

А. П. Полив'янчук  
К. Ю. Гура  
В. Г. Петрук

Підвищення  
ефективності  
декарбонізації об'єктів  
соціальної інфраструктури  
методом раціонального  
впровадження  
інноваційних  
природоохоронних  
технологій



**Міністерство освіти і науки України  
Вінницький національний технічний університет**

**А. П. Полив'янчук, К. Ю. Гура, В. Г. Петрук**

**ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ  
ДЕКАРБОНІЗАЦІЇ ОБ'ЄКТІВ  
СОЦІАЛЬНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ  
МЕТОДОМ РАЦІОНАЛЬНОГО  
ВПРОВАДЖЕННЯ ІННОВАЦІЙНИХ  
ПРИРОДООХОРОННИХ  
ТЕХНОЛОГІЙ**

**Монографія**

Вінниця  
ВНТУ  
2025

УДК 502.55; 338:504.05

П50

Рекомендовано до видання Вченою радою Вінницького національного технічного університету Міністерства освіти і науки України (протокол № 9 від 27.02.2025).

Рецензенти:

**Н. В. Внукова**, доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри екології, Харківський національний автомобільно-дорожній університет;

**А. В. Павличенко**, доктор технічних наук, професор, перший проректор, професор кафедри екології та технологій захисту навколишнього середовища, Національний технічний університет «Дніпровська політехніка».

**Полив'янчук, А. П.**

П50 Підвищення ефективності декарбонізації об'єктів соціальної інфраструктури методом раціонального впровадження інноваційних природоохоронних технологій: монографія [Електронний ресурс] / Полив'янчук А. П., Гура К. Ю., Петрук В. Г. – Вінниця : ВНТУ, 2025. – (PDF, 187 с.)

ISBN 978-617-8163-36-5 (PDF)

В монографії розглядаються особливості розв'язання важливого науково-прикладного завдання підвищення ефективності декарбонізації урбанізованих територій за рахунок використання удосконалених методів впровадження природоохоронних технологій на об'єктах соціальної інфраструктури, що передбачають підвищення раціональності використання інвестиційних ресурсів

**УДК 502.55; 338:504.05**

**ISBN 978-617-8163-36-5** (PDF)

© А. Полив'янчук, К. Гура, В. Петрук, 2025

## ЗМІСТ

Перелік термінів і скорочень .....	6
ВСТУП .....	7
РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ СУЧАСНОГО СТАНУ ДЕКАРБОНІЗАЦІЇ ЕКОНОМІКИ УКРАЇНИ І СВІТУ В КОНТЕКСТІ ІННОВАЦІЙНИХ ПРИРОДООХОРОННИХ ЗАХОДІВ ТА ТЕХНОЛОГІЙ .....	12
1.1 Аналіз сучасних тенденцій декарбонізації економіки та природоохоронних технологій України і світу.....	12
1.2 Ефективність інноваційних енергозберігаючих технологій та природоохоронних заходів в об'єктах соціальної інфраструктури. ....	23
1.3 Аналіз інноваційних технологій сонячної генерації в контексті декарбонізації повоєнної економіки України. ....	25
1.3.1 Розвиток сонячних теплових електростанцій. ....	32
1.3.2 Особливості комбінованих електростанцій з модулем баштового типу.....	33
1.3.3 Комбіновані електростанції з параболічними жолобами та дисками.....	34
1.4 Теплові насоси у енергозабезпеченні інфраструктурних об'єктів. ....	34
1.4.1 Принцип дії теплових насосів та їх технічні характеристики. ....	35
1.4.2 Основні переваги теплових насосів та деякі їх недоліки.....	37
1.4.3 Порівняння річних витрат на обігрівання житла електронагрівачем і тепловим насосом. ....	38
1.4.4 Перспективи застосування теплових насосів у закладах освіти та інших об'єктах соціальної інфраструктури. ....	39
1.5 Перспективні технології перетворення геотермальної енергії в електроенергію.....	40
1.5.1 Загальна характеристика геотермальних ресурсів. ....	40
1.5.2 Основні переваги геотермальної енергії.....	41
1.5.3 Основні недоліки геотермальної енергії.....	42
1.5.4 Перспективи подальшого розвитку геотермальної електроенергетики.....	42

1.6 Вітрова генерація у комунальній енергетиці та соціальних інфраструктурних об'єктах України і світу. ....	43
1.6.1. Недоліки вітроелектростанцій.....	44
1.6.2. Перспективи розвитку вітроенергетики в Україні. ....	44
Висновки до розділу 1 .....	46
<b>РОЗДІЛ 2. МЕТОД РАЦІОНАЛЬНОГО ВПРОВАДЖЕННЯ ПРИРОДООХОРОННИХ ТЕХНОЛОГІЙ (РВПТ) на об'єктах соціальної інфраструктури .....</b>	<b>49</b>
2.1 Сутність методу РВПТ. ....	49
2.2 Комплексна оцінка ефективності впровадження енергоефективних природоохоронних технологій.....	52
2.3 Математична модель енергоефективності систем теплопостачання інфраструктурних об'єктів.....	56
2.3.1 Математичні моделі для оцінки ефективності енергозберігаючих заходів при виробництві теплової енергії .....	57
2.3.2 Математична модель для оцінки ефективності енергозберігаючих заходів при транспортуванні теплової енергії.....	66
2.3.3 Математичні моделі оцінки ефективності енергозберігаючих заходів при споживанні теплової енергії .....	68
Висновки до розділу 2 .....	74
<b>РОЗДІЛ 3 ДОСЛІДЖЕННЯ НАТУРНИХ ОБ'ЄКТІВ СОЦІАЛЬНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ ТА КОМПЛЕКСУ ПРИРОДООХОРОННИХ ТЕХНОЛОГІЙ ДЛЯ ВІДПРАЦЮВАННЯ МЕТОДУ РВПТ .....</b>	<b>75</b>
3.1 Характеристика об'єктів соціальної інфраструктури обраних для відпрацювання методу РВПТ.....	75
3.1.1 Характеристика натурального об'єкту НО№1 – навчально-спортивного корпусу закладу освіти.....	76
3.1.2 Характеристика натурального об'єкту №2– типової будівлі гуртожитку закладу освіти. ....	79
3.1.3 Характеристика натурального об'єкту №3 – адміністративно-навчального корпусу закладу освіти.....	81
3.2 Природоохоронні енергоефективні технології обрані для досліджень ефективності методу РВПТ .....	83
3.3 Верифікація математичних моделей методу РВПТ на натурних об'єктах соціальної інфраструктури .....	85

