-8965 (Print). The problems of general energy. 2017, 3(50):50-59
doi: https://doi.org/10.15407/pge2017.03.050

УДК 621.31

В.А. ДЕРІЙ, канд. техн. наук, ст. наук. співр.
Інститут загальної енергетики НАН України,
вул. Антоновича, 172, 03150 Київ, Україна

МОЖЛИВОСТІ ВПРОВАДЖЕННЯ ЕЛЕКТРИЧНИХ ТЕПЛОГЕНЕРАТОРІВ В СИСТЕМАХ ЦЕНТРАЛІЗОВАНОГО ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ УКРАЇНИ

В роботі проведено детальний аналіз статистичних показників та результатів енергетичних аудитів системам централізованого теплопостачання. Визначено їх внесок у теплозабезпечення міських поселень. Оцінено зрушення у структурі виробництва теплової енергії СЦТ. Досліджено зміни обсягів виробництва теплової енергії системами централізованого теплопостачання протягом 2005—2014 рр. та виявлено їх причини. Досліджено стан котлів, теплових мереж та систем розподілу теплової енергії.

Ключові слова: система централізованого теплопостачання, котли, теплові мережі, центральні теплові пункти, теплова енергія, втрати.

Мотивація написання цієї роботи зумовлена можливістю застосування електричних теплогенераторів (ЕТГ) в системах теплопостачання населених пунктів для вирівнювання графіка електричних навантажень (ГЕН) ОЕС України під час їх «нічного провалу [1, 2]. Відомо [3], що функціонування ЕТГ неможливе без акумуляції. Відповідно до цього, їх доцільно впроваджувати в системах централізованого теплопостачання (СЦТ), які мають добре розвинуті магістральні мережі і які можливо використати для процесів акумуляції. Тому, дослідження сучасного стану основного обладнання СЦТ, визначення зрушень у структурі генерації теплової енергії, встановлення тенденцій їх розвитку є актуальним.

Відомі роботи [4–6], в яких розглядалися питання щодо стану теплопостачання та обсягів виробництва теплової енергії в Україні. Так, в роботі [4] проаналізовано стан, в якому перебуває комплекс із забезпечення споживачів тепловою енергією, наведено статистичні дані щодо виробництва теплоти в 2004 р. різними джерелами генерування та видів палива, які для цього використовувалися. Надано пропозиції щодо поліпшення ситуації з теплозабезпеченням України. Роботи [5, 6] є фактично продовженням досліджень, які виконані в [4]. В них аналізується стан виробництва і відпуску теплової енергії всіма теплогенеруючими джерелами України в періоди 2000–2007 рр. та 2007–2010 рр. відповідно. У зазначених вище роботах не аналізувалися детально СЦТ в розрізі міських поселень областей України. Відповідно, не визначено їх внесок у теплопостачання міст, структурні зміни у виробництві теплової енергії, які відбулися протягом 2000–2014 рр., втрати при її транспортуванні та стан основного обладнання, що і є метою даної роботи. Період, за який буде проведений аналіз, становить 10 років – з 2005 по 2014 р. (за більш пізні роки офіційна статистична інформація відсутня). При про-

© В.А. ДЕРІЙ, 2017

веденні аналізу не розглядалися тимчасово окуповані території України.

Згідно з статистичними даними [7], вся теплова енергія, яка виробляється в Україні і поставляється населенню та комунально-побутові потреби, поділена на групи по потужностях котелень: 1) до 3 Гкал/год, 2) від 3 до 20 Гкал/год, 3) від 20 до 100 Гкал/год, 4) більше 100 Гкал/год, 5) отримання теплової енергії зі сторони (виробництво теплової енергії котельними промислових та інших підприємств). Об'єктом даного дослідження є третя та четверта групи. Ці групи котелень згідно з законом «Про теплопостачання» відноситься до СЦТ та мають у своєму складі магістральні мережі, в яких можна акумулювати теплову енергію. Зведені показники відносного внеску третьої у теплопостачання міських поселень протягом 2005–2014 рр. наведено в табл. 1.

Аналіз показників, які наведені в табл. 1, показав, що внесок котелень даної групи в Херсонській, Львівській та Харківській областях зменшився, а в Миколаївській, Сумській та Тернопільській – збільшився. Найбільші зміни відбулися у Закарпатській області, де починаючи із 2012 р. котельні цієї групи перестали функціонувати. Загалом по Україні відносний внесок котелень цієї групи протягом 2005–2014 рр. зменшився з 18 % до16 %.

Показники відносного внеску в теплопостачання міських поселень України котелень потужністю понад 100 Гкал/год наведені в табл. 2. Як видно із табл. 2, внесок цієї групи котелень в більшості областей мало змінювався протягом 2005–2014 рр. Але в Вінницькій, Волинській, Запорізькій та Львівській областях він збільшився, а у Тернопільській – зменшився. Найбільші зміни відбулися у Закарпатській області, де починаючи з 2012 р. котельні цієї групи перестали функціонувати. Загалом по Україні внесок цієї групи котелень за період 2005–2014 рр. збільшився з 45,5% до 49%.

