

ПЕРСПЕКТИВИ ЗАСТОСУВАННЯ ВІДНОВЛЮВАЛЬНИХ ДЖЕРЕЛ ЕНЕРГІЇ ДЛЯ ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ ГРОМАДСЬКИХ І ЖИТЛОВИХ БУДІВЕЛЬ В УКРАЇНІ

У даній статті проведено аналіз потенціалу використання ВДЕ на потреби теплопостачання громадських і житлових будівель в Україні та світі. Визначено, що Україна має один з найбільших у Європі потенціал по використанню ВДЕ. Проведено аналіз «Енергетичної стратегії України на період до 2035 року «Безпека, енергоефективність, конкурентоспроможність» та зроблено висновок, що спостерігається тенденція до децентралізації енергопостачання та збільшення частки використання технологій ВДЕ для генерації теплової енергії. Проаналізовано загальне постачання первинної енергії за типами джерел та обсягами генерування. На основі співставного аналізу фактичних та прогнозованих даних по генеруванню енергії ВДЕ зроблено висновок, що є тренд на поступове зменшення генерації теплової енергії котельнями на вугіллі, газі та нафтопродуктах, та збільшення генерації за допомогою котлів на біомасі, сонячних колекторів та теплових насосів. На основі аналізу стратегії Net Zero зроблено висновок що Україна та світ поступово будуть зменшувати використання традиційної генерації та впроваджувати сучасні технології не тільки на потреби електропостачання, а й на потреби теплопостачання.

Ключові слова: Теплопостачання будівель, відновлювальні джерела енергії, тепла енергія, сонячна енергія, біопаливо, біогаз.

Вступ.

В Європі впроваджується 4-ий енергетичний пакет «Чиста енергія для всіх європейців», мета якого пов'язана із полегшенням переходу від викопного палива до більш екологічно чистої енергії та виконання зобов'язання Паризької угоди ЄС щодо скорочення викидів парникових газів». Основними цілями нового енергетичного пакету є: досягнення статусу кліматично-нейтральної Європи до 2050 року; спрощення умов інтеграції відновлюваних джерел енергії (ВДЕ) в енергетичну систему України; формування енергоефективного суспільства; розширене застосування ІТ-технологій в енергетиці у відповідності з концепцією Smart Grid. На рисунку 1 показано частку ВДЕ у світовому енергетичному балансі в порівнянні з традиційними джерелами енергії.

