

**ПЕРСПЕКТИВИ ЗАСТОСУВАННЯ
ТЕПЛОНАСОСНИХ СТАНЦІЙ В УКРАЇНІ**

О. П. Остапенко, О. В. Шевченко

Визначено перспективи застосування теплонасосних станцій (ТНС) в Україні з урахуванням наявних джерел низькотемпературної теплоти в регіонах, оцінено масштаби економії енергоресурсів та зменшення техногенного навантаження на навколишнє середовище (зниження викидів вуглекислого газу) у разі впровадження теплонасосних станцій.

Определены перспективы применения теплонасосных станций (ТНС) в Украине с учетом существующих источников низкотемпературной теплоты в регионах, проведена оценка масштабов экономии энергоресурсов и уменьшения техногенной нагрузки на окружающую среду (снижения выбросов углекислого газа) в случае внедрения теплонасосных станций.

The perspectives of application the heat pump plants (HPP) in Ukraine with taking into account the existent sources of low temperature heat in regions are determined, the scales of economy of energy resources and the decrease of industrial load on the environment (decrease of escapes the carbon dioxide) with introduction the heat pump plants are estimated.

Вступ

Основними умовами з досягнення енергетичної незалежності України є зменшення енергоспоживання та використання нетрадиційних і відновлюваних енергоресурсів природного та техногенного походження. Зокрема, за підрахунками Львівського центру енергозбереження і енергетичного менеджменту, Україна може забезпечити щорічну економію понад 60 млн. т умовного палива за рахунок альтернативної енергетики.

Зважаючи на ресурси енергоносіїв, вітчизняну інфраструктуру, кліматичні та геологічні умови, та з огляду на світовий рівень енергетичних технологій, в нашій країні доцільно масштабно розвивати і впроваджувати сучасні технології використання поновлюваних та нетрадиційних джерел енергії, зокрема, впровадження теплонасосних станцій.

В Україні приділяється значна увага впровадженню теплових насосів. Впровадження теплонасосних технологій виробництва теплоти є одним з ефективних енергоощадних засобів, що забезпечують економію органічного палива і зниження забруднення навколишнього середовища. Відповідно до «Енергетичної стратегії України на період до 2030 року» (затвердженої розпорядженням Кабінету міністрів України № 145-р від 15 березня 2006 р.) розвиток системи теплопостачання планується здійснювати шляхом поступового нарощування виробництва теплоти на базі електричних теплогенераторів (переважно - теплових насосів). До 2030 року об'єм виробництва теплової енергії електричними теплогенераторами (з використанням теплових насосів) збільшиться до 180 млн. Гкал порівняно з 1,7 млн. Гкал в 2005 р. Таким чином, «Енергетична стратегія...» визначила новий концептуальний підхід до теплопостачання житлово-комунального комплексу країни [1].

Застосування теплових насосів, крім енергетичних переваг, зумовлює зменшення забруднення навколишнього середовища (також і теплового) та скорочення шкідливих викидів в атмосферу. Розпорядженням Кабінету міністрів України № 609-р від 20 травня 2009 р. затверджено перелік проектних пропозицій щодо першочергового встановлення теплових насосів в АР Крим та 20 областях України. Залучення коштів від продажу квот на викиди CO₂, згідно з Кіотським протоколом, дозволить підвищити економічну ефективність впровадження ТНС та скоротити термін окупності останніх.

Слід зазначити, що найбільший енергоощадний ефект забезпечується від впровадження теплонасосних станцій, в яких тепловий насос поєднується з додатковим піковим джерелом теплоти. Однією з умов раціонального застосування теплонасосних станцій є наявність джерел низькотемпературної теплоти з достатньо високою температурою протягом року, які не потребують значних витрат на перекачування та не призводять до корозії устаткування. Теплота, що виробляється теплонасосними станціями, застосовується для опалення та гарячого

водопостачання житлових, промислових та громадських споруд, а також для технологічних потреб [2–3].

Метою дослідження є визначення перспектив застосування теплонасосних станцій в Україні з урахуванням наявних в регіонах джерел низькотемпературної теплоти, оцінка масштабів економії енергоресурсів та зменшення техногенного навантаження на навколишнє середовище від впровадження теплонасосних станцій в Україні.

