

УДК 620.92

Ірина Соколовська*, канд. техн. наук, <https://orcid.org/0000-0003-1959-9837>
Олександр Тесленко, канд. техн. наук, ст. досл., <https://orcid.org/0000-0002-3772-5991>
Володимир Дерій, канд. техн. наук, ст. наук. співр., <https://orcid.org/0000-0002-5689-4897>
Інститут загальної енергетики НАН України, вул. Антоновича, 172, Київ, 03150, Україна
*Автор-кореспондент: is2002@ukr.net

ПЕРЕШКОДИ ВПРОВАДЖЕННЮ ТЕПЛОВИХ НАСОСІВ У ЦЕНТРАЛІЗОВАНОМУ ТЕПЛОПОСТАЧАННІ

Анотація. Теплові насоси на сьогодні визнані однією з технологій, що найбільше сприяють декарбонізації майже всіх сфер життєдіяльності сучасного суспільства, особливо промисловості та енергетики. Інтеграція теплових насосів у централізоване теплопостачання розглядається як реалізація технології відновлюваної енергетики, яка дозволить Європейському Союзу (ЄС) досягти своїх амбітних цілей енергетичної та кліматичної політики розвитку сталого суспільства. Метою цієї статті є аналіз та систематизація досвіду ЄС щодо подолання перешкод впровадженню теплонасосних технологій в системах централізованого теплопостачання та визначення можливостей його застосування в Україні. З'ясовано, що неможливо забезпечити універсальну інтеграцію теплових насосів у централізоване теплопостачання для усіх членів ЄС і для кожної країни ЄС необхідний індивідуальний аналіз з урахуванням всіх технічних та екологічних аспектів. Перешкоди широкомасштабному впровадженню теплонасосних технологій в централізоване теплопостачання мають комплексний характер. Комплексні перешкоди вимагають інтегрованого підходу, який одночасно усуває ці перешкоди і передбачає прямі стимули, непрямі податки, технічні стандарти, будівельні норми, освіти тощо. Аналіз досвіду країн ЄС (фінансова підтримка, освіта та навчання, пільгові тарифи на електроенергію для роботи теплових насосів, норми ЄС щодо енергоефективності будівель, директива ЄС щодо відновлюваних джерел енергії тощо) дозволив ідентифікувати перешкоди широкому впровадженню теплових насосів в централізованому теплопостачанні. Основними з таких перешкод є висока початкова вартість теплонасосного обладнання, висока вартість електроенергії, висока вартість приєднання до електричних та теплових мереж, недостатнє державне стимулювання, відсутність вітчизняного виробництва теплових насосів та висококваліфікованого персоналу для їх впровадження. Запропонованими основними запобіжними заходами для подолання цих перешкод є створення державної програми стимулювання впровадження теплових насосів; законодавча підтримка, спрямована на прискорення впровадження теплових насосів; створення фінансових стимулів для їх впровадження; державне стимулювання виробництва теплонасосного обладнання та професійної підготовки експлуатаційного персоналу. Ця стаття спрямована на обговорення напрямів формування ефективних законодавчих та нормативно-правових заходів комплексного стимулювання широкомасштабного впровадження теплових насосів в централізоване теплопостачання України.
Ключові слова: теплові насоси, відновлювані джерела енергії, централізоване теплопостачання, впровадження, перешкоди, подолання.

1. Вступ

Теплові насоси (ТН) на сьогодні визнані однією з технологій, що найбільше сприяють декарбонізації майже всіх сфер життєдіяльності сучасного суспільства, особливо промисловості та енергетики. У світі відбувається активне впровадження ТН. Міжнародною агенцією з відновлюваної енергії (англ. The International Renewable Energy Agency – IRENA) прогнозується сталий розвиток світового суспільства з масштабним залученням відновлюваних джерел енергії (ВДЕ) [1, 2]. За даними Європейської асоціації теплових насосів (англ. The European Heat Pump Association – ЕНРА), у Європі тільки за 2022 р. продаж ТН зріс на майже 38 % і досяг приблизно 3 млн одиниць, а загальна кількість задіяних ТН досягла близько 20 млн одиниць, які використовуються для опалення майже 16 % житлових та комерційних будівель у Європі [3].

Дорожня карта Європейського Союзу (ЄС) щодо низьковуглецевого розвитку систем централізованого теплопостачання (СЦТ) до 2050 р. (англ. The Heat Roadmap Europe – HRE 2050) [4–6] передбачає широкомасштабне впровадження електричних ТН тепловою потужністю понад 1 МВт в СЦТ, зокрема збільшення частки СЦТ до 50 % від загального попиту на теплову енергію до 2050 р., де приблизно 25–30 % цього обсягу постачатиметься за допомогою ТН. ТН в СЦТ можуть забезпечувати регулювання електричного навантаження енергосистеми і є вигідними у разі безперервної роботи за стабільного електропостачання. Однак наявні потужні ТН не розраховані для гнучкого регулювання, яке передбачало б експлуатацію з численними пусками – зупинками ТН. Також зазначено, що потужні ТН можуть використовуватися як для централізованого опалення, так і для централізованого охолодження. В ЄС потенціал усіх джерел теплоти для ТН оцінюється у 40 ГВт. Основними перешкодами для впровадження потужних ТН в СЦТ вважаються політичні (регуляторні) обмеження, які не дають ТН переваги порівняно з іншими технологіями. Зокрема, це енергетичний ринок без вуглецевих штрафів, субсидії на біомасу та викопне паливо, а також, оскільки на ТН для СЦТ не поширюються податкові пільги або субсидії, як на інші технології, їх інвестиційні витрати зрештою вищі, ніж у їхніх технологічних конкурентів. Перешкодами є й брак знань користувачів або їх бажання залишатися технологічно нейтральними. Також це може бути відсутність джерел надлишкової теплоти в достатній близькості до споживачів теплової енергії та мереж СЦТ.

В роботі [7] зазначено, що інтеграція ТН у СЦТ розглядається як реалізація технології відновлюваної енергетики, яка дозволить ЄС досягти своїх майбутніх цілей енергетичної та кліматичної політики, зокрема скоротити викиди парникових газів на 1,25 млрд тон до 2050 року. Для цього необхідно впровадити конкретну політичну платформу у сфері інтеграції ТН у СЦТ. Європейський досвід показав, що з 2000-х років до наших днів впровадження ТН почало зростати більш високими темпами внаслідок низки причин: фінансова підтримка, освіта та навчання, пільгові тарифи на роботу ТН, норми ЄС щодо енергоефективності будівель, директива ЄС щодо ВДЕ тощо. Визначено, що критичним фактором є стабільність щодо рушійних сил законодавчої, енергетичної та кліматичної політик. З'ясовано, що неможливо забезпечити універсальну інтеграцію ТН у СЦТ для усіх членів ЄС і для кожної країни ЄС необхідний індивідуальний аналіз з урахуванням всіх технічних та екологічних аспектів.

В Україні використання ТН як в індивідуальному домогосподарстві, так і в централізованому теплопостачанні передбачається основними стратегічними документами щодо розвитку енергетики країни [8, 9] і стає все більш актуальним з огляду на сучасні умови функціонування енергетики під час воєнної агресії. Актуальність цього дослідження обумовлена, насамперед, високим рівнем розвитку СЦТ в Україні, який досягає 52 %. В [10] визначено значний економічно доступний енергетичний потенціал виробництва теплової енергії ТН в СЦТ від різних джерел низькопотенційної теплоти (ДНТ) як за регіонами України, так і для країни в цілому. Станом на 2020 р. цей енергетичний потенціал для СЦТ України дорівнює 62,601 млн Гкал/рік (262,1 ПДж/рік): 22,2 % забезпечується природними ДНТ (теплота повітря (2,2 %), води річок (16,9 %) та ґрунту і ґрунтових вод (3,1 %)) та 77,8 % – антропогенними ДНТ (теплота вентиляційних викидів будівель (43,0 %), які приєднані до СЦТ, стічних каналізаційних вод (9,7 %), димових газів котелень та ТЕЦ (14,3 %), води охолодження технологічних процесів (10,8 %)).

2. Постановка завдання

Метою цієї статті є аналіз та систематизація досвіду ЄС щодо подолання перешкод впровадженню теплонасосних технологій в системах централізованого теплопостачання та визначення можливостей його застосування в Україні.