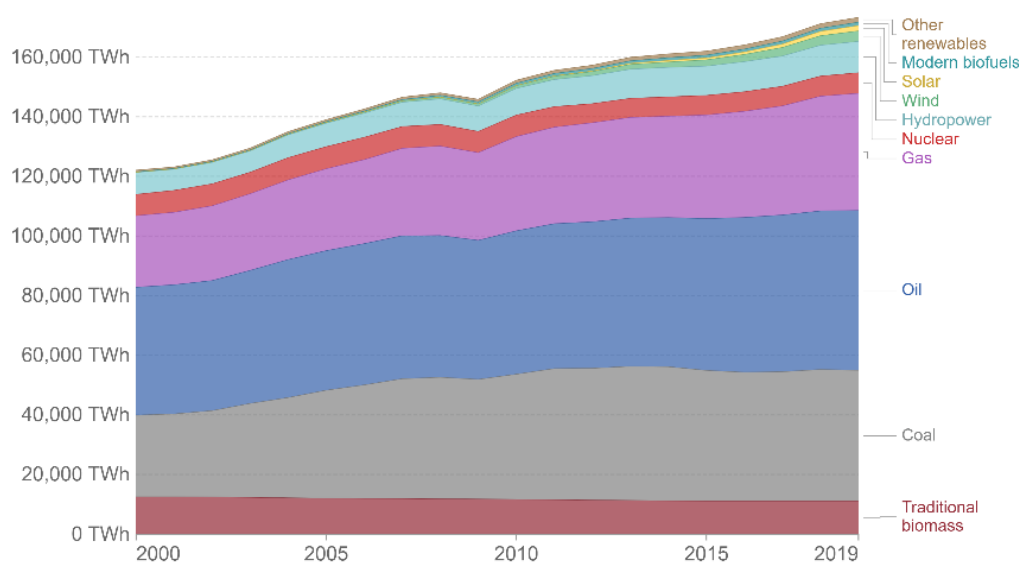


Рисунок 1 – Розвиток ВДЕ за останні 20 років

Не зважаючи на зростання встановлених потужностей відновлювальних джерел енергії (див. рис. 1), складна економічна ситуація в Україні не сприяє досягненню рівня споживання енергії з ВДЕ на рівні 27% та забезпеченню збалансованого розвитку ВДЕ, прийнятих у «Національному плані дій з відновлювальної енергетики». Найбільшу частку серед ВДЕ в Україні становлять вітрові, сонячні електростанції та ТЕЦ на біомасі. Серед країн Південно-Східної Європи технічний потенціал використання ВДЕ України є один з найбільших [1], тому потрібно розвивати відновлювальні джерела для декарбонізації енергетики, заміщення традиційних джерел енергії, через виведення з експлуатації атомних електростанцій, вугільних та газових ТЕЦ та ТЕС.

Системи централізованого теплопостачання (СЦТ) можуть скласти значну частину у декарбонізації енергетичного сектора, оскільки вони дозволяють інтегрувати ВДЕ в енергетичний комплекс, що є складним завданням на рівні окремої будівлі в міських густонаселених районах. Багато міст активно впроваджують технології ВДЕ у системі централізованого теплопостачання, але сьогодні близько 90% глобального виробництва централізованого тепла все ще залежить від викопного палива [2].

У зв'язку з цим необхідно проаналізувати потенціал використання відновлювальних джерел енергії для теплопостачання громадських та житлових будівель. Також необхідно проаналізувати шляхи зменшення негативного впливу на навколишнє середовище у сфері відновлювальної енергетики в Україні.

Мета дослідження.

Метою дослідження є аналіз сучасного стану відновлюваної енергетики в Україні, та визначення загальних тенденцій використання відновлюваних джерел енергії у галузі теплопостачання будівель для більш інтенсивного їх подальшого використання.

Матеріал і результати досліджень. Згідно «Енергетичної стратегії України на період до 2035 року «Безпека, енергоефективність, конкурентоспроможність», схваленої розпорядженням Кабінету міністрів України № 605-р від 18 серпня 2017 р. за п. 3.2. «Оптимізація та інноваційний розвиток енергетичної інфраструктури до 2025 року» щодо відновлюваних джерел енергії передбачено:

- забезпечення реалізації проєктів з децентралізації енергопостачання на місцевому рівні (на основі використання відновлюваної енергетики, «розумних мереж», підвищення енергоефективності);
- збільшення використання гео- та гідротермальної енергії при генерації теплоенергії;
- вивчення можливості та, за доцільністю, впровадження використання систем акумулювання для балансування енергетичної системи.

Різні види відновлюваних джерел енергії мають принципові відмінності, тому їх ефективне використання у приватному секторі повинно ґрунтуватись на науково розроблених принципах перетворення енергії ВДЕ у види, потрібні споживачам. У процесі впровадження заходів відновлюваної енергетики для енергозабезпечення споруд громадського призначення необхідно орієнтуватися на місцеві енергоресурси, вибираючи найбільш ефективні з них. Важливим заходом ефективного використання ВДЕ є комплексний підхід у плануванні енергетичних проєктів на основі ВДЕ для житлових і комунальних будівель. Використання ВДЕ повинне бути багатоваріантним і комплексним, що дозволить отримати оптимальний енергетичний та економічний ефект [3, 12].

Перед тим як створювати систему теплопостачання на основі ВДЕ для споруд громадського та житлового призначення, потрібно визначити енергетичний потенціал в місцевості де розташовуються споруди та провести аналіз параметрів цих джерел. Необхідно оцінити потік енергії, а потім визначити частину, яка може бути використана в енергоустановках для житлових і громадських будівель.

Основними завданнями при створенні комплексних енергосистем на основі відновлюваних джерел енергії житлових і комунальних будівель є забезпечення їх надійними акумуляторами енергії та створення ефективного допоміжного обладнання для зниження флуктуацій параметрів енергосистем і підтримання необхідних робочих параметрів, а також створення обладнання для автоматичного управління режимами їх роботи [4, 5].