Основна частина

На основі результатів досліджень [3-7] нами досліджено та проаналізовано 108 проєктів теплонасосних станцій для 21 області України з використанням теплоти повітря, морської води, річкової води, ґрунту, водосховищ, шахтних вод, термальних вод, каналізаційних стічних вод та вторинних енергоресурсів (ВЕР) металургійних комбінатів. Найбільші масштаби використання в Україні ТНС на теплоті стічних вод, річкової води, теплоти ґрунту та ґрунтових вод. Використання в ТНС теплоти морської води, геотермальних вод, шахтних вод, ВЕР металургійних комбінатів можливе лише в окремих областях України, проте обґрунтовується значними обсягами економії палива. Енергетичний потенціал теплоти стічних вод, геотермальних вод, а також теплоти ґрунту і ґрунтових вод в Україні [8] подано в табл. 1-3.

Джерела геотермальної енергії розташовані по всій території України. Оскільки ці джерела мають надзвичайно широкий спектр характеристик, Україна має значні потенційні ресурси геотермальної енергії. Районами її можливого використання є Крим, Закарпаття, Прикарпаття, Донецька, Запорізька, Луганська, Полтавська, Харківська, Херсонська, Чернігівська та інші області. Серед перспективних районів необхідно відзначити Закарпаття, Крим, Львівщину. У Криму найбільш перспективними є Тарханкутський район та Керченський півострів. Потенціал геотермальної енергії в Україні подано в табл. 1.

Таблиця 1

Потенціал геотермальної енергії в Україні [8]

Області	Кількість теплоносія, що видобувається при експлуатації з підтримкою пластового тиску, тис. м ³ /добу	Тепловий потенціал термальних вод, МВт	Річна економія, тис. т у. п.
Закарпатська	239,4	490	510
Миколаївська	1620	2820	1900
Одеська	1350	2350	1600
Полтавська	5,9	9,2	9,9
Сумська	4,2	15,8	17
Харківська	0,4	1,3	1,4
Херсонська	2430	4230	2900
Чернігівська	37,2	58,3	62,7
АР Крим	21600	37600	25600
Всього	27287,1	47574,6	32601

Основними джерелами низькотемпературної скидної теплоти техногенного походження є вентиляційні викиди та охолоджувальна вода технологічного та енергетичного обладнання підприємств, промислові та комунально-побутові стоки. Досвід провідних країн свідчить, що найбільш ефективним є використання теплової енергії стічних вод за допомогою теплових насосів. Потужні теплонасосні станції теплопостачання можуть розміщатися біля відвідних каналів очищених комунально-побутових вод. Можливим є створення окремих теплонасосних установок для утилізації теплоти умовно чистих стоків басейнів, спортивних комплексів, пральних комбінатів та інших об'єктів побутового і промислового призначення.

В Україні загальний річний об'єм комунально-побутових стоків становить близько 3740 млн. м³. Температура стоків становить 12–20 °С залежно від сезону. В Україні каналізаційні системи централізованого відведення комунально-побутових стоків функціонують в 427 містах, 515 селищах міського типу, 856 селах. Питомий обсяг комунально-побутових стоків становить 0,15–0,4 м³ на одного жителя за добу. Цей показник значною мірою залежить від доступності води та

соціально-економічних умов в окремих регіонах.

Теоретичні ресурси низькотемпературної теплової енергії стічних вод розраховуються, виходячи із загального обсягу каналізаційних стоків відповідної області. Технічно доступні ресурси розраховуються, виходячи із загального обсягу очищених каналізаційних стоків лише від міських поселень. Економічно-доцільні обсяги використання низькотемпературної теплової енергії стічних вод розраховуються, виходячи з половини обсягу очищених стоків від міських поселень відповідної області (враховуються обмеження, пов'язані з нерівномірністю надходження стоків). Енергетичний потенціал низькотемпературної теплової енергії стічних вод в областях України показано в табл. 2.