3. Основна частина

У всіх країнах світу під час впровадження ТН виникають перешкоди, які ретельно досліджуються, та розробляються відповідні запобіжні заходи для їх подолання. Ці питання розглядаються в багатьох публікаціях, зокрема в роботах [11–14].

Так, на вебінарі [15] щодо впровадження в ЄС промислових ТН на прикладі Франції, Нідерландів, Данії та Ірландії визначено, що основною перешкодою для їх використання є високі ціни на електроенергію порівняно з цінами на газ. Пропонується утримувати ціни на електроенергію нижчими за ціни на газ для стримування експлуатаційних витрат, навіть у країнах, де діють знижені ставки ПДВ, субсидії або знижки на ТН. Крім того, в кожній країні існують й інші перешкоди.

У Франції чинними є кілька схем і програм стимулювання декарбонізації промисловості, проте не всі вони охоплюють ТН, а стимули не сприяють їхньому розвитку, оскільки ТН вважається просто обігрівачем, а не унікальною системою. Забагато правил і невизначене рішення стосовно переваг фторвмісних газів щодо природного газу. Проблемою є й брак фахівців для роботи з тепловими насосами. На ринок ТН сильний вплив має законодавство на європейському та місцевому рівнях, оскільки від цього залежать початкові інвестиції. Тому необхідно збільшити державну підтримку для встановлення чіткішої політики та кращих критеріїв стимулювання, що дасть змогу мінімізувати вплив інфляції на споживачів і підготувати фахівців зі встановлення та обслуговування ТН [15, 16].

У Нідерландах ТН залучені до Схеми стимулювання сталого виробництва енергії та зміни клімату (SDE++), яка передбачає субсидії компаніям і некомерційним організаціям, що виробляють енергію з відновлюваних джерел або скорочують викиди парникових газів у великих масштабах. Застосовується ця схема преміального субсидування збиткової складової експлуатації, де субсидія обмежена базовою ціною [15, 17].

У Данії ряд довгострокових політичних угод щодо «зеленого переходу» зумовили структурні зміни, які призвели до зменшення енергоспоживання з підвищенням енергоефективності. Податки на споживання енергії розрізняються щодо опалення, виробництва та інших видів використання енергії; введено податки на викиди CO₂ для промислового споживання енергії, новий податок – з 2025 року; екологічні податки на паливо передбачають податки на викиди NO_x, SO_x, CH₄. На сьогодні одними з найкращих практик в Данії визнано ТН для технологічного теплозабезпечення та централізоване теплопостачання [15, 18].

В Ірландії, як і в інших країнах ЄС, найбільшою проблемою щодо впровадження потужних ТН є усунення таких перешкод, як розбіжність цін на електроенергію та природний газ і відсутність навичок роботи з ТН. Пропонується регіональна підтримка декарбонізації, зниження витрат на підключення до мережі, фінансові й технічні стимули та підтримка [15, 19].

Досвід Литви, де централізоване теплопостачання охоплює понад 55 % загального теплового ринку, показав, що використання ТН для опалення є доцільним за наявності субсидій, що покривають від 40 % до 100 % початкових витрат тільки в нових або термореконструйованих багатоквартирних будинках [20].

Дослідження [21] довело, що країни Балтії, загальною рисою яких є добре розвинені СЦТ, що охоплюють більшість міст і постачають понад 50 % тепла для опалення, мають величезний потенціал у сфері ТН і централізованого опалення з використанням відновлюваних джерел енергії: промислового надлишкового тепла до 5600 ГВт-год на рік, теплоти димових газів теплових установок – до 1800 ГВт-год, також важливим джерелом низькопотенційної теплоти є очищена стічна вода з очисних споруд каналізаційних систем. Прогнозується, що у 2050 р. ТН забезпечуватимуть понад 50 % попиту на централізоване опалення, а якщо субсидувати інвестиції в ТН – до 70 %. Перешкодами впровадженню потужних ТН є мережеві тарифи, високі температури централізованого опалення, брак досвіду та недостатня комунікація між забудовниками міста, компаніями з централізованого теплопостачання та «власниками» відповідних джерел тепла. В той же час інвестиції в ТН та високі ціни на біомасу визнані як можливості для підтримки впровадження ТН [21, 22].

У дослідженні [23] окрім технічних перешкод визначено, що важливим фактором для впровадження ТН є вартість електроенергії, причому не лише ціна на електроенергію на оптовому ринку, але й тарифи на передачу, розподіл електроенергії, зобов'язання з надання комунальних послуг та можливі податки. У 2017 р. поточні мережеві тарифи на електроенергію в країнах Балтії коливалися

від 18 до 48 євро/МВт·год. Вартість залежить від розташування ТН у мережі та можливості гнучкого їх використання. Добре керовані ТН можуть зменшити перевантаження локальної мережі, що передбачає низькі економічні витрати на транспортування електроенергії. Визначення належного рівня тарифу є особливо важливим, якщо він впливає на вибір технологій і видів палива. Чинне законодавство щодо тарифів на розподіл і передачу електроенергії може бути серйозною перешкодою для використання ТН для централізованого опалення. Пропонується встановити пільгові тарифи на електроенергію, що використовується для роботи ТН (з обліком електроенергії, що подається на компресор). Ці питання вирішуються, зокрема, у Литві та Данії. Вказане дослідження показало, що використання ТН у системі централізованого опалення не буде економічно ефективними, якщо застосовується мережевий тариф 30 євро/МВт·год (або більше).

Взагалі визначають технічні, ринкові, політико-інституційні та поведінкові перешкоди.

Технічні перешкоди під час впровадження ТН можна поділити на наступні основні групи, які обумовлені технічними та технологічними особливостями складових даних систем, а саме: безпосередньо ТН, джерела низькопотенційної теплоти, теплові та електричні мережі, а також умови споживання теплової енергії. Технічні перешкоди та заходи для їх подолання докладно описано в роботах [12, 24].

В роботі [13] запропоновано класифікацію основних нетехнічних перешкод, а саме: 1) ринкові перешкоди: початкова вартість; експлуатаційні витрати; ризик (реальний та/або передбачуваний); розділені стимули; неточна/недостатня інформація; дефіцит знань та потужностей галузі; 2) поведінкові перешкоди та перешкоди споживчих переваг: довіра/надійність; споживча інерція; фактор труднощів; естетичні уподобання; 3) політико-інституційні перешкоди: недостатнє фінансування та стимулювання; розгалужене традиційне використання природного газу; контроль орендної плати; проблеми підключення до електричних та теплових мереж.

Ринкові перешкоди [13, 14] – це будь-який ринковий фактор, що гальмує використання ТН. Основними є початкові витрати, операційні витрати та ризики.

Висока початкова вартість (капітальні витрати) є основною перешкодою для нових технологій, у тому числі й ТН. Витрати на їх впровадження потребують значних фінансових інвестицій.

Дослідження щодо потужних ТН, проведені у [25], показали, що загальні інвестиційні витрати для різних джерел низькопотенційної теплоти призводять до високих питомих загальних інвестиційних витрат (млн євро/МВт) для потужностей нижче 4 МВт через високі початкові витрати на проект впровадження ТН. Питомі загальні витрати на впровадження ТН тепловою потужністю від 4 МВт до 10 МВт зменшуються лише незначно. Характерні питомі загальні інвестиційні витрати для проектів ТН різних теплових потужностей наведено в табл. 1.

Таблиця 1. Питомі загальні інвестиційні витрати для проектів ТН залежно від ДНТ та теплової потужності ТН, млн євро/МВт [25]

Потужність ТН	Відхідний газ	Стічні води	Надлишкова теплота промислових процесів	Підземні води	Повітря
0,5 МВт ≤ та < 1 МВт	0,63–0,53	1,91–1,23	1,30–0,97	1,72–1,18	1,12–0,90
1 МВт ≤ та < 4 МВт	0,53–0,46	1,23–0,72	0,97–0,72	1,18–0,77	0,90–0,73
4 МВт ≤ та ≤ 10 МВт	0,46–0,44	0,72–0,62	0,72–0,67	0,77–0,69	0,73–0,70

Відносна економія, пов'язана з експлуатаційними витратами, буде залежати не тільки від джерела енергії ТН, а також наявних у регіоні інших джерел енергії (електроенергії, природного газу), витрати на які різні. Під час роботи ТН з електричним приводом в СЦТ буде використано менше газу, але більше електроенергії. Якщо вартість електроенергії висока, а коефіцієнт перетворення ТН низький, то експлуатаційні витрати можуть бути більшими, ніж для традиційних технологій.