Таблиця 1 **– Відносний внесок котелень потужністю від 20 до 100 Гкал/год, %**

Область/рік	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Вінницька область	22,5	24,9	22,3	30,6	31,7	32,6	25,4	21,8	21,7	22,0
Волинська область	17,1	17,2	18,7	18,3	21,8	18,5	15,4	15,3	16,5	16,5
Дніпропетровська область	14,7	15,9	17,8	13,9	14,1	17,6	17,4	15,0	13,3	14,0
Донецька область	27,1	28,8	26,7	30,2	29,6	30,3	30,3	29,8	31,9	29,5
Житомирська область	24,3	25,0	25,1	23,5	21,8	20,0	23,6	23,9	25,0	24,2
Закарпатська область	26,7	13,2	17,6	16,9	12,5	10,1	6,0	0,0	0,0	0,0
Запорізька область	17,5	17,0	17,4	16,6	18,3	18,7	18,6	18,4	19,3	20,0
Івано-Франківська область	18,8	15,9	15,8	19,2	22,1	21,4	16,3	9,6	14,0	13,8
Київська область	22,8	19,9	18,9	17,9	19,1	20,4	18,4	19,9	23,7	23,2
Кіровоградська область	39,3	41,0	36,1	36,7	34,2	35,5	36,7	35,9	23,5	24,0
Луганська область	15,4	14,2	13,7	13,8	17,6	16,8	15,3	14,2	17,1	14,0
Львівська область	25,6	26,8	22,3	17,5	17,7	14,4	14,4	14,8	16,2	15,5
Миколаївська область	16,4	18,0	17,7	19,0	17,7	23,2	23,5	24,1	22,8	22,5
Одеська область	17,6	16,4	17,6	23,7	22,1	19,2	18,2	12,3	13,1	13,2
Полтавська область	10,1	8,8	8,3	7,5	7,6	7,3	7,2	6,3	6,9	7,2
Рівненська область	30,3	28,0	32,3	34,3	36,5	34,6	33,1	32,6	34,3	32,4
Сумська область	11,5	14,3	9,3	8,5	7,7	5,7	35,0	34,5	35,4	34,9
Тернопільська область	33,7	38,1	38,5	39,1	43,1	49,4	49,3	50,3	50,6	52,4
Харківська область	11,8	13,0	12,2	12,0	10,3	8,3	8,8	7,5	7,5	8,1
Херсонська область	16,4	16,9	15,6	14,1	9,8	13,1	11,8	10,9	10,2	8,5
Хмельницька область	43,7	35,2	36,5	36,8	35,4	34,4	35,3	39,7	41,1	37,4
Черкаська область	16,5	21,5	19,3	16,5	17,3	12,2	13,9	12,6	14,1	13,0
Чернівецька область	3,9	3,4	1,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	8,6	8,7
Чернігівська область	33,0	31,2	32,6	32,1	31,4	31,6	30,9	31,8	30,5	29,7
м. Київ	7,2	7,2	1,3	7,1	7,3	7,4	7,4	7,5	7,6	7,2
Загалом по Україні	**18,0**	**18,1**	**16,5**	**17,4**	**17,4**	**17,4**	**17,7**	**16,9**	**17,3**	**16,0**

Таблиця 2 **– Відносний внесок котелень потужністю понад 100 Гкал/год, %**

Область/рік	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Вінницька область	41,6	42,1	38,3	34,9	31,7	39,0	44,4	45,2	45,0	44,2
Волинська область	28,4	26,2	19,7	26,2	32,0	30,2	29,3	30,6	31,1	31,0
Дніпропетровська область	51,3	51,4	50,2	53,7	53,8	53,5	52,8	56,6	51,6	49,9
Донецька область	28,0	27,2	29,2	17,6	17,0	15,9	15,6	15,7	14,8	19,7
Житомирська область	7,9	7,4	11,0	6,7	7,8	7,7	6,7	7,8	7,7	7,3
Закарпатська область	17,1	2,9	6,8	6,0	5,3	6,3	3,3	0,0	0,0	0,0
Запорізька область	47,8	45,8	46,1	45,4	53,0	54,7	56,8	57,3	67,0	65,5
Івано-Франківська область	23,7	27,6	27,7	27,1	28,2	25,5	19,4	27,3	35,5	34,9
Київська область	35,4	40,0	42,5	42,0	40,4	40,1	43,7	43,0	34,4	35,9
Кіровоградська область	31,3	30,6	31,5	27,9	30,7	29,9	27,7	29,5	42,5	40,9
Луганська область	41,5	41,5	42,6	43,2	40,2	44,1	46,8	55,2	49,2	37,2
Львівська область	45,3	46,1	49,1	49,5	51,7	55,8	56,5	55,3	53,6	55,6
Миколаївська область	36,7	35,8	35,0	34,3	28,2	29,0	29,3	29,2	30,0	28,5
Одеська область	65,5	64,8	61,1	58,1	58,2	62,1	64,4	69,8	69,3	68,4
Полтавська область	15,9	19,0	21,6	21,0	20,0	19,6	20,1	19,7	19,3	19,5
Рівненська область	13,5	17,8	19,4	21,1	13,2	18,9	18,9	20,7	15,6	17,4
Сумська область	26,3	24,8	23,2	24,2	27,3	28,4	30,6	31,2	35,1	34,4
Тернопільська область	29,4	27,1	24,7	24,8	18,3	18,1	19,1	18,2	19,2	17,4
Харківська область	59,1	60,5	62,5	62,7	64,8	65,2	49,4	52,4	52,9	51,7
Херсонська область	65,9	59,0	57,0	58,3	59,7	58,5	57,5	56,3	59,5	56,6
Хмельницька область	14,0	18,8	17,7	16,7	15,6	17,4	18,8	14,3	10,9	13,4
Черкаська область	61,3	53,2	55,2	58,4	57,6	54,1	59,3	60,3	59,8	61,5
Чернівецька область	38,6	41,5	49,6	47,5	48,7	50,5	49,1	49,5	42,0	42,7
Чернігівська область	33,0	34,5	35,8	36,6	37,1	37,3	38,5	38,5	39,0	39,9
м. Київ	78,1	78,1	78,5	78,4	78,6	78,8	78,4	84,1	78,0	77,5
Загалом по Україні	**45,5**	**45,4**	**46,3**	**45,7**	**46,5**	**47,1**	**46,2**	**48,9**	**47,5**	**49,3**