Таблиця 2

Енергетичний потенціал низькотемпературної теплової енергії стічних вод в областях України [8]

Області	Потенціал низькотемпературної теплової енергії стічних вод, тис. МВт·год/рік		
	Загальний потенціал	Технічний потенціал	Доцільно-економічний потенціал
ВІННИЦЬКА	1170	636	239
Волинська	761	383	144
Дніпропетровська	9398	4825	1809
Донецька	8550	4089	1533
Житомирська	1155	499	187
Закарпатська	903	378	142
Запорізька	3091	1535	576
Івано-Франківська	1869	912	342
Київська	9608	5086	1907
Кіровоградська	836	451	169
Луганська	2971	1329	498
Львівська	4979	2616	981
Миколаївська	1232	653	245
Одеська	3879	1735	651
Полтавська	1683	853	320
Рівненська	1701	523	196
Сумська	1024	456	171
Тернопільська	744	376	141
Харківська	5273	2825	1059
Херсонська	870	448	168
Хмельницька	1135	542	203
Черкаська	2229	774	290
Чернівецька	487	264	99
Чернігівська	924	478	179
АР Крим	3312	1273	477
ВСЬОГО	69784	33939	12726

Теплова енергія ґрунту та ґрунтових вод може використовуватися для обігріву та вентиляції приміщень. Відбір теплової енергії від ґрунту може здійснюватися за допомогою ґрунтових теплообмінників різних типів. Температура теплоносія в ґрунтовому теплообміннику становить від мінус 5-7 до плюс 10-12 °С і є придатною для виробництва теплоносія з температурою 40-70 °С за допомогою теплових насосів. Досвід провідних країн свідчить, що енергію ґрунту найчастіше використовують в теплонасосних установках потужністю до 70-100 кВт, які обслуговують окремі невеликі будинки, головним чином садибні житлові будинки. В умовах України це можуть бути садибні будинки міст та сіл.

В Україні експлуатується 9,3 млн. садибних будинків з загальною площею 515,8 млн. м². Для їх теплопостачання можна влаштувати ґрунтові теплообмінники з теоретичним запасом теплової енергії 525855 тис. МВт·год на рік. Це і є теоретичні ресурси теплової енергії ґрунту та ґрунтових вод, що значно перевищують потреби енергії для опалення садибних житлових будинків. Оцінки ресурсів низькотемпературної теплової енергії ґрунту та ґрунтових вод, визначені на основі статистичних даних, можуть прийматися як прогнозні на найближчі роки. Енергетичний потенціал низькотемпературної теплоти ґрунту та ґрунтових вод в областях України показано в табл. 3.

Таблиця 3

Енергетичний потенціал низькотемпературної теплоти ґрунту та ґрунтових вод в областях України [8]

Області	Потенціал низькотемпературної теплоти ґрунту та ґрунтових вод, тис. МВт·год/рік		
	Загальний потенціал	Технічний потенціал	Доцільно-економічний потенціал
1. Вінницька	4731	3379	513
2. Волинська	3321	2372	290
3. Дніпропетровська	15438	11027	424
4. Донецька	15422	11015	2656
5. Житомирська	3374	2410	428
6. Закарпатська	5093	3638	79
7. Запорізька	3833	2738	355
8. Івано-Франківська	5532	3951	51
9. Київська	12966	9262	192
10. Кіровоградська	3720	2657	833
11. Луганська	10571	7551	1958
12. Львівська	11941	8529	203
13. Миколаївська	3441	2458	117
14. Одеська	4015	2868	195
15. Полтавська	9163	6545	162
16. Рівненська	3106	2219	225
17. Сумська	4492	3208	239
18. Тернопільська	3819	2728	194
19. Харківська	12125	8661	153
20. Херсонська	2597	1855	172
21. Хмельницька	4438	3170	171
22. Черкаська	4286	3061	476
23. Чернівецька	2149	1535	123
24. Чернігівська	3930	2807	149
25. АР Крим	4027	2877	206
Всього	157530	112521	10564

В табл. 4–6 наведені результати досліджень ефективності ТНС з різними джерелами низькотемпературної теплоти в Україні, проведених з використанням програми в середовищі Excel, на основі проектних пропозицій, затверджених Розпорядженням Кабінету міністрів України № 609-р від 20 травня 2009 р. За результатами досліджень здійснено оцінку економії енерго-ресурсів та скорочення викидів CO₂ в Україні від застосування ТНС з різними джерелами теплоти.