Ризики можуть включати проблеми, пов'язані з прихованими витратами або коливанням цін на енергію, а також технологічні ризики (недосконала технологія, недостатньо глибокі передпроектні дослідження). Ризик прихованих витрат зазвичай називають ризиком модернізації. У разі модернізації СЦТ з використанням ТН відбувається часткове заміщення газових котлів, а відповідно, зменшення використання природного газу та збільшення використання електроенергії. При суттєвій волатильності цін на ці енергоносії виникають ризики недоотримання запланованого прибутку.

В дослідженні [14] показано аспекти і проблеми на рівні енергопостачальника, міста, регіону, країни та ЄС в цілому, які розглядалися для подолання різних видів перешкод впровадженню ТН в СЦТ, а саме: 1) споживачі – проз’юмери, міські електростанції, орієнтація на обслуговування та комфорт (вимоги до охолодження), нові моделі бізнесу та тарифів, забезпечення; 2) суспільство та політика – демографічні зміни, декарбонізація, закон про енергоефективність; 3) ринок – висока волатильність, поєднання гнучкості / балансування ринків енергії, зона цін на електроенергію, динаміка цін на енергоносії (нафту, газ тощо); 4) технології та інновації – цифровізація та розумні мережі та будинки, енергоефективність і енергозбереження, електрична мобільність.

Досвід впровадження та використання ТН з’ясував, що окремі перешкоди суттєво взаємопов’язані [13, 14]. Щоб заохотити широкомасштабне впровадження ТН та інших низьковуглецевих технологій, потрібно шукати інтегрований підхід, який одночасно усуває перешкоди. Комплексні перешкоди вимагають інтегрованого підходу, включаючи прямі стимули, непрямі податки, технічні стандарти, будівельні норми, освіту тощо [13].

Визначені у [14] перешкоди та запропоновані відповідні рішення із доопрацюванням авторів цієї статті представлено в табл. 2.

Таблиця 2. Перешкоди впровадженню ТН в СЦТ та рішення для їх подолання [14]

Соціальні перешкоди		Соціально-економічні перешкоди	
Перешкода	Рішення	Перешкода	Рішення
Зміна політики (потрібні довгострокові стратегії) Зміни в системі (технології, система розподілу тощо) Відсутність довіри Політика (фінансування інших технологій, крім ТН)	Енергетична політика / Енергетичне планування Зниження шкідливих викидів (забруднення повітря) Участь місцевих громад Поступова відмова від викопного палива (зниження викидів CO ₂) Системне мислення (замикання енергетичних циклів)	Субсидії на викопне паливо	Циркулярна енергетична економіка (належне проектування системи Справедливе ціноутворення (інтерналізація)
Соціально-технічні перешкоди		Економічні перешкоди	
Перешкода	Рішення	Перешкода	Рішення
Брак знань	Освіта та навчання (стосовно технології) Настанови та описи (як використовувати, встановлювати ТН тощо)	Ціни на електроенергію та паливо Інвестиційні витрати (витрати та географічна близькість джерел теплоти)	Теплопостачання та охолодження (одночасно) Гнучкість (балансуючий ринок)
Технічні перешкоди		Техніко-економічні перешкоди	
Перешкода	Рішення	Перешкода	Рішення
Наявність технічних вимог (високотемпературне застосування)	Стандартизація (науково-дослідні роботи, рішення, взаємодія)	Доступність ТН (відсутня загальна база даних) Доступність джерел теплоти (розташування, час тощо)	Розширення потужностей Вища ефективність (ТЕЦ, мережі тощо) Зменшення втрат (під час генерації, в мережі тощо)
Соціально-економіко-технічні перешкоди			
Перешкода		Рішення	
Просторове планування (як правило, без урахування наявних (доступних) джерел тепла)		Перспективні плани розвитку населених пунктів як енергонезалежних територіальних громад	

Політика та законодавство є найбільш часто використовуваним механізмом подолання перешкод впровадженню ТН, якому в ЄС приділяється велика увага. Ринок ТН покладається на життєво важливу політичну та законодавчу підтримку, спрямовану на прискорення його зростання: набір інституційних та фінансових субсидій / стимулів для підвищення енергоефективності та використання відновлюваних джерел енергії на національному рівні та на рівні ЄС [26].

Сучасна Стратегія ЄС (2020 р.) щодо інтеграції енергетичних систем (секторної інтеграції) передбачає зв’язок різних носіїв енергії (електроенергії, тепла, холоду, газу, твердого та рідкого палива) між собою та з секторами кінцевого використання, такими як будівлі, транспорт чи промисловість. Це надасть можливість оптимізувати енергетичну систему в цілому, а не

декарбонізувати та окремо підвищувати ефективність у кожному секторі. Зазначена Стратегія ЄС включає різні існуючі та нові технології, процеси та бізнес-моделі, такі як інформаційно-комунікаційні технології та цифровізація, інтелектуальні мережі й лічильники та ринки гнучкості. Інтегрована система також має бути «багатоспрямованою» системою, в якій споживачі відіграють активну роль у постачанні енергії [27, 28]. Досвід законодавчої підтримки участі споживачів у роботі енергосистем на міжнародному рівні та в різних країнах світу описано в роботі [29]. За прогнозами, перехід до більш інтегрованої енергетичної системи зменшить валове внутрішнє споживання ЄС на третину до 2050 р., одночасно підтримуючи збільшення ВВП на дві третини [30, 31].

Інтеграція енергосистем базується на трьох концепціях, які доповнюють і підсилюють одна одну [31]:

1) В основі інтегрованої енергосистеми лежить енергоефективність. Додатковим потенціалом є повторне використання відпрацьованого тепла промислових процесів (сьогодні 29 % промислового попиту на енергію розсіюється у вигляді відхідного тепла), центрів обробки даних або енергії, виробленої з біовідходів або на очисних спорудах.

2) Більша безпосередня електрифікація секторів кінцевого використання. Швидке зростання та економічна конкурентоспроможність виробництва електроенергії з ВДЕ може обслуговувати зростаючу частку попиту на енергію – наприклад, з використанням ТН для обігріву приміщень або для низькотемпературних промислових процесів, електромобілів для транспорту чи електричних печей у деяких галузях промисловості.

3) Використання відновлюваних і низьковуглецевих видів палива, включаючи водень, для кінцевих потреб, де централізоване опалення чи електрифікація неможливі, неефективні або вимагають більших витрат.

ТН мають великий потенціал щодо повторного використання тепла. Гібридні ТН (ТН у поєднанні з котлом) та інтелектуальне централізоване тепlopостачання також надають можливості для арбітражу між ринками електроенергії та газу [31].

Директиви про енергоефективність [32, 33] та відновлювану енергію [34] вже містять положення, спрямовані на цей потенціал теплової енергії, але існує необхідність подальшого зміцнення нормативно-правової бази для усунення бар'єрів, що перешкоджають більш широкому застосуванню цих рішень. Цими бар'єрами є недостатня обізнаність та знання про ці рішення, небажання компаній вступати у новий бізнес, що не є їх основною діяльністю, відсутність нормативно-правових та договірних умов для розподілу витрат та вигод від нових інвестицій та бар'єри, пов'язані з плануванням, транзакційні витрати та цінові сигнали [31].

Оскільки ТН визнані технологією, що використовує відновлювану енергію, то вони підпадають під дію законодавчих та регуляторних актів стосовно відновлюваної енергії, отже розроблений в ЄС новий механізм фінансування використання відновлюваних джерел енергії безпосередньо вплине на швидше впровадження ТН [35].

В будівлях, як очікується, електрифікація буде відігравати центральну роль, зокрема, шляхом впровадження ТН для опалення та охолодження приміщень. У житловому секторі частка електроенергії в попиті на опалення має зрости до 40 % до 2030 року і до 50–70 % до 2050 року; у секторі послуг очікується, що ця частка становитиме близько 65 % до 2030 року та 80 % до 2050-го року. Великі ТН відіграватимуть важливу роль у централізованому опаленні та охолодженні [31]. На початок 2024 року в ЄС залишаються проблеми з впровадженням ТН в будівлях, зокрема високі початкові витрати, недостатній розвиток інфраструктури, слабка обізнаність громадськості та брак інсталляторів і фахівців загалом [36].