Висновки до розділу 3 .....	90
<b>РОЗДІЛ 4. РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ ЕФЕКТИВНОСТІ ДЕКАРБОНІЗАЦІЇ ОБ'ЄКТІВ СОЦІАЛЬНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ НА ОСНОВІ МЕТОДУ РВПТ.....</b>	<b>92</b>
4.1 Відпрацювання методики багатокритеріальної оцінки ефективності інноваційних енергоефективних технологій .....	92
4.1.1 Дослідження ефективності використання технології «розумного» опалення. ....	92
4.1.2 Дослідження ефективності впровадження альтернативних систем теплопостачання – геліосистем.....	99
4.2 Дослідження ефективності впровадження енергоощадних технологій на об'єктах соціальної інфраструктури з використанням методу РВПТ.....	111
Висновки до розділу 4 .....	149
<b>РОЗДІЛ 5. РОЗРОБКА ІННОВАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ІНТЕГРОВАНОГО УПРАВЛІННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНИМИ ПРИРОДООХОРОННИМИ ЗАХОДАМИ ДЕКАРБОНІЗАЦІЇ ЕКОНОМІКИ ТА ОБ'ЄКТІВ СОЦІАЛЬНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ ..</b>	<b>151</b>
5.1 Розробка технології інтегрованого управління складними екосистемами та енергоефективними природоохоронними заходами. ....	151
5.1.1 Стратегічне, ситуаційне та цілеспрямоване інтегроване управління природоохоронними заходами. ....	152
5.2 Термохімічна конверсія твердих відходів, як перспективний напрямок декарбонізації циркулярної економіки.....	157
5.2.1 Інноваційна природоохоронна технологія низькотемпературного піролізу.....	160
5.3 Деревоощадлива технологія декарбонізації синтетичного паперу. ....	161
Висновки до розділу 5 .....	168
<b>ВИСНОВКИ.....</b>	<b>170</b>
<b>СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ .....</b>	<b>172</b>
<b>ДОДАТОК А – ПАРАМЕТРИ ТЕПЛОВИХ НАСОСІВ .....</b>	<b>183</b>

## ПЕРЕЛІК ТЕРМІНІВ І СКОРОЧЕНЬ

ВДЕ	Відновлювані джерела енергії
ГС	Геліосистема
ІТП	Індивідуальний тепловий пункт
НО	Натурний об'єкт
ПРВ	Поетапне раціональне впровадження
ЕЕЗ	Енергоефективні заходи
РВПТ	Раціональне впровадження природоохоронних технологій
СЕ	Сонячний елемент
СЕС	Сонячні електричні станції
ТН	Тепловий насос
ФЕ	Фотоелемент
ФЕП	Фотоелектричний перетворювач

## ВСТУП

**Обґрунтування вибору теми дослідження.** Економіка України у значній мірі орієнтована на викопні вуглецеві енергетичні ресурси, а також на ресурсоємні багатовідхідні та застарілі технології, які викидають у атмосферу велетенські обсяги парникових газів, у першу чергу, карбонвмісних сполук, що призводить до забруднення біосфери та глобальних змін клімату. Тому важливо проаналізувати основні напрямки декарбонізації енергетичного сектору економіки України, базуючись на відповідних документах стратегії його низько-вуглецевого розвитку, та визначити інженерно-технологічні шляхи вирішення цієї проблеми щодо зміни стратегії переходу з високовуглецевої до низько- або безвуглецевої економіки, яка потребує не тільки значних капіталовкладень, інженерно-технологічних зусиль, але й відповідних системних управлінських рішень, які б унеможливили, або сприяли суттєвому зменшенню, як викопного вуглецевого палива (нафта, газ, мазут, вугілля тощо), так і шкідливим викидам у довкілля продуктів їх згорання з метою отримання теплової та електричної енергії. Натомість, тенденція світової економіки зводиться до суттєвої декарбонізації та її екомодернізації, наслідком яких є зведення до мінімуму викопного палива, а, відтак, і зменшення обсягів викидів парникових газів, зокрема,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{CO}$ ,  $\text{CH}_4$  та інших з метою пом'якшення змін клімату і темпів глобального потепління. При цьому на частку викопного палива припадає близько 70% викидів парникових газів. Тому головне завдання декарбонізації полягає у заміні використання вугілля, нафти і газу безпечними для здоров'я людини і довкілля джерелами енергії, наприклад: вітро- та сонячної енергетики, теплових насосів, докорінної заміни автомобілів на електротранспорт, у відмові від фінансування робіт по видобуванню викопного палива, внесенні відповідних змін у енергетичне та природоохоронне законодавство, розробленні і впровадженні інноваційних технологій видалення (поглинання) вуглекислого газу з атмосфери Землі та ін. Все вище зазначене відповідає Рамковій конвенції ООН про зміну клімату (1992 р.), кінцевою метою якої є стабілізація атмосферних концентрацій парникових газів на рівні безпечному для кліматичної системи планети, тобто нижче  $1,5\text{-}2^\circ\text{C}$  у порівнянні з доіндустріальним рівнем. Це було також підтверджено