Значення економії природного газу (у відсотках) від застосування ТНС з різними джерелами низькотемпературної теплоти показано в табл. 4. Найбільша економія палива досягається ТНС з використанням теплоти термальних та каналізаційних стічних вод (58,17 % та 56,09 %, відповідно). Найменша економія палива властива ТНС з використанням теплоти повітря (20,41 %).

Таблиця 4

Показники ефективності теплонасосних станцій з різними джерелами теплоти

Джерело теплоти для теплонасосної станції	Потужність ТНС, МВт	Економія природного газу, %
Морська вода	0,9...51,6	34,016
Водосховище	1...2	43,733
Термальні води	0,29...3	58,167
Повітря	0,3...18,4	20,409
Річка	0,5...40	25,198
ВЕР металургійного комбінату	39,5...54,9	42,646
Каналізаційні стічні води	0,3...90	56,088
Шахтні води	2,4...10,6	50,079
Ґрунт	0,1...5,9	24,745

В табл. 5 показані можливі обсяги економії природного газу ТНС з різними джерелами низькотемпературної теплоти в Україні. Тут також вказано значення економії палива (у відсотках від загальної економії по Україні) для ТНС на різних джерелах низькотемпературної теплоти. Ця таблиця характеризує обсяги використання потенціалу природних та техногенних джерел низькотемпературної теплоти для ТНС в Україні.

Таблиця 5

Економія енергоресурсів та скорочення викидів CO₂ в Україні від застосування теплонасосних станцій з різними джерелами теплоти

Джерело теплоти для теплонасосної станції	Економія палива, тис.м ³ /рік	Економія палива, %	Скорочення викидів CO ₂ , тис. тонн/рік
Морська вода	96350	15,68	103,370
Водосховище	1302,1	0,21	3,350
Термальні води	2528	0,41	2,680
Повітря	21036	3,42	80,509
Річка	235864	38,37	248,100
ВЕР металургійного комбінату	51300	8,35	106,000
Каналізаційні стічні води	164920	26,83	142,574
Шахтні води	29140	4,74	28,620
Ґрунт	12210	1,99	17,060
ВСЬОГО по Україні	614650,1	100	732,263

Крім енергетичних переваг, застосування теплонасосних станцій зумовлює зменшення забруднення навколишнього середовища та скорочення шкідливих викидів в атмосферу. В табл. 5 показано обсяги зменшення викидів CO₂ в Україні за умови використання ТНС з різними джерелами низькотемпературної теплоти. Впровадження ТНС забезпечить зниження викидів CO₂ в Україні в кількості 732,263 тис. тонн в рік, що дозволить знизити техногенне навантаження на навколишнє середовище (особливо у великих промислових центрах) та підвищити економічну ефективність впровадження ТНС із залученням коштів від продажу квот на викиди CO₂, згідно з Кіотським протоколом.

В табл. 6 наведені значення економії природного газу від впровадження ТНС в Україні з

використанням наявних в регіонах джерел низькотемпературної теплоти. Тут вказана загальна потужність теплонасосних станцій в регіонах та можливі обсяги економії енергоресурсів від впровадження теплонасосних станцій в різних областях України.

Таблиця 6

Обсяги економії енергоресурсів від застосування теплонасосних станцій з різними джерелами теплоти в регіонах України