Використання обладнання яке використовує сонячну енергію є позитивним з точки зору екології, дозволяє зменшити викиди шкідливих речовин та значно зменшити використання органічного палива. У сучасних низькотемпературних системах теплопостачання (до 100 °С), які застосовуються для перетворення сонячної енергії у низькопотенційну теплоту для гарячого водопостачання, опалення та інших теплових процесів, як правило використовують так звані плоский сонячний колектор, що являє собою геліоприймаючий абсорбер, по якому циркулює теплоносій. Сонячні колектори теплоізолювані з тильної та заклені з лицевої сторони. Експлуатаційні витрати на роботу системи гарячого водопостачання на базі СК мінімальні, адже електрична енергія витрачається тільки на роботу циркуляційного насосу. Наприклад, за потреби громадського закладу в 650 л/добу гарячої води, річний виробіток теплової енергії плоскими сонячними колекторами становить 8,7 МВт·год (7,5 Гкал) [6].

В областях південніше 50° північної широти витрати теплоти на гаряче водопостачання в громадських та житлових будівлях складає приблизно 60%, тому завдяки застосуванню сонячних установок для ГВП можна буде отримати значну економію при відносно невеликих витратах.

Одна з таких найпростіших термосифонних систем дозволяє організувати ефективне гаряче водопостачання у стаціонарних і автономних умовах дачних та житлових будинків, таборах відпочинку, фермах, пасовищах тощо[4]. Також перспективно застосовувати пасивні системи сонячного опалення, в них не використовується спеціальне обладнання, а самі конструкційні елементи будівель та споруджень є приймачами та акумуляторами сонячної енергії. Системи дозволяють у різних кліматичних зонах заощаджувати від 20 до 60 % традиційного палива, що витрачається на опалення. Необхідне підвищення зацікавленості виробників для впровадження і отримання економії паливно-енергетичних ресурсів.

Досить ефективним є також комплексне використання різних джерел енергії – як традиційних, так і нетрадиційних. При врахуванні всіх техніко-економічних аспектів можна досягти помітного зменшення капіталовкладень та заощадження органічного палива. Застосування сонячно-теплопомпової системи теплопостачання індивідуальних житлових будинків з вакуумними сонячними колекторами забезпечує до 65% енергоспоживання.

На початку 2022 року встановлена потужність об'єктів ВДЕ в Україні досягла 9,5 ГВт (6,4 ГВт – промислові СЕС, 1,2 ГВт – СЕС приватних домогосподарств, 1,5 ГВт – вітроелектростанцій, 0,3 ГВт – об'єкти біоенергетики, 0,1 ГВт – мала гідроенергетика).

Сектор відновлювальної енергетики розвивається з кожним роком все більше, це можливо пов'язати з переоцінкою пріоритетів країн світу. Нажаль світові інвестиції в енергетичні потужності що працюють на ВДЕ, залишаються на недостатньому рівні для суттєвого зростання частки ВДЕ. Рекордно високі ціни на природній газ і вугілля призвели до зростання цін на електроенергію і тепло. Сьогодні при нових цінах на традиційні енергоносії енергія з ВДЕ стає ще більш конкурентною на ринку генерувальних технологій. З'являється необхідність стрімкого розвитку сонячної, вітрової та іншої генерації для підвищення конкурентоспроможності сектору енергетики.

На рисунку 2 зображено світові тенденції застосування ВДЕ для теплопостачання житлових і громадських будівель, зокрема, в Україні [2].