Паризькою угодою у 2015 році, яка спрямована на досягнення цілей сталого (збалансованого) розвитку, а також Кіотським протоколом (1997 рік) та ін. Більшість цих сценаріїв передбачають зниження викидів CO<sub>2</sub> до рівня меншого, ніж у 1990 році. При цьому енергетична політика ЄС зводиться до скорочення споживання викопних палив та збільшення обсягів виробництва енергії з відновлювальних джерел, а також зобов'язання по зниженню емісії парникових газів до 2050 року на 80-95% у порівнянні з показниками 1990 року. Це, зокрема, зазначено у Дорожній Kartі ЄС та стратегії низьковуглецевого розвитку України до 2050 року, які підтверджують докорінну декарбонізацію енергетичного сектору економіки і ключову роль відновлювальних джерел та енергоефективних природоохоронних технологій у майбутньому енергозабезпеченні людства.

Отже, основною передумовою виходу людства із затяжної енергетичної та екологічної кризи, яка спричиняє, зокрема, глобальні зміни клімату та безпрецедентне забруднення усіх прошарків біосфери планети є логічна альтернатива переходу до низьковуглецевої енергоефективної економіки та відновлювальних джерел енергії. Безперечно, водночас і в короткій перспективі здійснити такі потужні зміни в усіх секторах економіки: промисловості, сільському господарстві, житлово-комунальній сфері неможливо. Тому Україна, ЄС і світ планують це здійснювати поступово і приблизно до 2050 року в цілому завершити перехід на низьковуглецеву і ресурсоощадливу парадигму їх розвитку на основі інноваційних енергоефективних природоохоронних технологій.

**Мета і завдання досліджень.** Мета досліджень полягала у розробці та дослідженні ефективності методу раціонального впровадження природоохоронних технологій на об'єктах соціальної інфраструктури, реалізація якого дозволяє підвищити ефективність декарбонізації урбанізованих територій.

Досягнення мети передбачало розв'язання таких **завдань**:

1. Аналіз прогресивного досвіду використання та систематизація природоохоронних технологій, що підвищують ефективність декарбонізації урбанізованих територій;
2. Створення методу раціонального впровадження природоохоронних технологій (РВПТ) на об'єктах соціальної інфраструктури;
3. Розробка та верифікація методики багатокритеріальної оцінки

ефективності ресурсо- та енергоощадних технологій;

4. Створення математичної моделі енергоефективності систем теплопостачання та теплозабезпечення інфраструктурних об'єктів;

5. Вибір натурних об'єктів соціальної інфраструктури та природоохоронних технологій для відпрацювання методу РВПТ;

6. Дослідження ефективності реалізації методу РВПТ на інфраструктурних об'єктах різних типів: будівлях навчальних закладів, житлових будинках, групі громадських будівель;

7. Розробка рекомендацій щодо практичного використання методу РВПТ та результатів досліджень.

**Об'єктом** дослідження були процеси реалізації потенціалу еколого-економічної ефективності об'єктів соціальної інфраструктури при одночасному комплексному та поетапному раціональному впровадженні природоохоронних заходів.

**Предмет дослідження:** метод раціонального впровадження природоохоронних технологій, параметри його реалізації та критерії комплексної оцінки еколого-економічної ефективності.

**Методи досліджень.** Під час проведення досліджень використовувались загальнонаукові методи (аналізу, узагальнення, абстрагування, синтезу) методи математичної статистики, кореляційного і регресійного аналізу, з використанням програм Microsoft Excel, та Statistika. Базою даних для теоретичних і аналітичних досліджень були матеріали вітчизняних та зарубіжних вчених з питань енергоефективності та декарбонізації об'єктів соціальної інфраструктури.

#### **Наукова новизна отриманих результатів:**

**Вперше** створено та науково обґрунтовано доцільність практичної реалізації методу раціонального впровадження природоохоронних технологій (РВПТ) на об'єктах соціальної інфраструктури, яким передбачається скорочення інвестиційних витрат в процесі впровадження за рахунок використання його потенціалу самофінансування, що дозволяє підвищити ефективність декарбонізації урбанізованих територій.

**Удосконалено** метод багатокритеріального аналізу ефективності процедур впровадження природоохоронних технологій шляхом розподілу екологічних показників по групах за ознакою отриманого ефекту: декарбонізація, ресурсозбереження, енергозбереження, захист

довкілля та ін., що дозволяє підвищити інформативність такого аналізу та аргументованість прийнятих на його основі технічних рішень щодо екологічної модернізації досліджуваного об'єкту інфраструктури.

**Дістала подальшого розвитку** математична модель енергоефективності систем теплопостачання та теплозабезпечення об'єктів соціальної інфраструктури шляхом їхнього представлення у вигляді єдиного технічного комплексу «виробник-транспортувальник-споживач» теплової енергії, що дозволяє підвищити ефективність практичної реалізації методу РВПТ в таких комплексах та їхніх елементах.

### **Практичне значення одержаних результатів:**

1. Проаналізовано прогресивний досвід використання та систематизовано інноваційні природоохоронні технології, що сприяють декарбонізації антропогенної діяльності, а саме: технологій ресурсо- та енергозбереження, відновлювальної енергетики, альтернативних джерел енергії та палива, циркулярної економіки, тощо.

2. Розроблено методику визначення основних параметрів та показників ефективності процесу раціонального впровадження природоохоронних технологій (РВПТ), якими є: кількість технологій, що входять до кожного етапу процедури впровадження, вартості та періоди початку і завершення етапів і процедури в цілому, показники річної та довгострокової еколого-економічної ефективності етапів і процедури в цілому.