Регіон	Джерело теплоти	Потужність, МВт	Економія палива, тис. м ³ /рік	Економія палива, %
1	2	3	4	5
АР Крим	Морська вода	102,4	61700	11,19
	Водосховище	2	1300	
	Термальні води	3	2100	
	Повітря	5,6	3706	
ВСЬОГО по регіону		113	68806	
Вінницька обл.	Річка	71	49500	8,05
ВСЬОГО по регіону		71	49500	
Дніпропетровська обл.	Повітря	24,6	14600	19,36
	Річка	99,44	73230	
	ВЕР металург. комбінату	39,5	18300	
	Каналізаційні стічні води	12	8400	
	Ґрунт	12,3	4470	
ВСЬОГО по регіону		187,84	119000	
Донецька обл.	Морська вода	5,8	3600	2,31
	Річка	2,5	1600	
	Шахтні води	14	9000	
ВСЬОГО по регіону		22,3	14200	
Житомирська обл.	Річка	45	31500	5,42
	Каналізаційні стічні води	0,5	1100	
	Ґрунт	0,33	700	
ВСЬОГО по регіону		45,83	33300	
Закарпатська обл.	Термальні води	1,01	428	0,21
	Повітря	0,22	154	
	Каналізаційні стічні води	1	700	
ВСЬОГО по регіону		2,23	1282	
Запорізька обл.	Морська вода	41,6	28950	5,77
	Повітря	2,4	2390	
	Річка	15,1	4100	
ВСЬОГО по регіону		59,1	35440	
Івано-Франківська обл.	Повітря	0,3	24	0,02
	Ґрунт	0,1	70	
ВСЬОГО по регіону		0,4	94	
Кіровоградська обл.	Річка	1	340	1,99
	Каналізаційні стічні води	17	11900	
ВСЬОГО по регіону		18	12240	
Луганська обл.	Річка	34,06	25960	15,70
	ВЕР металург. комбінату	59,4	33000	
	Каналізаційні стічні води	25,3	17400	
	Шахтні води	30,5	20140	
ВСЬОГО по регіону		149,26	96500	
Миколаївська обл.	Річка	20	15000	2,44
ВСЬОГО по регіону		20	15000	

Продовження табл. 6

1	2	3	4	5
Одеська обл.	Морська вода	3	2100	1,25
	Водосховище	3	2,1	
	Річка	1	700	
	Ґрунт	7	4900	
ВСЬОГО по регіону		14	7702,1	
Полтавська обл.	Річка	0,76	460	0,08
ВСЬОГО по регіону		0,76	460	
Рівненська обл.	Річка	2,5	1402	2,61
	Каналізаційні стічні води	18	14400	
	Ґрунт	0,3	210	
ВСЬОГО по регіону		20,8	16012	
Харківська обл.	Каналізаційні стічні води	3,5	1700	0,30
	Ґрунт	0,5	160	
ВСЬОГО по регіону		4	1860	
Херсонська обл.	Річка	30,52	20070	5,80
	Каналізаційні стічні води	20,4	15600	
ВСЬОГО по регіону		50,92	35670	
Хмельницька обл.	Ґрунт	2	1400	0,23
ВСЬОГО по регіону		2	1400	
Черкаська обл.	Річка	6	4000	0,65
ВСЬОГО по регіону		6	4000	
Чернівецька обл.	Річка	0,5	2	3,2·10 ⁻⁴
ВСЬОГО по регіону		0,5	2	
Чернігівська обл.	Повітря	0,418	8	1,30
	Річка	12	8000	
ВСЬОГО по регіону		12,418	8008	
м. Київ та Київська обл.	Повітря	0,022	154	15,32
	Каналізаційні стічні води	108,7	93720	
	Ґрунт	0,4	300	
ВСЬОГО по регіону		109,122	94174	
ВСЬОГО по Україні		909,48	614650,1	100

Впровадження в Україні ТНС загальною потужністю 909,48 МВт з використанням наявних в регіонах джерел низькотемпературної теплоти дозволить зекономити 614,650 млн. м³ в рік природного газу. Як видно з табл. 5, в Україні найбільш широко планується використовувати теплоту каналізаційних стічних вод та річкової води, що дозволить зекономити відповідно 235,864 та 164,920 млн. м³ в рік природного газу. Впровадження ТНС на теплоті морської води забезпечить економію природного газу в кількості 96,350 млн. м³ в рік.

В табл. 6 вказані значення економії природного газу в регіонах (у відсотках від загальної економії по Україні) від застосування ТНС на різних джерелах низькотемпературної теплоти. Найбільші обсяги економії енергоресурсів в Україні від застосування ТНС властиві таким областям, як Дніпропетровська (19,36 %), Луганська (15,70 %) та Київська (15,32 %). Це обумовлено значними ресурсами природних та техногенних джерел низькотемпературної теплоти в цих регіонах. Суттєвої економії енергоресурсів від застосування ТНС (11,19 %) можна досягти в АР Крим за рахунок використання значних ресурсів природної низькотемпературної теплоти в регіоні. Дуже незначні обсяги економії енергоресурсів від застосування ТНС в західних областях України, що пов'язано з відсутністю в цих регіонах джерел низькотемпературної теплоти техногенного походження. Проте ТНС на природних джерелах теплоти можуть стати основою теплозабезпечення цих регіонів, оскільки зумовлюють зменшення забруднення навколишнього середовища та скорочення шкідливих викидів в атмосферу.