Зведені показники сумарного відносного внеску котелень потужністю понад 20 Гкал/год (третя та четверта групи разом – системи централізованого теплопостачання) наведені в табл. 3. Як видно із табл. 3, в Запорізькій, Рівненській та Сумській обла-

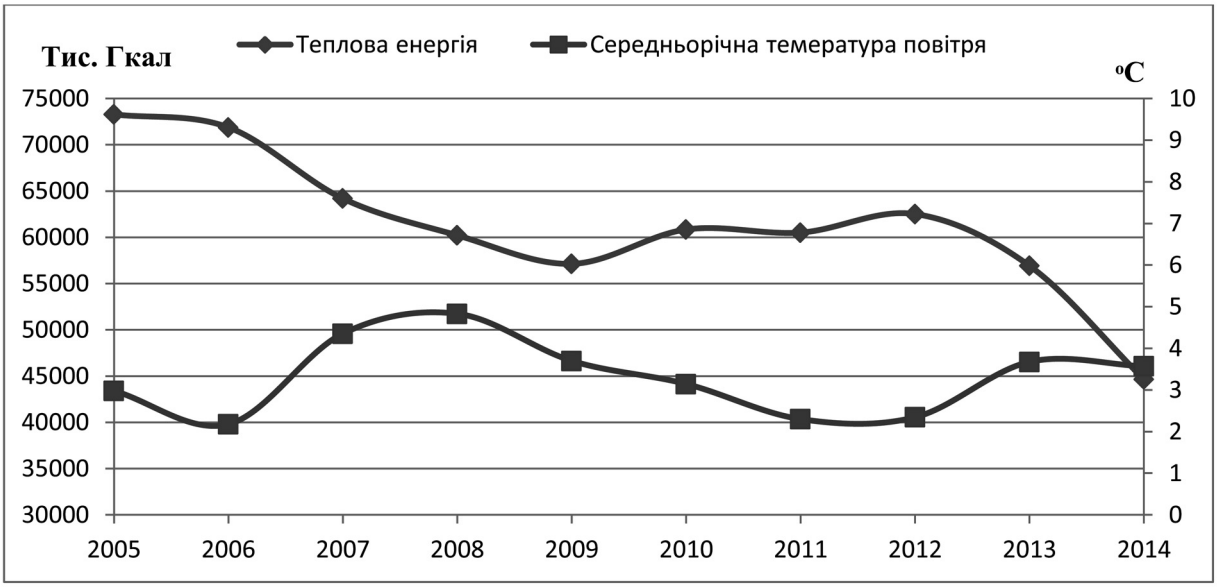

Рис. 1. Залежність виробництва теплової енергії СЦТ та середньої температури опалювального періоду по роках

Таблиця 3 **– Відносний внесок котелень потужністю понад 20 Гкал/год**

Область/рік	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Вінницька область	64,1	67,0	60,6	65,5	63,4	71,7	69,8	67,0	66,7	66,3
Волинська область	45,5	43,4	38,4	44,4	53,8	48,7	44,7	46,0	47,6	47,6
Дніпропетровська область	65,9	67,3	67,9	67,6	67,9	71,2	70,2	71,6	64,9	63,9
Донецька область	55,1	56,0	55,9	47,8	46,7	46,2	45,9	45,5	46,7	49,3
Житомирська область	32,3	32,5	36,1	30,2	29,6	27,7	30,3	31,7	32,7	31,5
Закарпатська область	43,8	16,1	24,4	22,9	17,7	16,5	9,3	0,0	0,0	0,0
Запорізька область	65,3	62,8	63,5	62,0	71,2	73,4	75,4	75,7	86,3	85,5
Івано-Франківська область	42,6	43,4	43,5	46,4	50,3	46,8	35,7	36,8	49,5	48,7
Київська область	58,2	59,9	61,4	59,9	59,6	60,5	62,1	62,9	58,1	59,1
Кіровоградська область	70,6	71,7	67,6	64,6	64,9	65,3	64,4	65,4	66,1	64,9
Луганська область	56,9	55,7	56,3	57,0	57,9	60,9	62,1	69,4	66,3	51,1
Львівська область	71,0	72,9	71,4	67,0	69,4	70,1	70,9	70,0	69,8	71,1
Миколаївська область	53,0	53,8	52,8	53,3	45,9	52,2	52,8	53,3	52,8	51,0
Одеська область	83,1	81,2	78,7	81,8	80,3	81,3	82,7	82,2	82,4	81,6
Полтавська область	26,0	27,8	29,9	28,5	27,6	26,9	27,3	26,1	26,2	26,8
Рівненська область	43,8	45,8	51,7	55,4	49,6	53,5	52,0	53,2	49,9	49,8
Сумська область	37,8	39,1	32,5	32,7	35,0	34,1	65,6	65,6	70,5	69,4
Тернопільська область	63,1	65,2	63,2	63,9	61,3	67,5	68,4	68,5	69,8	69,9
Харківська область	71,0	73,5	74,8	74,7	75,1	73,5	58,1	60,0	60,4	59,9
Херсонська область	82,3	76,0	72,6	72,4	69,5	71,6	69,3	67,2	69,7	65,1
Хмельницька область	57,7	54,0	54,1	53,5	51,0	51,8	54,1	54,0	52,0	50,8
Черкаська область	77,8	74,7	74,6	74,9	74,8	66,3	73,2	72,9	73,9	74,6
Чернівецька область	42,5	44,9	51,0	47,5	48,7	50,5	49,1	49,5	50,6	51,5
Чернігівська область	66,1	65,7	68,4	68,8	68,5	68,9	69,5	70,3	69,5	69,6
м. Київ	85,2	85,3	79,9	85,5	85,9	86,2	85,8	91,6	85,7	84,7
Загалом по Україні	**63,5**	**63,5**	**62,8**	**63,1**	**63,9**	**64,5**	**63,9**	**65,8**	**64,8**	**65,2**