Директива про енергоефективність [37] і Директива щодо енергоефективності будівель [38] вже забезпечують стимули для споживачів, але цього недостатньо для повного ланцюга поставок. Найважливішою перешкодою є відносно вищий рівень податків та зборів, що застосовуються до електроенергії, та більш низькі рівні оподаткування для викопного палива (нафти, газу та вугілля), яке використовується у секторі опалення, що призводить до відсутності рівних умов. Іншими перешкодами

є планування непридатної інфраструктури, будівельні норми та стандарти продукції, відсутність кваліфікованої робочої сили для встановлення та обслуговування, відсутність державних та приватних інструментів фінансування та відсутність інтерналізації витрат на викиди парникових газів під час використання палива для опалення. Це призводить до низького коефіцієнта заміщення запасів викопного палива для теплопостачання в ЄС, низького рівня розвитку та модернізації мереж централізованого теплопостачання / охолодження та низьких темпів реконструкції будівель [31]. Удосконалена Директива про енергоефективність (ЄС) 2023/1791 запроваджує низку заходів для прискорення підвищення енергоефективності, зокрема, сприяє планам місцевого опалення в муніципалітетах з населенням понад 45 000 жителів зі створенням «єдиного вікна» та нарощування потенціалу серед місцевих органів влади [36].

На додаток до регулятивних заходів існують фінансові стимули або субсидії, які можуть надаватися як на рівні ЄС, так і на національному рівні для сприяння застосуванню ТН у будівлях. Так, на сьогодні в ЄС фінансується ряд проєктів з різних програм ЄС, наприклад: Street-HP Reno щодо розроблення підходів колективних закупівель ТН для окремих будинків у масштабі цілих вулиць із залученням відповідних зацікавлених сторін, таких як місцева влада, житлові організації та мешканці; SOHEAT2 щодо ТН для локального опалення кількох будівель, об'єднаних в мікромережу, та централізоване опалення в поєднанні з енергооновленням будівель з урахуванням місцевого контексту [36].

Промисловість ТН, завдяки своїм ефективним і відновлюваним рішенням, може значно сприяти зусиллям щодо зменшення споживання енергії в будівлях та досягненню цілей nZEB (будівель з майже нульовим споживанням енергії). Для цього необхідно: зробити ТН найкращою технологією при модернізації будівель; підвищити темпи реконструкції та якість оновлених будівель, де ТН можуть забезпечити оптимальний тепловий комфорт; підтримати включення якості повітря в приміщенні до переглянутої Директиви 2010/31/EU (EPBD) (цього можна досягти за допомогою ТН); зміцнити фінансові інструменти для просування екологічної та цифрової економіки [39].

У **промисловості**, де тепла енергія становить понад 60 % енергоспоживання, ТН можуть допомогти декарбонізувати низькотемпературне теплопостачання, а також можуть бути поєднані з ефективною рекуперацією відпрацьованого тепла. Розробляються й інші технології для нагрівання за більш високих температур (наприклад, мікрохвильового або ультразвукового) та процесів електризації за допомогою електрохімії. Перешкодами для впровадження є відсутність інформації та тривалий термін окупності через високу ціну електроенергії порівняно з газом та високу вартість зменшення викидів, пов'язану з цими технологіями, порівняно з поточними цінами на парникові гази. Зміни у виробничому процесі, що призводять до підвищення витрат, також можуть вплинути на конкурентоспроможність секторів. Крім того, інтеграція новітніх технологій електрифікації у промислові процеси потребує навчання та нових навичок з проєктування, монтажу, налагоджування та експлуатації ТН систем [31].

Інтеграція енергетичних систем передбачає розвиток складових енергетичної інфраструктури, зокрема сучасних **низькотемпературних СЦТ**, оскільки вони можуть пов'язати місцевий попит із ВДЕ та джерелами відпрацьованої енергії, а також ширшою електричною та газовою мережею, що сприяє оптимізації попиту та пропозиції енергоносіїв. На мережі СЦТ в ЄС припадає 12 % загального кінцевого споживання енергії для опалення та охолодження, але вони значною мірою сконцентровані в кількох державах-членах, і лише обмежена частка з них є високоефективними та заснованими на широкому використанні ВДЕ [31].

Мета екологічної політики ЄС – досягти кліматично нейтрального суспільства, утримуючи глобальне підвищення температури на рівні значно нижчому 2°C, та докласти зусиль для утримання її на рівні 1,5°C [40, 41]. Відповідно, держави-члени ЄС мають розробити національні довгострокові стратегії для досягнення скорочення викидів парникових газів, необхідних для виконання своїх зобов'язань. Промисловість ТН побічно виграє від цілей щодо скорочення викидів парникових газів (але також щодо ВДЕ та енергоефективності) та підтримує їх, оскільки технології ТН на сьогодні

пропонують рішення для досягнення цих цілей. Для цього необхідно впровадити механізм ціноутворення на викиди вуглецю, який би поставив електричні ТН на один рівень із усіма постачальниками теплової енергії [42].

У 2015 р. в ЄС ухвалено «пакет циркулярної економіки», тобто економіки замкнутого циклу. Згідно з цим пакетом Європейська комісія має сприяти ремонтпридатності, модернізації, довговічності та можливості вторинної переробки шляхом розроблення вимог до продукції, що має відношення до циркулярної економіки, у її подальшій роботі відповідно до Директиви про екодизайн [43]. У зв'язку з цим Європейська комісія оголосила про намір підвищити ефективність нинішніх рамок екодизайну для продуктів, пов'язаних з енергетикою. Це означає, що європейські організації зі стандартизації повинні будуть розробити нові стандарти, які потенційно можуть вплинути на промисловість ТН, оскільки тепловий насос – коли він відновлює енергію – закриває енергетичні цикли, що є частиною циркулярної економіки. Також пропонується змінити термінологію з «відпрацьованого тепла / холоду» на «циркулярне тепло / холод» [44].

З 2018 р. в ЄС на практиці впроваджується «стале фінансування», тобто фінансування для підтримки економічного зростання, що одночасно зменшує тиск на навколишнє середовище (пом'якшення наслідків та адаптацію до зміни клімату) та враховує соціальні аспекти та аспекти управління (англ. Environmental, Social, and Corporate Governance – ESG), а також прозорість щодо ризиків, пов'язаних з факторами ESG, які можуть вплинути на фінансову систему. Стале фінансування має підтримувати Європейський зелений курс, спрямовуючи приватні інвестиції на перехід до кліматично нейтральної економіки як доповнення до державних коштів. Для сталого розвитку Європи важливо, щоб ТН належним чином визнавались «стійкою діяльністю», аби направляти приватні інвестиції туди, де це необхідно. Для цього потрібно: видалити непотрібні обмеження потенціалу глобального потепління (англ. Global Warming Potential – GWP, коефіцієнт, що визначає ступінь впливу різних парникових газів на глобальне потепління), які можуть зменшити розгортання ТН, і замість цього звернутись до Регламенту щодо викидів фторованих парникових газів [45]; оцінити та відреагувати на остаточну редакцію Регламенту [46].

В Україні річний технічно досяжний енергетичний потенціал використання енергії доквілля за допомогою ТН становить 18,0 млн. т у.п. [47], але впровадження ТН стикається з такими самими проблемами, як і в країнах ЄС. Головною перешкодою на шляху широкомасштабного впровадження ТН залишаються високі початкові капіталовкладення. Суб'єктивними причинами, що гальмують впровадження ТН в Україні, є, зокрема, протиріччя між інтересами енерговиробників, зацікавлених у максимальному збільшенні обсягу продажів енергоресурсів, та інтересами споживачів, зацікавлених у мінімізації своїх витрат. Масове впровадження ТН призведе до зниження генерації теплоти з органічного палива, а також негативно вплине на підприємства комунальних теплових мереж внаслідок зменшення обсягів продажі теплової енергії [48].

Використання ТН визначено одним зі шляхів досягнення мети державної програми України з енергоефективності та розвитку ВДЕ [49], що передбачає удосконалення законодавства та системи стандартизації у сфері енергоефективності, відновлюваних джерел енергії та альтернативних видів палива, зокрема адаптацію національного законодавства до законодавства ЄС; розроблення типових проєктів зі встановлення ТН; реалізацію проєктів з впровадження технологій використання ТН на об'єктах комунальної форми власності і соціальної сфери тощо. Стимулювання: ТН, включаючи вартість їх встановлення, належать до енергоефективного обладнання, технологій, матеріалів, що впроваджуються із застосуванням механізму компенсації процентів у визначеному розмірі за користування кредитами, отриманими позичальниками у фінансових установах, і відповідних робіт.