3. Систематизовано рекомендовані до впровадження на об'єктах соціальної інфраструктури природоохоронні технології, що сприяють декарбонізації урбанізованих територій, за такими групами: ресурсозбереження (енергогенеруючі установки підвищеної ефективності), енергозбереження (термомодернізація огорожувальних конструкцій будівель, внутрішніх та зовнішніх та трубопроводів), альтернативні джерела енергії (теплові насоси, сонячні та вітрові перетворювачі енергії), «розумне» енергоспоживання та ін.

4. Досліджено ефективність методу РВПТ на об'єктах соціальної інфраструктури різних типів: «навчальний заклад», «житловий будинок», «група громадських будівель»; встановлено, що потенціал ресурсоенергозбереження цих об'єктів в результаті впровадження рекомендованих природоохоронних технологій складає 70-89 %, рівень

2. Важливим в декарбонізації циркулярної економіки є конверсія енергетичних ресурсів та різного роду відходів комунальної енергетики та об'єктів соціальної інфраструктури. Перспективним напрямком термохімічної конверсії є низькотемпературний піроліз. Підхід до піролізної переробки відходів з використанням модифікованих природних каталізаторів є перспективним і залишає вільну нішу для термохімічної конверсії (температурний інтервал в околі 350-550°C) великої кількості вторинної органічної сировини в контексті функціонування рециклінгу, декарбонізації та циркулярної економіки.

3. Виробничий процес виготовлення синтетичного (кам'яного) паперу не вимагає витрат деревини та інших компонентів, які роблять відходи целюлозно-паперової промисловості екологічно небезпечними та отруйними. Синтетичний папір не потребує спеціальної утилізації чи спалювання, може бути біорозкладним і перетворюватися у добрива та може повторно надалі використовуватися для виробництва продуктів із пластику, а також для будівельних ізоляційних та покривних матеріалів. Головне, він є екологічно виваженим, бо не потребує волокон целюлози, як рослинного полімеру, заощаджуючи таким чином лісові ресурси планети. Крім того, розроблена інноваційна технологія відповідає сучасній національній політиці розвитку низьковуглецевої промисловості та концепції декарбонізації економіки і має широкі ринкові перспективи.

4. Розроблено рекомендації щодо використання результатів проведених досліджень: в навчальному процесі – створення на базі кафедри ЕХТЗД ВНТУ інноваційного Освітньо-наукового центру технологій декарбонізації, енергоефективності і посмайнінгу, в сфері моніторингу довкілля – оцінка ефективності декарбонізації урбанізованих територій з використанням програмного комплексу ЕОЛ-2000 [h], в сфері економіки – оцінка ефективності методу РВПТ при прямому та дисконтованому інвестуванні.

## ВИСНОВКИ

В монографії вирішено актуальну науково-прикладну задачу підвищення ефективності декарбонізації урбанізованих територій за рахунок використання удосконалених методів впровадження природоохоронних технологій на об'єктах соціальної інфраструктури, що передбачають підвищення раціональності використання інвестиційних ресурсів. Результати проведених досліджень дозволяють зробити такі основні висновки.

1. Проаналізовано прогресивний досвід використання та систематизовано інноваційні природоохоронні технології, що сприяють декарбонізації антропогенної діяльності: технологій ресурсо- та енергозбереження, відновлювальної енергетики, альтернативних джерел енергії та палива, циркулярної економіки тощо.

2. Створено та науково обґрунтовано доцільність практичної реалізації методу раціонального впровадження природоохоронних технологій на об'єктах соціальної інфраструктури, яким передбачається скорочення інвестиційних витрат на процес впровадження за рахунок використання його потенціалу самофінансування, що дозволяє підвищити ефективність декарбонізації урбанізованих територій.

3. Удосконалено метод багатокритеріального аналізу ефективності процедур впровадження природоохоронних технологій шляхом розподілу екологічних показників по групах за ознакою отриманого ефекту: декарбонізація, ресурсозбереження, енергозбереження, захист довкілля та ін., що дозволяє підвищити інформативність такого аналізу та аргументованість прийнятих на його основі технічних рішень щодо екологічної модернізації досліджуваного об'єкту інфраструктури.

4. Дістала подальшого розвитку математична модель енергоефективності систем теплопостачання та теплозабезпечення об'єктів соціальної інфраструктури шляхом їхнього представлення у вигляді єдиного технічного комплексу «виробник-транспортувальник-споживач» теплової енергії, що дозволяє підвищити ефективність практичної реалізації методу РВПТ в таких комплексах та їхніх елементах.

5. Розроблено методику визначення основних параметрів та показників ефективності процесу РВПТ, якими є: кількість технологій,

що входять до кожного етапу процедури впровадження, вартості та періоди початку і завершення етапів і процедури в цілому, показники річної та довгострокової еколого-економічної ефективності етапів і процедури в цілому.

6. Систематизовано рекомендовані до впровадження на об'єктах соціальної інфраструктури природоохоронні технології, що сприяють декарбонізації урбанізованих територій, за групами: ресурсозбереження – енергогенеруючі установки підвищеної ефективності, енергозбереження – термомодернізація огорожувальних конструкцій будівель, внутрішніх та зовнішніх та трубопроводів, альтернативні джерела енергії – теплові насоси, сонячні та вітрові перетворювачі енергії, «розумне» енергоспоживання та ін.

7. Досліджено ефективність методу РВПТ на об'єктах соціальної інфраструктури різних типів: «навчальний заклад», «житловий будинок», «група громадських будівель» та встановлено, що потенціал ресурсоенергозбереження цих об'єктів в результаті впровадження рекомендованих природоохоронних технологій складає 70-89 %, а рівень скорочення інвестиційних витрат при виконанні методу РВПТ становить 55-62 %.