стях внесок цих котелень збільшився, а у Харківській – дещо зменшився. Збільшення внеску цих котелень можна пояснити їх укрупненням та зменшенням внеску помірно-централізованого теплопостачання. Найбільші зміни відбулися у Закарпатській області, де починаючи з 2012 р. системи централізованого теплопостачання перестали функціонувати. Загалом по Україні за період 2005–2014 рр. спостерігається незначне збільшення внеску систем централізованого теплопостачання з 63 % до 65%.

Інформація про сумарне виробництво теплової енергії цими групами котелень за період 2005–2014 рр. наведена в табл. 4.

Аналіз інформації, яка наведена в табл. 4 та на рис. 1, виявив деякі характерні закономірності у виробництві теплової енергії СЦТ областями та по країні в цілому. В період 2005–2009 рр. спостерігається різкий спад виробництва теплової енергії СЦТ (на 22%), хоча кількість градусо·діб при цьому збільшилася тільки на 4,8 %.

На нашу думку, це зумовлено процесами децентралізації через низьку якість послуг та малої купівельної здатності домогосподарств. У 2008 р. темпи децентралізації дещо спали і після 2009 р. можна спостерігати відповідну залежність між виробництвом кількості теплової енергії та температурою зовнішнього повітря, як це показано на рис. 2. Коефіцієнт кореляції при цьому доволі високий і становить –0,82. Після 2012 р. спостерігається різке зменшення виробництва теплової енергії, що зумовлено аномально теплими опалювальними періодами 2013–2015 рр.

У процесі виконання роботи досліджувався стан котлів. Перш за все визначалася відносна вага котлів, вік яких перевищує 20 років. Результати аналізу наведені на рис. 2.

Як видно із рис. 2, по Україні спостерігається тенденція зменшення частки застарілих

Таблиця 4 **– Виробництво теплової енергії СЦТ, тис. Гкал**

Область/рік	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Вінницька область	1111,5	1376,6	1217,6	1391,5	1297,1	1303,9	1082,7	1073,4	1020,2	865,8
Волинська область	728,4	651,4	524,5	550	662,7	639,4	549	593,2	591,4	479
Дніпропетровська область	7946,6	8004,4	6669	6343,6	5924,7	7156,6	7197,4	7860,3	7560,4	6365,6
Донецька область	8160,4	8419,8	7545,5	5328,5	4929,4	5191,2	5470,6	5223	4890,2	1907,9
Житомирська область	639,7	619	626,3	471,6	439,7	440,2	454,3	502,8	476,8	393,9
Запорізька область	4441,8	4146,4	3910,6	3649,1	3462,1	3632,9	3903,7	3695,3	3362,2	3104,5
Івано-Франківська область	1072,8	937,8	768,9	637	581	624	525	481,8	395,3	317,9
Київська область	2388,1	2608,7	2309,4	2178,3	2041,9	2072,2	2071,5	2159,9	1578,9	1431,5
Кіровоградська область	941,1	962,6	659,4	650,2	603,5	645,7	624,4	658,1	623,7	519,9
Луганська область	5114	4715,3	4134,6	3717,3	2841,1	3151,9	3389	4005,9	2902,5	637,5
Львівська область	3375,3	3399,5	3209,6	2702,6	2756,6	2822,6	2710,4	2587,6	2319,6	1987,2
Миколаївська область	1015,2	1052,8	893,9	862,8	653,1	848,5	892,8	901,7	867,8	736
Одеська область	3478,9	3268,1	2994,4	3384,4	3058,2	3137,5	3074,8	2736,5	2624,2	2234,1
Полтавська область	1180,7	1381	1519	1374,5	1199,5	1233,8	1286	1203,2	1096,4	1035,1
Рівненська область	896,7	880,3	919,1	914	787,6	927,3	847,9	885,7	766,8	678,6
Сумська область	1109,5	1098,7	790,6	741,9	769,7	817,7	1640,8	1644,8	1641,8	1483,1
Тернопільська область	782,1	707,6	619	551,5	468,1	548,9	519,8	512,4	495,6	421,4
Харківська область	6471,2	6402,3	5980	5788,4	5757,8	5573,1	4533,7	4587,2	4300,5	3876,6
Херсонська область	1209,7	905,4	678,9	715,3	640,2	731,8	699,1	654,2	636,5	551,3
Хмельницька область	1489,5	1351,1	1261	1158	1059	1151,7	1129,8	1131,1	986,7	846,1
Черкаська область	2446,1	1951,4	1631,9	1557,9	1537,7	1438,9	1546,6	1554,8	1462,6	1329,1
Чернівецька область	335,3	351,5	269,4	228,9	261,7	295,9	275,6	291,2	270,6	237,9
Чернігівська область	1571,2	1479,9	1367,1	1331,2	1284,5	1382,2	1330,6	1386,1	1273,5	1093,2
м. Київ	15379,6	15209,2	13692,2	13988,1	14116,9	15077,6	14757,7	16186,3	14779,4	12119,5
Загалом по Україні	**73285,4**	**71880,8**	**64191,9**	**60216,6**	**57133,8**	**60845,5**	**60513,2**	**62516,5**	**56923,6**	**44652,7**