Сьогодні в Україні активно проводиться робота з вдосконалення законів та впровадження відповідних нормативних документів з метою адаптації українського законодавства до європейського з питань відновлюваної енергетики та виконанню зобов'язань України перед Енергетичним співтовариством. Тому вирішення зазначених вище питань на рівні ЄС відповідним чином буде відображено в законодавчих та нормативних документах України.

Підсумкову інформацію щодо перешкод широкому впровадженню ТН та запобіжні заходи для їх подолання показано в табл. 3.

Таблиця 3. Перешкоди широкому впровадженню ТН та запобіжні заходи для їх подолання

Перешкоди	Запобіжні заходи
Ринкові перешкоди:	
- висока початкова вартість	Створення Державної програми стимулювання впровадження ТН
- операційні витрати	Вибір ТН з високим коефіцієнтом перетворення (> 3,5), можливість корегування тарифів на теплову енергію у разі збільшення ціни на електроенергію
- ризики	Вибір перевіреного виробника ТН та постачальників допоміжного обладнання, глибокі передпроектні дослідження
Поведінкові перешкоди та перешкоди споживчих переваг	Просвітницька діяльність, демонстраційні проекти
Політико-інституційні перешкоди	Політична та законодавча підтримка, спрямована на прискорення впровадження ТН – інституційні та фінансові стимули на національному рівні

4. Висновки

Аналіз досвіду країн Європейського Союзу дозволив ідентифікувати перешкоди широкому впровадженню теплових насосів у системи централізованого теплопостачання. Основними з таких перешкод є висока початкова вартість теплонасосного обладнання, висока вартість електроенергії, висока вартість приєднання до електричних та теплових мереж, недостатнє державне стимулювання, відсутність вітчизняного виробництва теплових насосів та висококваліфікованого персоналу для їх впровадження. Запропонованими основними запобіжними заходами для подолання цих перешкод є створення Державної програми стимулювання впровадження теплових насосів; законодавча підтримка, спрямована на прискорення впровадження теплових насосів; створення фінансових стимулів для їх впровадження; державне стимулювання виробництва теплонасосного обладнання та професійної підготовки експлуатаційного персоналу.

Посилання

- World Energy Transitions Outlook 2023: 1.5°C Pathway. Volume 1. IRENA, 2023. 257 p. URL: <https://www.irena.org/Publications/2023/Jun/World-Energy-Transitions-Outlook-2023> (дата звернення: 06.02.2024).
- Global Renewables Outlook: Energy transformation 2050. Edition: 2020. IRENA. URL: <https://www.irena.org/publications/2020/Apr/Global-Renewables-Outlook-2020> (дата звернення: 06.02.2024).
- EHPA_market_report_2023_Executive-Summary. European Heat Pump Association. URL: <https://www.ehpa.org/news-and-resources/press-releases/market-report-2023/> (дата звернення: 06.02.2024).
- Heat Roadmap Europe. Quantifying the Impact of Low-carbon Heating and Cooling Roadmaps. URL: <https://ec.europa.eu/research/participants/documents/downloadPublic?documentIds=080166e5be2fd8fb&appId=PGMS> (дата звернення: 06.02.2024).
- Paardekooper S. Heat Roadmap Europe – a Vision for 2050. (February 13th, 2019, Brussels). URL: https://heatroadmap.eu/wp-content/uploads/2019/04/Susana-Paardekooper_Aalborg-University.pdf (дата звернення: 06.02.2024).
- David A., Mathiesen B. V., Averfalk H., Werner S., Lund H. Heat roadmap Europe: Large-scale electric heat pumps in district heating systems. *Energies*. 2017. Vol. 10. Iss. 4. 578. <https://doi.org/10.3390/en10040578>
- Sayegh M.A., Jadwiszczak P., Axcell B. P., Niemierka E., Bry's K., Jouhara H. Heat pump placement, connection and operational modes in European district heating. *Energy & Buildings*. 2018. Vol. 166. P. 122—144. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2018.02.006>
- Про схвалення Енергетичної стратегії України на період до 2050 року: розпорядження Кабінету Міністрів України від 21.04.2023 р. № 373-р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/373-2023-%D1%80#n6> (дата звернення: 06.02.2024).
- Про схвалення Енергетичної стратегії України на період до 2035 року «Безпека, енергоефективність, конкурентоспроможність»: розпорядження Кабінету Міністрів України від 18.08.2017 р. № 605-р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/605-2017-p#Text> (дата звернення: 06.02.2024).
- Derii V.O., Teslenko O.I., Sokolovska I.S. Methodical approach to estimating the potential of thermal energy production by heat pump plants in case of their implementation in regional district heating systems. *Energy Technologies & Resource Saving*. 2023. Vol. 75. No 2. P. 44—56. <https://doi.org/10.33070/etars.2.2023.03>
- Басок Б.І., Дубовський С.В., Пастушенко Е.П., Нікітін Є.Є., Базєєв Є.Т. Теплові насоси як тренд низьковуглецевого розвитку енергетики. *Енерготехнології та ресурсозбереження*. 2023. № 2. С. 23—44.

- <https://doi.org/10.33070/etars.2.2023.02>
12. Безродний М.К., Тесленко О.І., Притула Н.О., Дерій В.О., Сліжевський К.Д. Технічні бар'єри впровадження теплонасосних технологій у системах централізованого теплопостачання. *Вчені записки Таврійського національного університету ім. В.І. Вернадського. Серія: Технічні науки*. 2023. Том 34(73). № 6. С. 175—183. <https://doi.org/10.32782/2663-5941/2023.6/26>
 13. Wyse S. M., McVey I. Uptake of Heat Pump technologies in Ontario's Multi-Unit Residential Sector. Ontario Climate Consortium, 2018. White Paper 201801. URL: https://sustainabletechnologies.ca/app/uploads/2018/05/Barriers-Assessment_OCC-Final-Report.pdf (дата звернення: 06.02.2024).
 14. Heat Pumps in District Heating and Cooling Systems. Final Report. Technology Collaboration Programme on Heat Pumping Technologies. Heat Pump Centre c/o RISE – Research Institutes of Sweden, 2019. URL: <https://heatpumpingtechnologies.org/publications/heat-pumps-in-district-heating-and-cooling-systems-final-report/> (дата звернення: 06.02.2024).
 15. EU perspectives on industrial heat pumps: unravelling non-technical barriers and opportunities. EHPA webinar, 14.11.2023. 97 p. URL: <https://push2heat.eu/2023/11/eu-perspectives-on-industrial-heat-pumps-unravelling-non-technical-barriers-and-opportunities/> (дата звернення: 06.02.2024).
 16. Quiquenpois Y. French perspective. EU perspectives on industrial heat pumps: unravelling non-technical barriers and opportunities. EHPA webinar, 14.11.2023. P. 18—32. URL: <https://push2heat.eu/2023/11/eu-perspectives-on-industrial-heat-pumps-unravelling-non-technical-barriers-and-opportunities> (дата звернення: 06.02.2024).
 17. van den Berg J. Heat pumps in the SDE++. A premium subsidy scheme for the Dutch energy transition. EU perspectives on industrial heat pumps: unravelling non-technical barriers and opportunities. EHPA webinar, 14.11.2023. P. 34—48. URL: <https://push2heat.eu/2023/11/eu-perspectives-on-industrial-heat-pumps-unravelling-non-technical-barriers-and-opportunities> (дата звернення: 06.02.2024).
 18. Bühler F. Policy Learning and Experiences Industrial Decarbonisation. EU perspectives on industrial heat pumps: unravelling non-technical barriers and opportunities. EHPA webinar, 14.11.2023. P. 49—75. URL: <https://push2heat.eu/2023/11/eu-perspectives-on-industrial-heat-pumps-unravelling-non-technical-barriers-and-opportunities> (дата звернення: 06.02.2024).
 19. Hoynes S., O'Reilly P. Sustainable Development Research Institute. EU perspectives on industrial heat pumps: unravelling non-technical barriers and opportunities. EHPA webinar, 14.11.2023. P. 76—93. URL: <https://push2heat.eu/2023/11/eu-perspectives-on-industrial-heat-pumps-unravelling-non-technical-barriers-and-opportunities> (дата звернення: 06.02.2024).
 20. Valancius R., Singh R. M., Jurelionis A., Vaiciunas J. A Review of Heat Pump Systems and Applications in Cold Climates: Evidence from Lithuania. *Energies*. 2019. Vol. 12. Iss. 22. 4331. <https://doi.org/10.3390/en12224331>
 21. Volkova A., Pieper H., Koduvere H., Lepiksaar K., Siirde A. Heat Pump Potential in the Baltic States: Report. Nordic Energy Research, 2021. 207 p. URL: <https://www.nordicenergy.org/wordpress/wp-content/uploads/2021/04/Heat-Pump-Potential-in-the-Baltic-States.pdf> (дата звернення: 06.02.2024).
 22. New report shows huge potential for heat pumps in the Baltics. 2021. URL: <https://www.nordicenergy.org/article/huge-potential-for-heat-pumps-and-renewable-district-heating-in-the-baltics/> (дата звернення: 06.02.2024).
 23. Lindroos T. J., Lehtilä A., Koljonen T., Kofoed-Wiuff A., Hethey J., Dupont N., Vītiņa A. Baltic Energy Technology Scenarios 2018. 164 p. <http://doi.org/10.6027/TN2018-515>
 24. Lindhe J., Larsson M., Willis M., Tiljander P., Johansson D. Challenges and potentials of using a local heat pump in a 5 GDHC solution: Results from field and laboratory evaluations. *Energy*. 2024. Vol. 289. 129807. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2023.129807>
 25. Pieper H., Ommen T., Buhler F., Paaske B.L., Elmegaard B., Markussen W. B. Allocation of investment costs for large-scale heat pumps supplying district heating. *Energy Procedia*. 2018. Vol. 147. P. 358—367. <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2018.07.104>
 26. Pezzutto S., Grilli G., Zambotti S. European Heat Pump Market Analysis: Assessment of Barriers and Drivers. *International Journal of Contemporary ENERGY*. 2017. Vol. 3. No. 2. P. 62—70. <https://doi.org/10.14621/ce.20170207>
 27. Babak V.P., Kulyk M.M. Possibilities and perspectives of the consumers-regulators application in systems of frequency and power automatic regulation. *Tekhnichna elektrodynamika*. 2023. No 4. P. 72—80. <https://doi.org/10.15407/techned2023.04.072>
 28. Babak V.P., Kulyk M.M. Increasing the Efficiency and Security of Integrated Power System Operation Through Heat Supply Electrification in Ukraine. *Science and Innovation*. 2023. Vol. 19. No. 5. P. 100—116. <https://doi.org/10.15407/scine19.05.100>
 29. Соколовська І. Світовий досвід правого забезпечення використання споживачів-регуляторів в енергосистемах. *Системні дослідження в енергетиці*. 2023. № 2(73). С. 83—101. <https://doi.org/10.15407/srenergy2023.02.083>
 30. What is EU Energy System Integration? EHPA. URL: <https://www.ehpa.org/policy/european-green-deal/energy-system-integration/> (дата звернення: 06.02.2024).
 31. Powering a climate-neutral economy: An EU Strategy for Energy System Integration. *An official website of the European Union*. Brussels, 8.7.2020. COM(2020) 299 final. 22 p. URL: <https://eur-lex.europa.eu/legal->