Висновки

- Оцінено перспективи застосування та енергетичну ефективність теплонасосних станцій в Україні з урахуванням наявних джерел низькотемпературної теплоти (повітря, морської води, річкової води, ґрунту, водосховищ, шахтних вод, термальних вод, каналізаційних стічних вод та ВЕР металургійних комбінатів).
- Найбільша економія палива досягається ТНС з використанням теплоти термальних та каналізаційних стічних вод (58,17 % та 56,09 %, відповідно). Найменша економія палива властива ТНС з використанням теплоти повітря (20,41 %).
- В Україні найбільш широко планується використовувати в ТНС теплоту каналізаційних стічних вод та річкової води, що дозволить зекономити відповідно 235,864 та 164,920 млн. м³ в рік природного газу. Впровадження ТНС на теплоті морської води забезпечить економію природного газу в кількості 96,350 млн. м³ в рік.
- Впровадження теплонасосних станцій в Україні з використанням наявних в регіонах джерел низькотемпературної теплоти дозволить зекономити 614,650 млн. м³ в рік природного газу та забезпечить зниження викидів CO₂ в кількості 732,263 тис. тонн в рік.

Використана література

1. Долинский А. А. Тепловые насосы в теплоснабжении / А. А. Долинский, Е. Т. Базеев, А. И. Чайка // Промышленная теплотехника. – 2006. – Т. 28, № 2. – С. 99-105.
2. Янтовский Е. И. Парокомпрессионные теплонасосные установки / Е. И. Янтовский, Ю. В. Пустовалов. – М. : Энергоиздат. – 1982. – 144 с.
3. Ткаченко С. Й. Парокомпресійні теплонасосні установки в системах тепlopостачання. Монографія / С. Й. Ткаченко, О. П. Остапенко. – Вінниця : УНІВЕРСУМ-Вінниця. – 2009. – 176 с.
4. Любчик Г. Н. Факторы, параметры и показатели экобезопасности энергетических объектов / Г. Н. Любчик, Г. Б. Варламов // Эко-технологии и ресурсосбережение. – 2001. – № 3. – С. 53-58.
5. Ткаченко С. Й. Систематизація інформації з розробки, дослідження та впровадження теплонасосних установок / С. Й. Ткаченко, О. П. Остапенко // Сучасні технології, матеріали і конструкції в будівництві: науково-технічний збірник. – Вінниця : УНІВЕРСУМ-Вінниця, 2007. – № 4. – С. 176-184.
6. Ткаченко С. Й. Узагальнена теплотехнологічна система з теплонасосною установкою / С. Й. Ткаченко, О. П. Остапенко // Сучасні технології, матеріали і конструкції в будівництві: науково-технічний збірник. – Вінниця : УНІВЕРСУМ-Вінниця, 2006. – № 3. – С. 136-141.
7. Остапенко О. П. Використання перспективних систем тепlopостачання з тепловими насосами для утилізації теплоти викидів підприємств України / О. П. Остапенко // Збірка тез доповідей IV Міжнародної науково-практичної конференції студентів, аспірантів та молодих вчених [“Екологія. Людина. Суспільство.”] (14–16 травня 2001 р., Київ). – К. : НТУУ “КПІ”, 2001. – С. 152-153.
8. Атлас енергетичного потенціалу відновлюваних і нетрадиційних джерел енергії України. – К. : НАН України, Інститут відновлюваної енергетики, Державний комітет України з енергозбереження, 2005. – 45 с.

Остапенко Ольга Павлівна – к. т. н., доцент кафедри теплоенергетики Вінницького національного технічного університету.

Шевченко Ольга Валентинівна – студентка Вінницького національного технічного університету.