котлів. Тобто, темпи заміни котлів дещо вищі, ніж темпи їх старіння. Але все ще їх частка надто висока, що є причиною високих питомих витрат палива.

Аналіз систем транспортування теплової енергії СЦТ України показав, що в переважній більшості вони є закритого типу – мережна вода використовується тільки як теплоносій і з теплової мережі не відбирається. Існуючі теплові мережі в переважній більшості (більш як 85%) прокладені в непрохідних залізобетонних каналах типу КЛ, також частково використовується повітряна прокладка на високих та низьких опорах. Близько

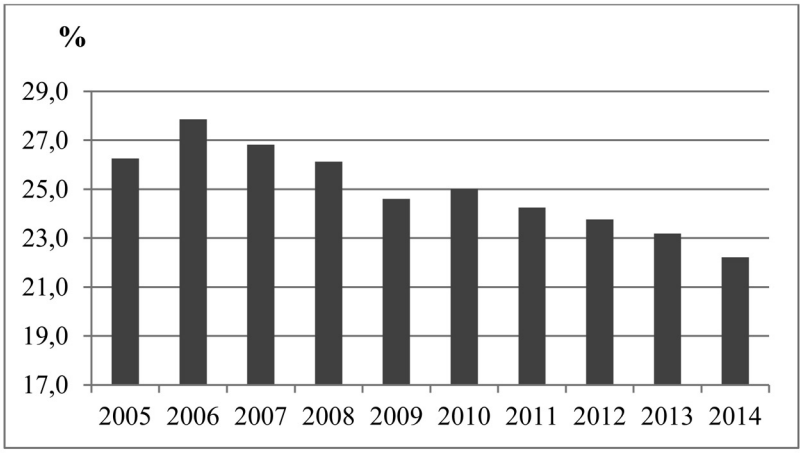

Рис. 2. Відносна вага котлів, вік яких перевищує 20 років

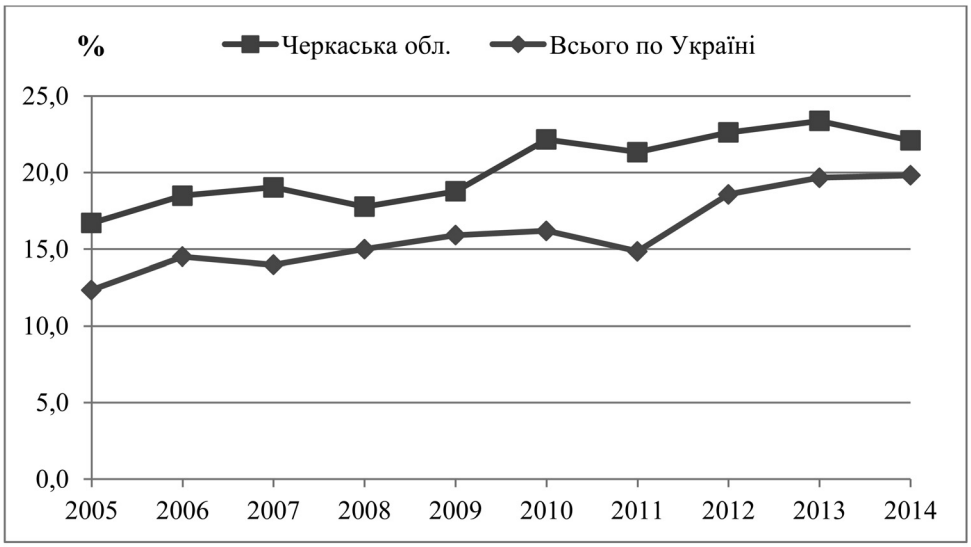

Рис. 3. Доля ветхих та аварійних ділянок теплових мереж

75% ізоляції теплових мереж виконано із мінераловатних матів з покривним шаром із руберойду або склопластику рулонного типу. Термін експлуатації більшості теплових мереж перевищує 20–25 років. Теплові мережі є найбільш уразливою ланкою. За час експлуатації теплова ізоляція мереж за рахунок пошкоджень в інженерних мережах міста (теплові мережі, водопровід та каналізація), а також за рахунок природних умов неодноразово затоплювалась і зволожувалась. В таких умовах теплова ізоляція значно пошкоджена та втратила свої ізолюючі властивості. Все це призводить до інтенсивної корозії металу, порушення герметичності теплопроводів і, як наслідок, до значних втрат мережної води.