- content/EN/ALL/?uri=COM%3A2020%3A299%3AFIN (дата звернення: 06.02.2024).
32. Directive 2012/27/EU of the European Parliament and of the Council of 25 October 2012 on energy efficiency, amending Directives 2009/125/EC and 2010/30/EU and repealing Directives 2004/8/EC and 2006/32/EC. URL: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:32012L0027&from=EN> (дата звернення: 06.02.2024).
 33. Directive 2018/2002/EU of the European Parliament and of the Council of 11 December 2018 amending Directive 2012/27/EU on energy efficiency. OJ L 328, 21.12.2018. P. 210—230. URL: https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=uriserv%3AOJ.L_.2018.328.01.0210.01.ENG (дата звернення: 06.02.2024).
 34. Directive (EU) 2018/2001 of the European Parliament and of the Council of 11 December 2018 on the promotion of the use of energy from renewable sources. *Official Journal of the European Union*. L 328/82 of 21.12.2018. 128 p. URL: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:32018L2001> (дата звернення: 06.02.2024).
 35. Renewable energy – financing mechanism for EU-wide projects. *An official website of the European Union*. URL: <https://ec.europa.eu/info/law/better-regulation/have-your-say/initiatives/12369-Union-renewable-Financing-mechanism> (дата звернення: 06.02.2024).
 36. Overview Article – Decarbonisation of buildings' heating system with heat pump technologies: an overview of EU policies and projects. BUILD UP. *The European portal for energy efficiency and renewable energy in buildings*. URL: <https://build-up.ec.europa.eu/en/resources-and-tools/articles/overview-article-decarbonisation-buildings-heating-system-heat-pump> (дата звернення: 06.02.2024).
 37. Directive 2010/31/EU of the European Parliament and of the Council of 19 May 2010 on the energy performance of buildings. OJ L 153, 18.6.2010. P. 13—35. URL: <http://data.europa.eu/eli/dir/2010/31/2018-12-24> (дата звернення: 06.02.2024).
 38. Directive 2018/844/EU of the European Parliament and of the Council of 30 May 2018 amending Directive 2010/31/EU on the energy performance of buildings and Directive 2012/27/EU on energy efficiency. OJ L 156, 19.6.2018. P. 75—91. URL: https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=uriserv%3AOJ.L_.2018.156.01.0075.01.ENG (дата звернення: 06.02.2024).
 39. Buildings: EPBD and Renovation Wave. *EHPA*. URL: <https://www.ehpa.org/policy/european-green-deal/buildings-epbd-and-renovation-wave/> (дата звернення: 06.02.2024).
 40. Paris Agreement. United Nations, 2015. 25 p. URL: https://unfccc.int/sites/default/files/english_paris_agreement.pdf (дата звернення: 06.02.2024).
 41. Regulation (EU) 2021/1119 of the European Parliament and of the Council of 30 June 2021 establishing the framework for achieving climate neutrality and amending Regulations (EC) No 401/2009 and (EU) 2018/1999 (European Climate Law). OJ L 243, 9.7.2021. P. 1—17. URL: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:32021R1119&from=EN#:~:text=This%20Regulation%20sets%20out%20a,Article%207%20of%20the%20Paris> (дата звернення: 06.02.2024).
 42. EU 2050 Climate Action and Climate Law. *EHPA*. URL: <https://www.ehpa.org/policy/european-green-deal/eu-2050-climate-action-and-climate-law/> (дата звернення: 06.02.2024).
 43. Directive 2009/125/EC of the European Parliament and of the Council of 21 October 2009 establishing a framework for the setting of ecodesign requirements for energy-related products. OJ L 285, 31.10.2009. P. 10—35. URL: <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/ALL/?uri=CELEX%3A32009L0125>. URL: <http://data.europa.eu/eli/dir/2009/125/oj> (дата звернення: 06.02.2024).
 44. Circular economy. *EHPA*. URL: <https://www.ehpa.org/policy/european-green-deal/circular-economy/> (дата звернення: 06.02.2024).
 45. Regulation (EU) No 517/2014 of the European Parliament and of the Council of 16 April 2014 on fluorinated greenhouse gases and repealing Regulation (EC) No 842/2006. URL: <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:32014R0517&from=EN> (дата звернення: 06.02.2024).
 46. Finance & Taxonomy. *EHPA*. URL: <https://www.ehpa.org/policy/european-green-deal/finance-taxonomy/> (дата звернення: 06.02.2024).
 47. Потенціал відновлювальної енергетики. *Офіційний сайт Державного агентства з енергоефективності та енергозбереження України*. URL: <https://sae.gov.ua/uk/activity/vidnovlyuvana-enerhetyka/potentsial> (дата звернення: 06.02.2024).
 48. Мацевитый Ю.М., Чиркин Н.Б., Клепанда А.С. Об использовании тепловых насосов в мире и что тормозит их широкомасштабное применение в Украине. *Энергосбережение. Энергетика. Энергоаудит*. 2014. № 2. С. 2—17.
 49. Державна цільова економічна програма енергоефективності і розвитку сфери виробництва енергоносіїв з відновлюваних джерел енергії та альтернативних видів палива на 2010–2021 роки. *Офіційний сайт Верховної Ради України*. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/243-2010-%D0%BF#Text> (дата звернення: 06.02.2024).