8. Розроблено рекомендації щодо використання результатів проведених досліджень: в навчальному процесі – створення на базі кафедри ЕХТЗД ВНТУ інноваційного Освітньо-наукового центру технологій декарбонізації, енергоефективності і посмайнінгу (ОНЦ ТДЕП), в сфері моніторингу довкілля – оцінка ефективності декарбонізації урбанізованих територій з використанням програмного комплексу ЕОЛ-2000 [h], в сфері економіки – оцінка ефективності методу РВПТ при прямому та дисконтованому інвестуванні.

9. Результати досліджень впроваджено в навчальні процеси підготовки студентів ВНТУ та виробничу діяльність, зокрема ПП «ІнтерЕко».

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Екологічно чистий спосіб виготовлення маси для синтетичного паперу : заявка на винахід UA : МПК D21H 27/00, D21H 13/26 (2021.01) / В. Г. Петрук, Г. Д. Петрук, К. Ю. Гура (Україна); № U202200774; заявл. 05.07.2022 ; опубл. 22.02.2023, Бюл.№9. 6с.
2. Гура К. Ю., Петрук В. Г. Аналіз сучасних тенденцій декарбонізації та екомодернізації енергетики України і світу. *Вісник Вінницького політехнічного інституту*. Вінниця, 2021. №5. С. 19 – 26.
3. Гура К. Ю., Петрук В. Г. Аналіз шляхів реалізації стратегії низьковуглецевого розвитку економіки України [Електронний ресурс]. *Екологія/Ecology-2021: збірник наукових праць VIII-го Міжнародного з'їзду екологів*, м. Вінниця, 22-24 вересня 2021 р. Вінниця, 2021. С. 410 – 412.
4. Коріненко Б. В., Худоярова О. С., Гура К. Ю., Ранський А. П. Циркулярна економіка та термохімічна конверсія твердих відходів. *Вісник ВПІ*. Вінниця, 2021. №4. С.7 – 19.
5. Петрук В. Г., Полив'янчук А. П., Петрук Г. Д., Гура К. Ю., Файчук В. В. Декарбонізація та екомодернізація економіки як ресурсоенергоєфективний шлях післявоєнної відбудови України. *Екологічні проблеми*, 2024. Том 9, №2. С.73-77.
6. Polyvianchuk A., Petruk V., Petruk G., Gura K., Semenenko R. Study of the effectiveness innovative measures for energy saving in educational institutions. *Multidisciplinary academic notes. Theory, methodology and practice: The XXVII International Scientific and Practical Conference*, July 12 - 15, 2022, Prague, Czech Republic. 473 p.
7. Петрук В. Г., Машков О. А., Абідов С. Т., Гура К. Ю. Методологія інтегрованого управління екологічною безпекою природоохоронних систем. *Екологічні науки*. 2021. Вип. 2 (35). С. 153 - 161.
8. Polyvianchuk A., Malyarenko V., Semenenko R., Gura K., Varbanov P. S., Arsenyeva O. The general-purpose approach for estimation of residential heating systems efficiency using the various energy sources Author links open overlay panel. *Energy and Building*. Volume 296. Oktober 2023. P.21. 113390. (Scopus, 1 квартиль).
9. Гура К. Ю. Перспективні технології використання геотермальної енергії. *Новини енергетики*. 2010. №5. С.35 – 51.

10. Гура К. Ю., Іванько Д. К., Міщенко Д. К. Сонячні теплові електростанції. *Електрик*. 2010. №3-4. С.34 – 37.
11. Гура К. Ю. Теплові насоси. *Новини енергетики*. 2010. №4. С.39 – 54.
12. Гура К.Ю. Сонячна енергетика – альтернативний шлях отримання тепла та електроенергії. *IV-а Всеукраїнська конференція «Інновації у науці та технологіях»*: зб. Доп. М. Київ: НТТУ «КПІ». 19 березня 2010 р. Київ, 2010. С.23.
13. Кулик М. П. Аналіз екологічної небезпеки об'єктів теплової енергетики та методів зменшення шкідливих впливів. *Вісник інж. Акад. України*. 2014. Вип. 2. С. 253 – 258.
14. Intergovernmental Panel on Climate Change. ISBN978-0-511-54601-3.
15. Євроінтеграційний портал. Ресурсно-аналітичний центр «Суспільство і довілля» Європейський зелений курс: можливості та загрози для України, Аналітичний документ, 2020. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://eu-ua.kmu.gov.ua/analityka/analitychnyy-dokument-yevropeyskyy-zelenyy-kurs-mozhlyvosti-ta-zagrozy-dlya-ukrayiny>.
16. МЗДПРУ. Проєкт аналітичного огляду Національного визначеного внеску до Паризької угоди. 2021. С. 4 – 7. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://mepr.gov.ua>.
17. Глущенко А. М. Декарбонізація металургії: роль економічної політики держави. *The Problems of Economy*. 2020. №1. С. 340 – 347.
18. Білявський М. Україна і глобальна політика декарбонізації Центр Разумкова. [Електронний ресурс]. Режим доступу: [https://razumkov.org.ua/uploads/article/2021\\_Ukraine%20and%20the%20Global%20Policy%20of%20Decarbonisation.pdf](https://razumkov.org.ua/uploads/article/2021_Ukraine%20and%20the%20Global%20Policy%20of%20Decarbonisation.pdf).
19. Резолюція Генасамблеї ООН №45/212.
20. Цілі ЄС щодо захисту клімату. Interfax–Україна. 2020. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://ua/interfax.com.ua/news/general/688450.html>.
21. «Зелена металургія: чому в Україні не працює жоден фінансовий стимул для декарбонізації промисловості. *Економічна правда*. Квітень 2021. (За підтримки «Інтерпайп сталь»).