На деяких котельнях витрати підживлювальної води теплових мереж в 2–3 рази перевищують нормативне значення. Наслідком такого режиму експлуатації теплових мереж є достатньо високий рівень втрат теплової енергії через ізоляцію теплопроводів та з витоками, особливо в системі постачання гарячої води [10–14].

Аналіз статистичних даних [7] показав, що протягом 2005–2014 рр. доля ветхих та аварійних ділянок теплових мереж невпинно зростала, як це показано на рис. 3.

Станом на 2014 р. доля ветхих та аварійних ділянок у системах теплопостачання частини областей становила 40% і більше, як це видно із рис. 4.

Теплопостачальні підприємства проводять реконструкцію теплових мереж із впровадженням попередньо ізольованих трубопроводів, але темпи заміни трубопроводів теплових мереж менші, ніж темпи їх старіння, про що свідчить рис. 6 та 7.

В зв'язку із неповнотою статистичних даних (наведені тільки сумарні абсолютні втрати, кількість теплової енергії, отриманої зі сторони та витрати її на власні потреби для всіх груп котелень), для визначення відносних (%) втрат теплової енергії в СЦТ (котельні більше 20 Гкал/год) була застосована така методика. Відносні втрати теплової енергії δ визначалися як відношення абсолютних втрат теплової енергії СЦТ до величини теплової енергії, підведеної до теплової мережі, за формулою

$$\delta = \frac{Q_{втСЦТ}}{Q_{СЦТ} + Q_{стСЦТ} - Q_{впСЦТ}} \cdot 100, \qquad (1)$$

де $Q_{втСЦТ}$ – втрати теплової енергії СЦТ; $Q_{СЦТ}$ – кількість теплової енергії, виробленої СЦТ; $Q_{стСЦТ}$ – кількість теплової енергії, отриманої зі сторони СЦТ; $Q_{впСЦТ}$ – кількість

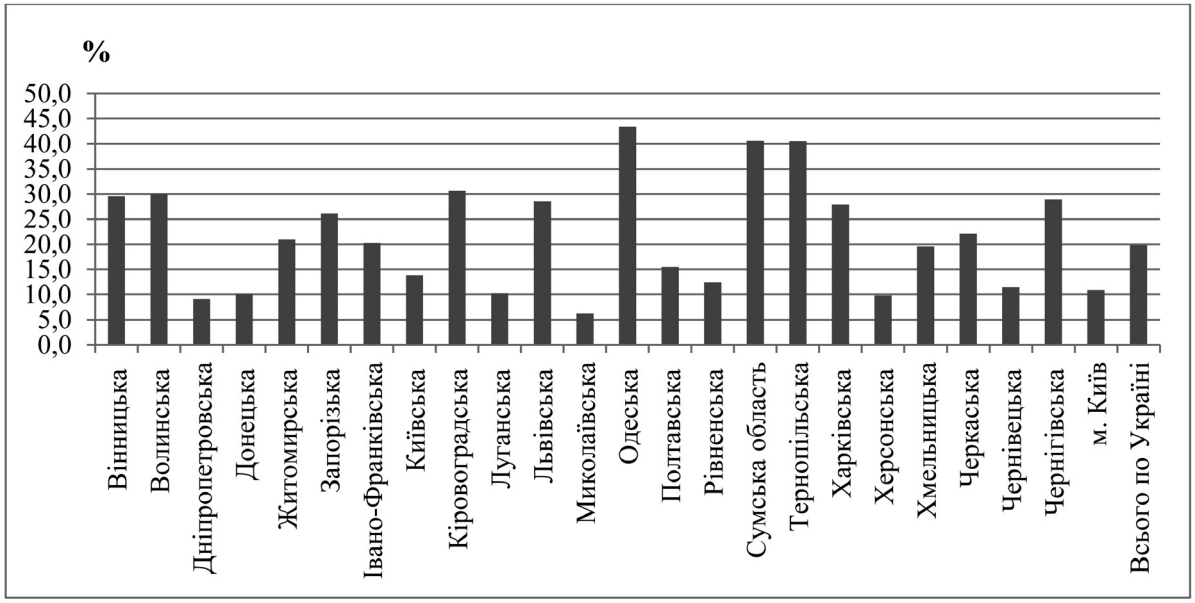

Рис. 4. Ветхі та аварійні ділянки теплових мереж станом на 2014 р.

теплової енергії, витраченої на власні потреби СЦТ.

Для подальших розрахунків було прийнято такі припущення.

1. Втрати теплової енергії в мережах котелень, потужність яких менше, ніж 3Гкал/год, дорівнюють нулю, оскільки їх мережі дуже короткі, або їх немає зовсім.