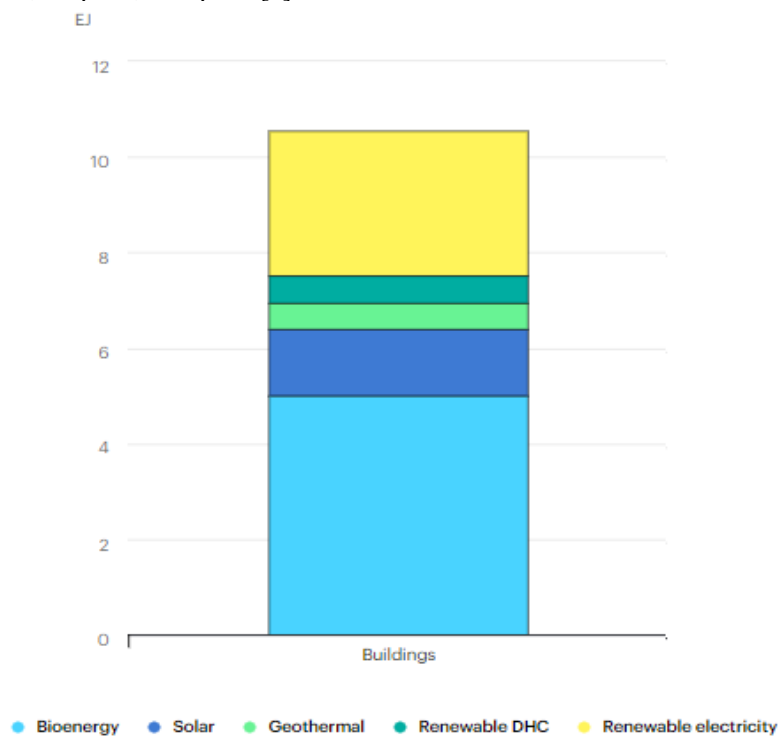


Рисунок 2 - Частка різних типів ВДЕ у загальному споживанні теплової енергії будівлями

З рисунку 2 видно що найпопулярнішим видом ВДЕ для теплопостачання будівель є біопаливо. Електрична енергія генерована ВДЕ є другою за величиною складовою теплогенерації після біопалива. Використання сонячної енергії займає третє місце та зазвичай використовується для ГВП.

Біоенергетика є лідером серед ВДЕ з генерування тепла споживаного в будівлях. Біопаливо використовується в основному в печах і твердопаливних котлах (на дровах та пелетах), а також в мережах централізованого теплопостачання. Слід зазначити, що для останніх, побутові відходи та біомаса становлять найбільшу частку ВДЕ. Близько 11% світового виробництва електроенергії використовується на опалення будівель електричними обігрівачами, котлами та тепловими насосами. Електрична енергія генерована ВДЕ є другою за величиною складовою ВДТ, котра використовується на опалення в будівлях після біопалива.

На сьогодні у світовій практиці використовується велике розмаїття теплових насосів, що відрізняються за принципом роботи. Тепловий насос можна вважати «мультиплікатором тепла», який збирає та концентрує теплову енергію, перетворюючи низькопотенційне тепло навколишнього середовища на високопотенційне тепло системи опалення будинку. Тепловий насос завжди має зовнішнє джерело тепла. Ним може бути атмосферне та витяжне повітря, ґрунт і ґрунтові води, водойми та стічні води. Показники ефективності теплових насосів відрізняються залежно від конкретних умов, у яких діє пристрій. Так, якщо використовується тепловий насос, і на ділянці глинистий ґрунт, то ефективність теплового насоса буде приблизно вдвічі вищою, ніж якби труби теплового насоса лежали в піщаному ґрунті. У зоні з м'яким кліматом можна встановити тепловий насос типу «повітря–вода», який не вимагає надмірних капітальних витрат і особливо ефективний в місцевості, де сезонні коливання температур порівняно невеликі.

Виробництво відновлюваної теплової енергії також доцільно нарощувати за рахунок впровадження геліоколекторів, особливо у південних областях України, де кількість сумарної сонячної радіації складає 1300-1400 кВт·год/м². Технічно-досяжний потенціал сонячної енергії для виробництва тепла становить, за різними оцінками, 14,5-17 млрд кВт·год/рік порохували в Держенергоефективності [7]. Теплова енергія сонячної радіації може ефективно використовуватись для гарячого водопостачання і опалення. Що стосується сонячних колекторів, то в зимовий період в більшості регіонів України вони не зможуть повною мірою забезпечити тепловою енергією на потреби опалення. Тому для наших кліматичних зон найбільш прийнятним є застосування теплових насосів.

За даними Міжнародної енергетичної агенції ВДЕ становлять значну частину в загальному постачанні первинної енергії у світі[2]. У таблиці 1 представлено загальне постачання первинної енергії в Європі[2].