22. Штуббе Рувен, Цахманн Георг. Назустріч програмі зеленої модернізації України. *ВоксУкраїна*. 2021. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://voxukraine.org/nazustrich-programi-zelenoyi-modernizatsiyi-ukrayiny/>.
23. Murray A., Skene K., and Haynes K. The Circular Economy: An Interdisciplinary Exploration of the Concept and Application in a Global Context. *Journal of Business Ethics*, 2017. Vol.140. P.369 - 380.
24. Korhonen J., Honkasalo A., and Seppala J. Circular Economy: The Concept and its Limitations. *Ecological Economics*, 2018. Vol.143. P. 37-46.
25. Matynshok V., Sergio B., Balashova B. and Gomonov K. Influence of smartgrid and renewable energy sources on energy efficiency: foreign experience. *Russian Journal of Economics*, 2017. Vol.25(4). P.583-598. <https://doi.org/10.22363/2313-2329-2017-25-4-583-598>.
26. Planet. The Circular Carbon Economy. ARAMCO. [Electronic resource]. Available: <https://www.aramco.com/en/making-a-difference/planet/the-circular-carbon-economy>.
27. Khudoyarova O., Gordienko O., Blazhko A., Sydoruk T., and Ranskiy A. Desulfurization of Industrial Water-Alkaline Solutions and Receiving New Plastic Oils. *J. Ecological Engineering*, 2020. Vol.21(6), P.61 - 66.
28. Ranskiy A., et al. Integration of Technological Cycles of Industrial Waste Processing. *J. Ecological Engineering*, 2021. Vol. 22(6). P.209 - 213.
29. Dimitris Achilias et al. Recent Advances in the Chemical Recycling of Polymers (PP, PS, LDPE, HDPE, PVC, PC, Nylon, PMMA). *Saloniki: InTech*, 2012. 406p.
30. Коріненко Б. В., Худоярова О. С., Хутько М. В., Ранський А. П. Особливості термодеструкції вторинної полімерної сировини. *Вісник Вінницького політехнічного інституту*, 2021. №1. С.29 -35.
31. The Covenant of Mayors for Climate and Energy Reporting Guidelines. *Covenant of Mayors & Mayors for climate and energy. Adapt Offices and the Joint Research Centre of the European Commission*, 2016. 78p.
32. Alibekova A., Shaimerdenova G., Agilbaeva M. Ecological problems of thermal powerplants. *Journal of Industrial Technology and Engineering*, 2013. №4(09). P. 40-44.

33. Varlamov G., Didik I. The main features of the implementation of the principle of environmental equilibrium on the ecological object. *Osnovni osoblyvosti realizaciyi I pryncypu ekolohichnoyi rivnovahy na ekolohichnomu ob'yekti. Youngscientist:scientific journal*, 2016. P.3,104-107.
34. Doroguntsov S., Kotsenko K., Hvesik M. Ecology: a textbook. *Ekolohiia: Pidruchnyk. KNEU*. 2005. 104p.
35. Prutska O., Fedik O. The current state and problems of development of alternative energy in Ukraine. *Suchasnyi Stan ta Problemy Rozvytku Alternatyvnoi Enerhetyky v Ukraini. VNAU*. 2012. №1(56), Vol.2. P.158–164.
36. Sten I. Analysis of constructions of hot water supply systems used in Ukraine. *Analiz konstrukcij geliosistem garyachogo vodopostachannya, yaki vikoristovuyutsya v Ukrayini*, 2018. P.1,131-132.
37. Kupalova I. Determination of emissions by stationary sources. *Vyznachennia Obsiahiv Vykydiv Statsionarnymy Dzherelamy. Visnyk. Officially about taxes*, 2016. 32(889). P.32-37.
38. Нижник Н. Р., Машков О. А. Системный подход в организации государственного управления: Навч. посіб./Заг. ред. Н. Р. Нижник. Київ: УАДУ, 1998. 160 с.
39. Нижник Н. Р., Машков О. А., Мосов С. П. Контроль у сфері державного управління. *Вісник УАДУ*, 1998. №2. С.23 -31.
40. Петрук Р. В. Наукове обґрунтування оптимальних форм інтегрованого управління екологічною безпекою непридатних пестицидів та пестицидвмісних відходів: дис... докт. тех. наук: 21.06.01. ДЕАПОУ. Київ, 2020. 345 с.
41. Україна: Ефективність малої енергетики. ЕС- Energy Centre. Kyiv. Ukraine. 1995.
42. Status Report on Solar Power Plants. Pilkington Solar International Report ISBN 3-9804901-0-6.
43. Федоренко Г. М., Постніков В. І., Саратов В. А. Перспективи генерування теплової та електричної енергії на сонячних ТЕС півдня України. *Новини енергетики*, 2001. №11. С. 9 - 13.
44. The Covenant of Mayors for Climate and Energy Reporting Guidelines /Covenant of Mayors & Mayors for climate and energy. Adapt Offices and the Joint Research Centre of the European Commission, 2016. 78p.
45. Alibekova, A., Shaimerdenova, G., Agilbaeva, M. Ecologica

problems of the thermal powerplants. *Journal of Industrial Technology and Engineering*, 2013. №4(09). P. 40-44.

46. Varlamov G., Didik I. The main features of the implementation of the principle of environmental equilibrium on the ecological object. Osnovni osoblyvosti realizaciy pryncypu ekolohichnoyi rivnovahy na ekolohichnomu ob'yekti. *Youngscientist:scientific journal*, 2016. 1.P.3,104-107.