References

1. World Energy Transitions Outlook 2023: 1.5°C Pathway. (2023, June). IRENA (257 p.). URL: <https://www.irena.org/Publications/2023/Jun/World-Energy-Transitions-Outlook-2023> (Last accessed: 06.02.2024).

2. Global Renewables Outlook: Energy transformation 2050. Edition: 2020. IRENA. URL: <https://www.irena.org/Publications> (Last accessed: 06.02.2024).
3. EHPA_market_report_2023_Executive-Summary. European Heat Pump Association. URL: <https://www.ehpa.org/news-and-resources/press-releases/market-report-2023/> (Last accessed: 06.02.2024).
4. Heat Roadmap Europe. Quantifying the Impact of Low-carbon Heating and Cooling Roadmaps. URL: <https://ec.europa.eu/research/participants/documents/downloadPublic?documentIds=080166e5be2fd8fb&appId=PGMS> (Last accessed: 06.02.2024).
5. Paardekooper, S. Heat Roadmap Europe – a Vision for 2050. (2019, February 13). Brussels. URL: https://heatroadmap.eu/wp-content/uploads/2019/04/Susana-Paardekooper_Aalborg-University.pdf (Last accessed: 06.02.2024).
6. David, A., Mathiesen, B. V., Averfalk, H., Werner, S., & Lund, H. (2017). Heat roadmap Europe: Large-scale electric heat pumps in district heating systems. *Energies*, 10(4), 578. <https://doi.org/10.3390/en10040578>
7. Sayegh, M. A., Jadwiszczak, P., Axcell, B. P., Niemierka, E., Bry's, K., & Jouhara, H. (2018). Heat pump placement, connection and operational modes in European district heating. *Energy & Buildings*, 166, 122–144. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2018.02.006>
8. Energy strategy of Ukraine for the period until 2050. Approved by the order of the Cabinet of Ministers of Ukraine dated April 21, 2023 № 373-p. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/373-2023-%D1%80#n6> (Last accessed: 06.02.2024) [in Ukrainian].
9. Energy strategy of Ukraine for the period until 2035. Approved by the order of the Cabinet of Ministers of Ukraine dated August 18, 2017 № 605-p. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/605-2017-p#Text> (Last accessed: 06.02.2024) [in Ukrainian].
10. Derii, V.O., Teslenko, O.I., & Sokolovska, I.S. (2023). Methodical approach to estimating the potential of thermal energy production by heat pump plants in case of their implementation in regional district heating systems. *Energy Technologies & Resource Saving*, 75(2), 44–56. <https://doi.org/10.33070/etars.2.2023.03>
11. Basok, B., Dubovskiy, S., Pastushenko, E., Nikitin, Y., & Bazeev, Y. (2023). Heat pumps as a trend of low-carbon energy development. *Energy Technologies & Resource Saving*, 75(2), 23–44 [in Ukrainian]. <https://doi.org/10.33070/etars.2.2023.02>
12. Bezrodny, M.K., Teslenko, O.I., Prytula, N.O., Derii, V.O., & Slizevskiy, K.D. (2023). Technical barriers to implementation of heat pumps technology in centralized heat supply systems. *Scientific notes of the V.I. Vernadsky Tavrida National University. Series: Technical sciences*, 34(73), 6, 175–183 [in Ukrainian]. <https://doi.org/10.32782/2663-5941/2023.6/26>
13. Wyse, S. M., & McVey, I. (2018). Uptake of Heat Pump technologies in Ontario's Multi-Unit Residential Sector. Ontario Climate Consortium White Paper 201801. URL: https://sustainabletechnologies.ca/app/uploads/2018/05/Barriers-Assessment_OCC-Final-Report.pdf (Last accessed: 06.02.2024).
14. Heat Pumps in District Heating and Cooling Systems. Final Report. (2019). Technology Collaboration Programme on Heat Pumping Technologies. Heat Pump Centre c/o RISE – Research Institutes of Sweden. URL: <https://heatpumpingtechnologies.org/publications/heat-pumps-in-district-heating-and-cooling-systems-final-report/> (Last accessed: 06.02.2024).
15. EU perspectives on industrial heat pumps: unravelling non-technical barriers and opportunities. (2023, November 14) [Webinar]. EHPA (97 p.). URL: <https://push2heat.eu/2023/11/eu-perspectives-on-industrial-heat-pumps-unravelling-non-technical-barriers-and-opportunities/> (Last accessed: 06.02.2024).
16. Quiquenpois, Y. (2023, November 14). French perspective. EU perspectives on industrial heat pumps: unravelling non-technical barriers and opportunities [Webinar] (pp. 18–32). EHPA. URL: <https://push2heat.eu/2023/11/eu-perspectives-on-industrial-heat-pumps-unravelling-non-technical-barriers-and-opportunities> (Last accessed: 06.02.2024).
17. van den Berg, J. (2023, November 14). Heat pumps in the SDE++. A premium subsidy scheme for the Dutch energy transition. EU perspectives on industrial heat pumps: unravelling non-technical barriers and opportunities [Webinar] (pp. 34–48). EHPA. URL: <https://push2heat.eu/2023/11/eu-perspectives-on-industrial-heat-pumps-unravelling-non-technical-barriers-and-opportunities> (Last accessed: 06.02.2024).
18. Bühler, F. (2023, November 14). Policy Learning and Experiences Industrial Decarbonisation. EU perspectives on industrial heat pumps: unravelling non-technical barriers and opportunities [Webinar] (pp. 49–75). EHPA. URL: <https://push2heat.eu/2023/11/eu-perspectives-on-industrial-heat-pumps-unravelling-non-technical-barriers-and-opportunities> (Last accessed: 06.02.2024).
19. Hoynes, S., & O'Reilly, P. (2023, November 14). Sustainable Development Research Institute. EU perspectives on industrial heat pumps: unravelling non-technical barriers and opportunities [Webinar] (pp. 76–93). EHPA. URL: <https://push2heat.eu/2023/11/eu-perspectives-on-industrial-heat-pumps-unravelling-non-technical-barriers-and-opportunities> (Last accessed: 06.02.2024).
20. Valancius, R., Singh, R. M., Jurelionis, A., & Vaiciunas, J. (2019). A Review of Heat Pump Systems and Applications in Cold Climates: Evidence from Lithuania. *Energies*, 12(22), 4331. <https://doi.org/10.3390/en12224331>