Таблиця 1 - Загальне постачання первинної енергії в Європі

Країна	Разом	Вугілля	Природний газ	Ядерна енергетика	Гідро-енергетика	Вітрова, сонячна	Біопаливо, відходи	Нафта
Уся Європа	1998105	321869	514120	244092	49751	67442	174284	635011
Німеччина	311245	71414	75341	19887	1733	13407	31012	102965
Франція	247086	9891	38492	103796	4297	3579	17912	72568
Великобританія	175883	9564	67839	18327	510	5344	12414	60616
Італія	153445	9344	61549	-	3113	9331	14861	52001
Туреччина	146797	40089	44232	-	5006	10170	3032	44318
Іспанія	126014	12649	272661	15123	1615	7594	7540	53438
Польща	103845	49421	15445	-	220	1373	8145	29028
Україна	89462	25757	24554	22449	769	149	2989	12696

Згідно даних ІЕА [2] у 2019 році виробництво енергії на гідроелектростанціях становило 23430 ТДж, на вітро- сонячних електростанціях - 17831 ТДж, на біостанціях – 158 530 ТДж. Вироблена енергія з біостанцій була використана для теплопостачання громадських та житлових будівель в об'ємі 77807 ТДж, для власних потреб ТЕЦ та теплових установок – 6460 ТДж та 33064 ТДж відповідно. За даними Державного агентства з енергоефективності та енергозбереження України, встановлена потужність відновлювальних джерел енергії в країні в 2010-2019 рр. представлено в таблиці 2[7].

Таблиця 2 – Потужність відновлювальних джерел енергії в Україні за 2010-2019 роки.

Джерела	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
	Потужність, МВт									
Вітрова енергія	87	151	194	334	426	427	438	465	533	1170
Сонячна енергія	3	191	326	616	411	432	531	742	1388	4925
СЕС домогосподарств	-	-	-	-	0,1	2	17	51	157	400
Малі ГЕС	68	71	73	75	80	87	90	95	99	114
Біомаса	-	-	6	17	35	35	39	39	52	55,9
Біогаз	-	-	-	7	14	17	20	34	46	70,3
Великі ГЕС та ГАЕС	5400	5400	5400	5724	5724	6048	6048	6048	6048	6048

Як видно з таблиці 2, у 2019 р. найбільший обсяг встановленої потужності серед ВДЕ мають: ГЕС та ГАЕС – 6 048,2 МВт, сонячні електростанції – 4 925 МВт та вітрові електростанції – 1 170 МВт. За даними Української асоціації відновлюваної енергетики, починаючи з 2010 р. в розвиток ВДЕ в Україні було залучено 12,3 млрд дол. США. Рекордними за розмірами інвестицій стали 2018 та 2019 рр.: у будівництво нових об'єктів було залучено 2,4 та 4,1 млрд дол відповідно [8]. У 2020 р. у нові об'єкти ВДЕ інвестували 1,4 млрд дол. У 2020 році у 13 регіонах спостерігалось збільшення частки обсягу теплової енергії, виробленої з альтернативних видів палива або відновлюваних джерел енергії (до загального обсягу виробленої теплової енергії в регіоні за звітний період) до відповідних показників попереднього року, що призвело до збільшення загальноукраїнського показника з 15,8 до 15,9%. За підсумками 2020 року лідерами за зазначеним показником стали Рівненська (41,8%), Кіровоградська (40,4%), Волинська (34,6%), Дніпропетровська (32,7%) та Херсонська (26,5%), області [9].

У січні 2020 року Міненергодоквілля України оприлюднило проект Концепції «зеленого» енергетичного переходу України до 2050 року, де для електроенергетичної галузі України задекларовані паралельні процеси модернізації, скорочення викидів парникових газів та поступового скорочення вугільної генерації. Згідно з проектом цієї Концепції повне заміщення вугільних теплових електростанцій (ТЕС) до 2050 року відбуватиметься за рахунок розвитку сонячної і вітрової генерації та ТЕЦ на біомасі у поєднанні з новими високоманевровими генеруючими потужностями на газі, технологіями акумулювання та зберігання електроенергії для балансування енергосистеми. У 2020 році продаж теплових насосів та обладнання на ВДЕ становили понад 20% від загального обсягу установок. Тим не менш, у сценарії Net Zero по зменшенню викидів до 2050 року частка теплових насосів, низьковуглецевого централізованого опалення буде сягати 80%. На рисунку 3 зображені обладнання ВДЕ для теплопостачання, продані в світі для житлових і громадських будівель за сценарієм Net Zero у відсотках, 2010-2030 рр. [2].