2. Втрати теплової енергії, витрати її на власні потреби та кількість теплової енергії, отриманої зі сторони, будуть розподілятися між групами котелень (згідно з статистичними даними [7]) пропорційно їх виробленої теплової енергії. Коефіцієнт пропорційності визначався за формулою

$$k = \frac{Q_{СЦТ}}{Q_з - Q_{\le 3}}, \qquad (2)$$

де $Q_з$ – загальна кількість виробленої теплової енергії всіма котельними; $Q_{\le 3}$ – кількість

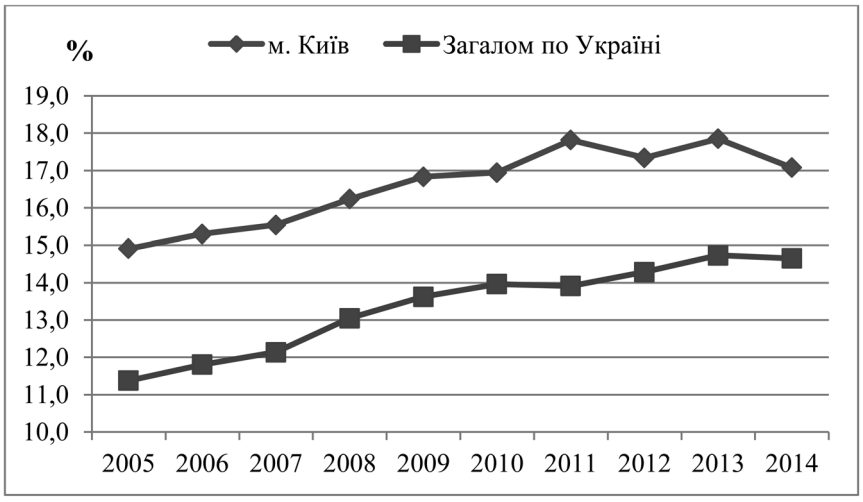

Рис. 5. Відносні втрати теплової енергії в мережах

теплової енергії, виробленої котельними до 3 Гкал/год.

Кількість виробленої теплової енергії СЦТ визначалася за формулою

$$Q_{СЦТ} = Q_{20–100} + Q_{\geq 100}, \quad (3)$$

де $Q_{20–100}$, $Q_{\geq 100}$ – кількість теплової енергії, виробленої котельними потужністю 20–100 Гкал/год та понад 100 Гкал/год.

Абсолютні втрати теплової енергії, витрати її на власні потреби та кількість теплової енергії, отриманої зі сторони СЦТ, визначалися за такими формулами:

$$Q_{втСЦТ} = Q_{свт} \cdot k, \quad (4)$$

$$Q_{впСЦТ} = Q_{свп} \cdot k, \quad (5)$$

$$Q_{стСЦТ} = Q_{сст} \cdot k, \quad (6)$$

де $Q_{свт}$, $Q_{свп}$, $Q_{сст}$ – сумарні втрати теплової енергії, витрати її на власні потреби та кількість теплової енергії, отриманої зі сторони (згідно з статистичними даними).

Проведені розрахунки за формулами, наведеними вище, та аналіз результатів за період 2005–2014 рр. встановив, що відносні втрати в теплових мережах невпинно зростали, як це видно із рис. 5, де для прикладу показані тенденції їх зміни загалом по Україні та для міста Києва.

Щодо величин відносних втрат теплової енергії необхідно відзначити таке. Більшість СЦТ та споживачів не мають лічильників теплової енергії, тому визначити фактичні втрати теплової енергії проблематично. Теплопостачальні підприємства звітували розрахунковими втратами, які дуже часто не перевищували нормативну величину. Але ряд проведених енергетичних аудитів [10–14] показав, що фактична величина відносних втрат більша нормативних і становить 16–22%. При цьому розподіл втрат такий:

– магістральні мережі – 5–7%;
– розподільчі мережі – 11–15%.

У зв'язку із незадовільним станом теплових мереж для забезпечення необхідного рівня надійності більшість теплопостачальних підприємств змінило проектні температурні графіки 150/70 °С на графіки із меншими максимальними температурами. Так, для системи теплопостачання м. Києва прийнятий новий температурний графік 120/70 °С, а в м. Харкові ТЕЦ-5 та котельня № 5 працюють за температурним графіком 124/61 °С, а ТЕЦ-3 та котельні № 4 та № 6 працюють за температурним графіком 118/59 °С. Для компенсації зменшення вихідної потужності котелень при нових температурних графіках диспетчери збільшують витрати теплоносія. Регулювання подачі теплової енергії споживачам в СЦТ при цьому перетворюється із якісного (за рахунок зміни температури теплоносія в подавальному трубопроводі) в якісно-кількісне (змінюються температура та витрати теплоносія). А враховуючи те, що мережні насоси не мають перетворювачів частоти для регулювання їх продуктивності, то це призводить до перевитрат на 15–20% електроенергії.

Центральні теплові пункти (ЦТП) теж мають низку проблем, які знижують ефективність їх використання. В більшості їх системи постачання гарячої води (ГВП) працюють без використання акумуляторних баків. Такий режим роботи призводить до підвищеної нестабільності роботи джерел теплової енергії та періодичних коливань протягом доби потужності в системі опалення мікрорайону. Демонтовані та виведені з експлуатації майже 90% [11] рециркуляційних трубопроводів системи гарячого водопостачання. Наслідком такого режиму функціонування ГВП являються невиправдані скидання споживачами води з системи ГВП у каналізацію, внаслідок чого спостерігаються підвищені втрати теплової енергії. Строк служби водопідігрівачів більшості ЦТП практично вичерпано (термін експлуатації коливається від 15 до 25 років). Поряд з пластинчастими водопідігрівачами в експлуатації знаходяться застарілі кожухотрубні підігрівачі. Змінний характер гарячого

теплопостачання з глибокими нічними провалами призводить до необхідності частого відключення водопідігрівачів (за відсутності баків-акумуляторів), внаслідок чого порушується герметизація пластин та з'являється необхідність у частому поточному ремонті обладнання. Практично вся регулююча арматура знаходиться у не робочому стані, фізично та морально застаріла і потребує заміни. ЦТП оснащені застарілими засобами автоматизації і контролю та електричними виконавчими механізмами. Системи регулювання температури гарячої води та витрат теплоносія в системі опалювання як правило не працюють [11]. В багатьох ЦТП відсутні засоби обліку відпущеної та спожитої теплової енергії, пристрої оперативного диспетчерського контрою та управління.