47. Doroguntsov S., Kotsenko K., Hvesik M. Ecology: a textbook. *Ekolohiia: Pidruchnyk*, 2005. KNEU. 104 p.

48. Prutska O., Fedik O. The current state and problems of development of alternative energy in Ukraine. *Suchasnyi Stan Ta Problemy Rozvytku Alternatyvnoi Enerhetyky v Ukraini*, 2012. VNAU, 1(56). Vol.2. P.158-164.

49. Sten I. Analysis of constructions of hot water supply systems used in Ukraine. *Analiz konstrukcij geliosistem garyachogo vodopostachannya, yaki vikoristovuyutsya v Ukrayini*, 2018. P.1, 131-132.

50. Flat solar collectors Logasol SKT 1.0. Buderus Ukraine. Electronic resource. <https://www.buderus.com/ua/uk/ocs/logasol-skt-10-18527658-p/>.

51. Kupalova I. Determination of emissions by stationary sources. *Vyznachennia Obsiahiv Vykydiv Statsionarnymy Dzherelamy. Visnyk. Officially about taxes*, 2016. 32(889). P.32-37.

52. Прокопенко В. В., Закладной О. М., Кульбачний П. В. Энергетичний аудит з прикладами та ілюстраціями: Навчальний посібник. Київ: Освіта України, 2008. 438 с.

53. Энергобереження на підприємствах промисловості та житлово-комунального господарства: Практичний посібник. Луганськ: Лунный свет, 2009. 680 с.

54. Альтернативная энергетика и энергосбережение: современное состояние и перспективы: Учебное пособие. Харьков: Вокруг света, 2004. 313 с.

55. Бут О. А., Бандурян Б. Б., Свтухов В. Я. та ін. Тепловізійні обстеження промислових підприємств – важливий інструмент на шляху до раціонального енергоспоживання: *Новини енергетики*, 2003. №1-2. С. 39 - 41.

56. ТОВАЖНЯНСКИЙ Л. Л., КОТЕЛЬНИК В. М. и др. Интегрированные энергосберегающие теплотехнологии в стекольном производстве: Монография. Под ред. В. М. Кошельника. Харьков: НТУ «ХПИ», 2008. 628 с.

57. Конеченкова А., Остапенко С. Энергия тепла Земли.

*Электронпанорама*, 2003. №7-8. С. 19 -23.

58. Конеченков А. Е. Новые энергетические директивы ЕС. *Электронпанорама*, 2008. №6. С.7 - 13.

59. Геотермальное энергоснабжение. [www.esco.co.ua/journal/2005\\_11/art07\\_28.htm](http://www.esco.co.ua/journal/2005_11/art07_28.htm).

60. Україна: Ефективність малої енергетики. ЕС- Energy Centre, Kyiv, Ukraine. 1995.

61. Status Report on Solar Power Plants. Pilkington Solar International Report ISBN 3-9804901-0-6.

62. Федоренко Г. М., Постніков В. І., Саратов В. А. Перспективи генерування теплової та електричної енергії на сонячних ТЕС півдня України. *Новини енергетики*, 2001. №11. С.19 -24.

63. Рожелюк М. М. Досвід використання регенеративних джерел енергії в Україні та країнах Європи. НУ «Києво-Могилянська академія», 2022. С. 84-94.

64. Про альтернативні джерела енергії: Закон України від 20 серпня 2022 р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/555-15#Text>

65. Сонячна енергетика: теорія та практика / Мисак Й. С., Возняк О. Т., Дацько О. С., Шаповал С. П. Львів: НУ «Львівська політехніка», 2014. 340 с.

66. Присяжнюк Н. Втрати та перспективи сонячної енергетики під час війни в Україні. *Speka.media/p168dv*, 2023.

67. Сонячна енергетика в Україні. URL: [Aveston.com/articles/solar-in-ukraine-2019/](http://Aveston.com/articles/solar-in-ukraine-2019/)

68. Кудря С. О. Нетрадиційні та відновлювальні джерела енергії. Київ: НТУУ «КПІ ім. І.Сікорського», 2012. 304 с.

69. Енергія сонця. [Електронний ресурс]. URL: [https://generacia.org.ua/?gad\\_source=1&gclid=CjwKCAjwl4yyBhAgEiwADSEjeNj6S6cn2RWQKcJ\\_UnBzTz6jMTxn8yCJXL\\_burjHI4Ut8b\\_xnZ3AShoCAHgQAvD\\_BwE](https://generacia.org.ua/?gad_source=1&gclid=CjwKCAjwl4yyBhAgEiwADSEjeNj6S6cn2RWQKcJ_UnBzTz6jMTxn8yCJXL_burjHI4Ut8b_xnZ3AShoCAHgQAvD_BwE)

70. Способи використання сонячної енергії в будинках і в промисловості. [Електронний ресурс]. URL: [https://isolar.com.ua/ua/price/?utm\\_source=google&utm\\_medium=cpc&utm\\_campaign=google&utm\\_content=1&gad\\_source=1&gclid=CjwKCAjwl4yyBhAgEiwADSEjePKSbnBo0DJcb0ZO2MuQRnH8J63RwJziQf7PsNAjOJO\\_ed5rFmiRQBoCdtsQAvD\\_bwE](https://isolar.com.ua/ua/price/?utm_source=google&utm_medium=cpc&utm_campaign=google&utm_content=1&gad_source=1&gclid=CjwKCAjwl4yyBhAgEiwADSEjePKSbnBo0DJcb0ZO2MuQRnH8J63RwJziQf7PsNAjOJO_ed5rFmiRQBoCdtsQAvD_bwE)