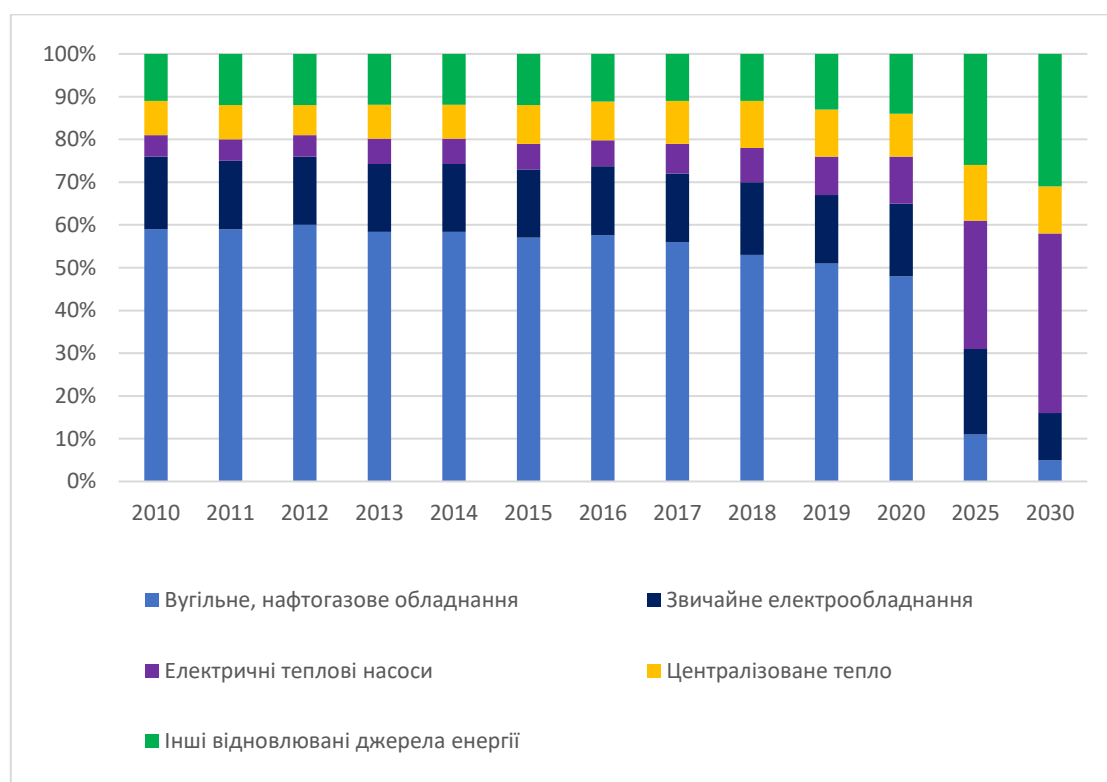


Рисунок 3 - Технології опалення, продані в світі для житлових і службових будівель за сценарієм Net Zero, 2010-2030 рр.

Як видно з рисунку 3 прогнозується поступове зменшення використання вугільного та нафтогазового обладнання та зростання використання електричних теплових насосів та інших відновлювальних джерел енергії на потреби теплопостачання.

Зміна структури паливного балансу СЦТ України призвела до зміни структури генерації теплової енергії СЦТ, яка наведена в таблиці 3.

Таблиця 3 – Прогнозна структура генерації теплової енергії (млн Гкал/рік)

Теплове джерело/Рік	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050
Котельні, ТЕС на вугіллі	11,27	10,3	8,47	6,92	5,48	3,74	3,17
Котельні, ТЕЦ на газі	45,14	43,23	36,07	29,40	24,89	21,30	16,70
Котли на біомасі	3,79	4,67	4,63	4,57	4,74	4,62	4,74
Котли на нафтопродуктах	0,53	0,42	0,27	0,15	0,04	0,00	0,00
Сонячні колектори	0,06	0,25	0,54	0,86	1,49	2,12	2,84
Теплові насоси	1,09	2,14	3,28	4,23	5,57	7,57	10,50
Електрокотли	0,28	0,44	0,54	0,48	0,48	0,65	0,90
Всього	62,2	61,4	53,8	46,6	42,7	40,0	38,8