21. Volkova, A., Pieper, H., Koduvere, H., Lepiksaar, K., & Siirde, A. (2021). Heat Pump Potential in the Baltic States. *Nordic Energy Research* (207 p.). URL: <https://www.nordicenergy.org/wordpress/wp-content/uploads/2021/04/Heat-Pump-Potential-in-the-Baltic-States.pdf> (Last accessed: 06.02.2024).
22. New report shows huge potential for heat pumps in the Baltics. (2021). URL: <https://www.nordicenergy.org/article/huge-potential-for-heat-pumps-and-renewable-district-heating-in-the-baltics/> (Last accessed: 06.02.2024).
23. Lindroos, T. J., Lehtilä, A., Koljonen, T., Kofoed-Wiuff, A., Hethey, J., Dupont, N., & Vitiņa, A. (2018). *Baltic Energy Technology Scenarios 2018* (164 p.). <http://doi.org/10.6027/TN2018-515>
24. Lindhe J., Larsson, M., Willis, M., Tiljander, P., & Johansson, D. (2024). Challenges and potentials of using a local heat pump in a 5 GDHC solution: Results from field and laboratory evaluations. *Energy*, 289, 129807. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2023.129807>
25. Pieper, H., Ommen, T., Buhler, F., Paaske, B. L., Elmegaard, B., & Markussen, W. B. (2018). Allocation of investment costs for large-scale heat pumps supplying district heating. *Energy Procedia*, 147, 358–367. <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2018.07.104>
26. Pezzutto, S., Grilli, G., & Zambotti, S. (2017). European Heat Pump Market Analysis: Assessment of Barriers and Drivers. *International Journal of Contemporary ENERGY*, 3(2), 62–70. <https://doi.org/10.14621/ce.20170207>
27. Babak, V.P., & Kulyk, M.M. (2023). Possibilities and perspectives of the consumers-regulators application in systems of frequency and power automatic regulation. *Tekhnichna elektrodynamika*, 4, 72–80. <https://doi.org/10.15407/techned2023.04.072>
28. Babak, V.P., & Kulyk, M.M. (2023). Increasing the Efficiency and Security of Integrated Power System Operation Through Heat Supply Electrification in Ukraine. *Science and Innovation*, 19(5), 100–116. <https://doi.org/10.15407/scine19.05.100>
29. Sokolovska, I. (2023). World experience in legal support for the use of consumers-regulators in power systems. *System Research in Energy*, 2(73), 83–101 [in Ukrainian]. <https://doi.org/10.15407/srenergy2023.02.083>
30. What is EU Energy System Integration? *EHPA*. URL: <https://www.ehpa.org/policy/european-green-deal/energy-system-integration/> (Last accessed: 06.02.2024).
31. Powering a climate-neutral economy: An EU Strategy for Energy System Integration. *An official website of the European Union*. Brussels, 8.7.2020. COM(2020) 299 final (22 p.). URL: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/ALL/?uri=COM%3A2020%3A299%3AFIN> (Last accessed: 06.02.2024).
32. Directive 2012/27/EU of the European Parliament and of the Council of 25 October 2012 on energy efficiency, amending Directives 2009/125/EC and 2010/30/EU and repealing Directives 2004/8/EC and 2006/32/EC. URL: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:32012L0027&from=EN> (Last accessed: 06.02.2024).
33. Directive 2018/2002/EU of the European Parliament and of the Council of 11 December 2018 amending Directive 2012/27/EU on energy efficiency. OJ L 328, 21.12.2018, 210–230. URL: https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=uriserv%3AOJ.L_.2018.328.01.0210.01.ENG (Last accessed: 06.02.2024).
34. Directive (EU) 2018/2001 of the European Parliament and of the Council of 11 December 2018 on the promotion of the use of energy from renewable sources. *Official Journal of the European Union*, L 328/82 of 21.12.2018 (128 p.). URL: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:32018L2001> (Last accessed: 06.02.2024).
35. Renewable energy – financing mechanism for EU-wide projects. *An official website of the European Union*. URL: <https://ec.europa.eu/info/law/better-regulation/have-your-say/initiatives/12369-Union-renewable-Financing-mechanism> (Last accessed: 06.02.2024).
36. Overview Article – Decarbonisation of buildings' heating system with heat pump technologies: an overview of EU policies and projects. BUILD UP. *The European portal for energy efficiency and renewable energy in buildings*. URL: <https://build-up.ec.europa.eu/en/resources-and-tools/articles/overview-article-decarbonisation-buildings-heating-system-heat-pump> (Last accessed: 06.02.2024).
37. Directive 2010/31/EU of the European Parliament and of the Council of 19 May 2010 on the energy performance of buildings. OJ L 153, 18.6.2010, 13–35. URL: <http://data.europa.eu/eli/dir/2010/31/2018-12-24> (Last accessed: 06.02.2024).
38. Directive 2018/844/EU of the European Parliament and of the Council of 30 May 2018 amending Directive 2010/31/EU on the energy performance of buildings and Directive 2012/27/EU on energy efficiency. OJ L 156, 19.6.2018, 75–91. URL: https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=uriserv%3AOJ.L_.2018.156.01.0075.01.ENG (Last accessed: 06.02.2024).
39. Buildings: EPBD and Renovation Wave. *EHPA*. URL: <https://www.ehpa.org/policy/european-green-deal/buildings-epbd-and-renovation-wave/> (Last accessed: 06.02.2024).
40. Paris Agreement. (2015). United Nations (25 p.). URL: https://unfccc.int/sites/default/files/english_paris_agreement.pdf (Last accessed: 06.02.2024).
41. Regulation (EU) 2021/1119 of the European Parliament and of the Council of 30 June 2021 establishing the framework for achieving climate neutrality and amending Regulations (EC) No 401/2009 and (EU) 2018/1999 (European Climate Law). OJ L 243, 9.7.2021, 1–17. URL: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:32021R1119&from=EN#:~:text=This%20Regulation%20sets%20out%20a,Article%20of%20the%20Paris> (Last accessed: 06.02.2024).

42. EU 2050 Climate Action and Climate Law. *EHPA*. URL: <https://www.ehpa.org/policy/european-green-deal/eu-2050-climate-action-and-climate-law/> (Last accessed: 06.02.2024).
43. Directive 2009/125/EC of the European Parliament and of the Council of 21 October 2009 establishing a framework for the setting of ecodesign requirements for energy-related products. OJ L 285, 31.10.2009, 10–35. URL: <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/ALL/?uri=CELEX%3A32009L0125>. URL: <http://data.europa.eu/eli/dir/2009/125/oj> (Last accessed: 06.02.2024).
44. Circular economy. *EHPA*. URL: <https://www.ehpa.org/policy/european-green-deal/circular-economy/> (Last accessed: 06.02.2024).
45. Regulation (EU) No 517/2014 of the European Parliament and of the Council of 16 April 2014 on fluorinated greenhouse gases and repealing Regulation (EC) No 842/2006. URL: <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:32014R0517&from=EN> (Last accessed: 06.02.2024).
46. Finance & Taxonomy. *EHPA*. URL: <https://www.ehpa.org/policy/european-green-deal/finance-taxonomy/> (Last accessed: 06.02.2024).
47. The potential of renewable energy. *Official site of the State Agency for Energy Efficiency and Energy Saving of Ukraine*. <https://sae.gov.ua/uk/activity/vidnovlyuvana-enerhetyka/potentsial> (Last accessed: 06.02.2024) [in Ukrainian].
48. Matsevity, Yu.M., Chirkin, N.B., & Klepanda, A.S. (2014). On the use of heat pumps in the world and what slows their large-scale application in Ukraine. *Energy saving. Power engineering. Energy audit*, 2, 2–17 [in Ukrainian].
49. State targeted economic program of energy efficiency and development of energy production from renewable energy sources and alternative fuels for 2010–2021. *Official website of the Verkhovna Rada of Ukraine*. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/243-2010-%D0%BF#Text> (Last accessed: 06.02.2024) [in Ukrainian].

OBSTACLES TO THE INTRODUCTION OF HEAT PUMPS IN DISTRICT HEATING

Irina Sokolovska*, PhD (Engin.), <https://orcid.org/0000-0003-1959-9837>

Oleksandr Teslenko, PhD (Engin.), Senior Researcher, <https://orcid.org/0000-0002-3772-5991>

Volodymyr Derii, PhD (Engin.), Senior Researcher, <https://orcid.org/0000-0002-5689-4897>

General Energy Institute of NAS of Ukraine, 172, Antonovycha St., Kyiv, 03150, Ukraine

*Corresponding author: is2002@ukr.net

Abstract. *Today, heat pumps are recognized as one of the technologies that most contribute to the decarbonization of almost all spheres of modern society life, especially industry and energy. The integration of heat pumps into district heating is considered as an implementation of renewable energy technology that will enable the European Union (EU) to achieve its ambitious energy and climate policy goals for developing sustainable society. The purpose of this article is to analyze and systematize the EU experience in overcoming obstacles to the introduction of heat pump technologies in district heating and to determine the possibilities of its application in Ukraine. It was found that it is impossible to ensure the universal integration of heat pumps into district heating for all EU members, and an individual analysis is required for each EU country, taking all technical and environmental aspects into account. Obstacles to the large-scale implementation of heat pump technologies into district heating are of a complex nature. Complex obstacles require an integrated approach that simultaneously removes these obstacles and includes direct incentives, indirect taxes, technical standards, building codes, education, etc. An analysis of the experience of the EU countries (financial support, education and training, preferential tariffs for electricity for heat pump operation, EU regulations on energy efficiency of buildings, the EU directive on renewable energy sources, etc.) made it possible to identify obstacles to the widespread implementation of heat pumps in district heating. The main such obstacles are the high initial cost of heat pump equipment, the high cost of electricity, the high cost of connecting to electricity and heat networks, insufficient government incentives, the lack of domestic production of heat pumps and highly qualified personnel for their implementation. The proposed main preventive measures to overcome these obstacles are the creation of a State Program to stimulate the introduction of heat pumps; legislative support aimed at accelerating the introduction of heat pumps; creation of financial incentives for their implementation; state stimulation of production of heat pump equipment and professional training of operating personnel. This article is aimed at discussing directions for the formation of effective legislative and regulatory measures for comprehensive stimulation of the large-scale introduction of heat pumps in the district heating in Ukraine.*

Keywords: heat pumps, renewable energy sources, district heating, implementation, obstacles, overcoming.