ВИСНОВКИ

1. Аналіз статистичних даних показав, що внесок СЦТ у теплопостачання міських поселень України станом на 2014 р. становить близько 65 %.

2. Встановлено, що протягом 2005–2014 рр. відбулися незначні зрушення у структурі виробництва теплової енергії СЦТ – внесок котелень потужністю 20–100 кал/год у виробництво теплової енергії дещо зменшився, котелень потужністю понад 100 Гкал/год – збільшився. Різке зменшення виробництва та споживання теплової енергії в період 2005–2009 рр. зумовлене процесами децентралізації, а в період 2012–2014 рр. – аномально теплими зимовими періодами.

3. Виявлено, що відносна вага котлів, вік яких перевищує 20 років, протягом 2006–2014 рр. зменшилася від 27,9% до 22,2%. Це свідчить про те, що темпи оновлення котлів вищі, ніж темпи їх старіння.

4. Показано, що протягом 2005–2014 рр. доля ветхих та аварійних ділянок теплових мереж невпинно зростала, станом на 2014 р. в СЦТ частини областей вона становила 40% і більше. Реальні відносні втрати теплової енергії в мережах становлять 16–22%. В системах розподілу теплової енергії (центральні теплопункти, теплорозподільчі станції, бойлерні) більшість обладнання відпрацювало свій ресурс і функціонує вкрай неефективно.

5. Проведені дослідження СЦТ показали, що хоча ступінь зносу основного їх обладнання велика, але все ж не є критичною. Тому впроваджувати ЕТГ в СЦТ для регулювання навантаження енергосистеми можливо і доцільно. Згідно з експертною оцінкою потенціал використання мереж СЦТ для акумуляції в них теплової енергії буде меншим на 25–35%, ніж у нових.

1. Кулик М.М. Співставний аналіз техніко-економічних характеристик Канівської ГАЕС та комплексу споживачів-регуляторів для покриття графіків електричних навантажень. *Проблеми загальної енергетики.* 2014. Вип. 4 (39). С. 5—10.

2. Кулик М.М. Техніко-економічні аспекти використання споживачів-регуляторів у системах автоматичного регулювання частотою і потужністю. *Проблеми загальної енергетики.* 2015. Вип. 1(40). С. 20—28. https://doi.org/10.15407/pge2015.01.020

3. Дерій В.О. Потенціал акумуляції енергії в теплових мережах. *Проблеми загальної енергетики.* 2014. № 4 (39). С. 29—33.

4. Кулик М.М., Куц Г.О., Білодід В.Д. Аналіз стану розвитку систем теплопостачання в Україні. *Проблеми загальної енергетики.* 2006. № 2 (14). С. 13—24.

5. Куц Г.О. Аналіз стану розвитку теплогенеруючих джерел теплопостачання в Україні за 2000 – 2007 роки. *Проблеми загальної енергетики.* 2010. № 2 (22). С. 31—38.

6. Білодід В.Д., Куц Г.О. Аналіз стану систем теплопостчання України та теплогенеруючих джерел за 2000 – 2010 роки. *Проблеми загальної енергетики.* 2012. № 4 (31). С. 29—37.

7. Про основні показники роботи опалювальних котелень і теплових мереж в Україні: статистичні бюлетені за 2005–2014 рр. К: Державна служба статистики України.

8. Heat district network Vinnytsia. Identification mission. *SECO State Secretariat for*

Economic Affairs Effingerstrasse 31 CH-3003 Bern, October 2010.
9. European Bank for Reconstruction and Development Ukraine District Heating Project Preparation Framework Feasibility Study For Ternopil District Heating – TCS ID: 32275 August 2011.
10. Звіт з енергетичного аудиту мереж системи централізованого теплопостачання м. Івано-Франківська. К: Агентство з раціонального використання енергії та екології, 2007.
11. Звіт з енергетичного аудиту систем розподілу теплової енергії м. Харкова. К: Агентство з раціонального використання енергії та екології, 2003.
12. Звіт з енергетичного аудиту магістральних мереж системи централізованого теплопостачання КП "ХТМ". К: Агентство з раціонального використання енергії та екології, 2008.
13. Звіт з енергетичного аудиту мереж системи централізованого теплопостачання КП РМР «Теплотранссервіс» ТА КТП РМР «Комуненергія», м. Рівне. К: Агентство з раціонального використання енергії та екології, 2008.
14. Загальний висновок енергетичного аудиту системи централізованого теплопостачання м. Звенигородка . К: Агентство з раціонального використання енергії та екології, 2010.

Надійшла до редколегії 06.09.2017.