У табл. 3 наведено річні обсяги генерації теплової енергії, які враховують її виробництво як в опалювальний, так і в неопалювальний періоди [10]. Дані з таблиці 3 свідчать про поступове зменшення генерації теплової енергії котельнями на вугіллі, газі та нафтопродуктах, а також про збільшення генерації за допомогою котлів на біомасі, сонячних колекторів та теплових насосів. У теплових джерелах у переважній більшості випадків кількість теплової енергії, яка використовується для приготування гарячої води протягом року, приблизно дорівнює кількості теплової енергії, яка іде на опалення протягом опалювального періоду. Завдяки стимулюванню заходів з утеплення, переведення існуючого опалення на використання біомаси та встановлення теплових насосів і сонячних колекторів для нагріву води в житлових та бюджетних будівлях в Чехії при теплопостачанні можлива економія споживання енергії на 1750 ГВт-год та збільшення її виробництва із відновлюваних джерел на 1027,8 ГВт-год. У результаті зменшення споживання палива в Чехії при виробництві енергії завдяки енергозбереженню населенням відбувається скорочення 1 % щорічних викидів CO₂ в атмосферу та зменшення забруднення пилом [11].

Висновки.

Згідно проведеного аналізу можна зробити висновок, що в Україні один з найбільших у Європі потенціал використання ВДЕ. Згідно «Енергетичної стратегії України на період до 2035 року «Безпека, енергоефективність, конкурентоспроможність» передбачено реалізацію проєктів з децентралізації енергопостачання та збільшення частки використання технологій ВДЕ для генерації теплової енергії.

Проаналізувавши загальне постачання первинної енергії можна зробити висновок, що Україні необхідно і надалі розвивати технології ВДЕ у галузі теплопостачання будівель і споруд. Порівнявши представлені фактичні та прогнозовані дані по генерації енергії ВДЕ можна зробити висновок, що є тренд на поступове зменшення генерації теплової енергії котельнями на вугіллі, газі та нафтопродуктах, та збільшення генерації за допомогою котлів на біомасі, сонячних колекторів та теплових насосів.

Проведений аналіз свідчить, що найпопулярнішим видом ВДЕ для теплопостачання є біопаливо та біогаз. Електрична енергія генерована ВДЕ є другою за величиною складовою теплогенерації після біопалива. Використання сонячної енергії займає третє місце та зазвичай використовується для ГВП. Згідно даних стратегії Net Zero можна зробити висновок що Україна та світ поступово будуть зменшувати використання традиційної генерації та впроваджувати сучасні технології не тільки на потреби електропостачання, а й на потреби теплопостачання.

Список використаної літератури

1. International Renewable Energy Agency. URL: <https://www.irena.org/>
2. International Energy Agency. URL: <https://www.iea.org>
3. Відновлювані джерела енергії [Електронний ресурс] : монографія / А.А. Барило та ін. ; за заг. ред. С.О. Кудрі. – Київ: Інститут відновлюваної енергетики НАНУ, 2020. – 392 с. – режим доступу: <http://elib.chdtu.edu.ua/e-books/4164>
4. Нетрадиційні та відновлювані джерела енергії / Кудря С.О. – Підручник. – Київ: Національний технічний університет України («КПІ»), 2012. – 495 с
5. Яценко Л.В. Визначення ефективності застосування комбінованих енергосистем на основі відновлюваних джерел енергії. // Технічна електродинаміка, ч. 1, Київ, 1999
6. Енергія сонця [Електронний ресурс] // – Режим доступу: <http://sae.gov.uk/ae/sunenergy>
7. Державне агентство з енергоефективності та енергозбереження України. URL: <https://sae.gov.uk/activity/plany-rozvytku>

8. Української асоціації відновлюваної енергетики URL: <https://uare.com.ua/>
9. Міністерство розвитку громад та територій України (Мінрегіон України) URL: <https://www.minregion.gov.ua/about/>
10. Тенденції розвитку системи централізованого теплопостачання України URL: http://pge.org.ua/index.php?option=com_docman&task=art_details&mid=20211&gid=600&lang=ua
11. Железний А. Огляд державного механізму стимулювання енергозбереження в муніципальних та житлово-комунальних будівлях Чехії. Національний екологічний центр України, www.nescu.org.ua. Київ. – 2012
12. Дерев'яно Д.Г. Методи оцінювання доцільності впровадження заходів з підвищення енергетичної ефективності і будівель комунальної сфери. / Дерев'яно Д.Г., Зайченко С.В., Беспала Н.Г. // *Енергетика: економіка, технології, екологія*. – 2022. – № 1. – С. 38–45. – ISSN 1813-5420.

D. Derevinko^{1,2}, Ph. D, Assoc. Prof., ORCID 0000-0002-4877-5601

N. Bospala², ORCID 0000-0002-4466-6491

I. Bohoiko¹, student, ORCID 0000-0002-6816-6352

A. Kolodiazna¹, student, ORCID 0000-0001-6840-6988

¹National Technical University of Ukraine «Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute»

²Institute of Engineering Thermophysics of NAS of Ukraine

PROSPECTS FOR USING RENEWABLE ENERGY SOURCES FOR HEAT SUPPLY OF PUBLIC AND RESIDENTIAL BUILDINGS IN UKRAINE

In this paper, an analysis of the potential of using RES for the heat supply needs of public and residential buildings in Ukraine and the world is carried out. It was determined that Ukraine has one of the largest potentials in Europe for the use of RES. An analysis of the "Energy Strategy of Ukraine for the period until 2035 "Security, energy efficiency, competitiveness" was carried out and it was concluded that there is a trend towards decentralization of energy supply and an increase in the use of RES technologies for thermal energy generation. The total primary energy supply was analyzed by types of sources and volumes of generation. On the basis of a comparative analysis of actual and projected data on RES energy generation, it was concluded that there is a trend towards a gradual decrease in thermal energy generation by coal, gas, and oil-fired boilers, and an increase in generation using biomass boilers, solar collectors, and heat pumps. Based on the analysis of the Net Zero strategy, it was concluded that Ukraine and the world will gradually reduce the use of traditional generation and introduce modern technologies not only for the needs of electricity supply, but also for the needs of heat supply.

Key words: Heat supply of buildings, renewable energy sources, thermal energy, solar energy, biofuel, biogas.

References

1. International Renewable Energy Agency. URL: <https://www.irena.org/>
2. International Energy Agency. URL: <https://www.iea.org>
3. Vidnovliuvani dzherela enerhii [Elektronnyi resurs] : monohrafiia / A.A. Barylo ta in. ; za zah. red. S.O. Kudri. – Kyiv: Instytut vidnovliuvanoi enerhetyky NANU, 2020. – 392 s. – rezhym dostupu: <http://elib.chdtu.edu.ua/e-books/4164>
4. Netradytsiini ta vidnovliuvani dzherela enerhii / Kudria S.O. – Pidruchnyk. – Kyiv: Natsionalnyi tekhnichniy universytet Ukrainy («KPI»), 2012. – 495 s
5. Iatsenko L.V. Vyznachennia efektyvnosti zastosuvannia kombinovanykh enerhosystem na osnovi vidnovliuvanykh dzherel enerhii. // *Tekhnichna elektrodynamika*, ch. 1, Kyiv, 1999
6. Enerhiia sentsia [Elektronnyi resurs] // – Rezhym dostupu: <http://saee.gov.ua/uk/ae/sunenergy>
7. Derzhavne ahentstvo z enerhoefektyvnosti ta enerhozberezhennia Ukrainy. URL: <https://saee.gov.ua/uk/activity/plany-rozvytku>
8. Ukrainskoi asotsiatsii vidnovliuvanoi enerhetyky URL: <https://uare.com.ua/>
9. Ministertsvo rozvytku hromad ta terytorii Ukrainy (Minrehion Ukrainy) URL: <https://www.minregion.gov.ua/about/>
10. Tendentsii rozvytku systemy tsentralizovanoho teplopstachannia Ukrainy URL: http://pge.org.ua/index.php?option=com_docman&task=art_details&mid=20211&gid=600&lang=ua
11. Zhelieznyi A. Ohliad derzhavnogo mekhanizmu stymuliuвання enerhozberezhennia v munitsypalnykh ta zhytlovo-komunalnykh budivliakh Chekhii. Natsionalnyi ekolohichniy tsentr Ukrainy, www.nescu.org.ua. Kyiv. – 2012
12. Derevianko D.H. Metody otsiniuvannia dotsilnosti vprovadzhenia zakhodiv z pidvyshchennia enerhetychnoi efektyvnosti i budivel komunalnoi sfery. / Derevianko D.H., Zaichenko S.V., Bospala N.H. // *Енергетика: економіка, технології, екологія*. – 2022. – № 1. – С. 38–45. – ISSN 1813-5420.

Надійшла 18.05.2022

Received 18.05.2022