71. ДСТУ 2101-92. Папір. Терміни та визначення. К.: Держстандарт України, 1992. 91 с.
72. ДСТУ 2098-92. Виробництво паперу та картону. Терміни та визначення.
73. Коптюх Л. А., Стретович С. С. Процес підготовки паперової маси для виробництва паперу для писання та друку. Пат. №105488, МКП (2006): D21H 11/04, опубл. 25.03.2016, бюл. № 9/2016.
74. Демишин Т. І., Антоненко Л. П. Розробка синтетичного електроізоляційного матеріалу і обладнання харчових та хімічних виробництв. Технологічний аудит і резерви виробництва. Київ, 2014. № 6/5 (20). С. 20-21.
75. Stone Paper carbonate with a plastic resin as a binder. It is found on the global market, available/ February, 2020.
76. Розвиток вітряної електроенергетики до 2020 року /uk.wikipedia.org/wiki/ Вітрова енергетика України.
77. Вітряні електростанції та зміни клімату/ Василюк О., Кривохижа М., Прекрасна Є., Норенко К. К.:UNCG, 2015. 32с.
78. Вітрова енергетика, переваги та недоліки/ terpla.com.ua/vitrova-energetika-perevagi-ta-nedoliki/.
79. Вітроенергетика. Держефективності України/ saee.gov.ua.
80. Вітрова енергетика. Світові тенденції 2023/ volovetspp.com/news/ vitrova-energetika-svitovi-tendenciyi -2023.
81. Семененко Р. А. Зменшення негативного впливу комунальної енергетики на довкілля шляхом поетапного, раціонального впровадження енергоефективних заходів. Дис. на здобуття наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 183 «Технології захисту навколишнього середовища». Вінницький національний технічний університет МОН України, Вінниця, 2024. 206 с.
82. А. П. Полив'янчук, Н. М. Полив'янчук, Р. А. Семененко, [та інш.] Дослідження еколого-економічної ефективності геліосистем при реалізації концепції сталого розвитку в комунальній енергетиці. Комунальне господарство міст. Серія: Технічні науки та архітектура. № 1 (147). С. 83-88, 2019. ISSN 2522-1817.
83. ДСТУ Б EN 13187:2011 Теплові характеристики будівель. Якісне виявлення теплових відмов в огорожувальних конструкціях

Інфрачервоний метод (EN 13187:1998, IDT) [Чинний від 01.01.2013] Вид. Офіц. Київ :Мінрегіонбуд України, 2012.

84. ДСТУ Б EN ISO 7730:2011 Ергономіка теплового середовища. Аналітичне визначення та інтерпретація теплового комфорту на основі розрахунків показників PMV і PPD і критеріїв локального теплового комфорту (EN ISO 7730: 2005, IDT) [Чинний від 01.07.2013] Вид. Офіц. Київ :Мінрегіонбуд України, 2012.

85. The Covenant of Mayors for Climate and Energy Reporting Guidelines / Covenant of Mayors & Mayors for climate and energy. Adapt Offices and the Joint Research Centre of the European Commission, 2016. 78 p.

86. Alibekova A., Shaimerdenova G., Agilbaeva M. Ecological problems of thermal power plants. Journal of Industrial Technology and Engineering, 2013. Вип. 4(09). Р. 40-44.

87. Варламов Г. Б., Дідик І. С. Основні особливості реалізації принципу екологічної рівноваги на екологічному об'єкті. Молодий вчений, 2016. Вип. 1/ Ч. 3. С. 104-107.

88. Маляренко В. А., Щербак І. Є. Аналіз споживання паливно-енергетичних ресурсів України та їх раціонального використання. Вісник НТУ «ХП». Серія: Енергетичні та теплотехнічні процеси й устаткування, 2013. Вип. 14(988). С. 118-126.

89. Polyvianchuk A., Belousov I., Semenenko R. Development and implementation methods multicriteria evaluation of efficiency energy saving activities in the field of heat supply // Modern engineering research: topical problems, challenges and modernity: Collective monograph «Baltija Publishings, 2020. -Р . 370-396. DOI: <https://doi.org/10.30525/978-9934-588-47-1.17>.

90. Держстат України. Пояснення щодо розрахунку обсягів викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря від стаціонарних джерел забруднення. Розділи «Діяльність»/«Консультації фахівців»/«Коментарі фахівців» [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://www.ukrstat.gov.ua> (датазвернення: 28.09.2024).

91. Збірник показників емісії (питомих викидів) забруднюючих речовин в атмосферне повітря різними виробництвами. [Чинний від 2004-01-01] Вид. Офіц. Донецьк: Укр.наук-й центр технічної екології. Том 1. 2004.

92. ДСТУ 9191:2022 Теплоізоляція будівель. Методи вибору теплоізоляційного матеріалу для утеплення будівель. [Чинний від 2023-03-01] Вид. Офіц. Київ :Мінрегіонбуд України, 2023.

93. Варламов Г. Б., Любчик Г. М., Маляренко В. А. Теплоенергетичні установки та екологічні аспекти виробництва енергії: підручник. Київ: ІВЦ «Видавництво «Політехніка», 2003. 232 с.

94. ДСТУ-Н Б В.1.1-27: 2010. Будівельна кліматологія. [Чинний від 2011-11-01]. Київ: Мінрегіонбуд України, 2011. 127 с.

95. КТМ 204 Україна 244-94. Норми та вказівки по нормуванню витрат палива та теплової енергії на опалення житлових та громадських споруд, а також на господарсько-побутові потреби України. Київ : ЗАТ «ВПОЛ» ДК № 15, 2011. 376 с.

96. Гром А. С., Худенко А. А., Азутов В. П. Методика визначення нераціонального (неефективного) використання паливно-енергетичних ресурсів. Київ: Держінспекція з енергозбереження, 2006. 134 с.

97. ДСН 3.3.6.042-99. Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень. URL: [http://sop.zp.ua/norm\\_dsn\\_1999\\_3\\_3\\_6\\_042-99\\_02\\_ua.php](http://sop.zp.ua/norm_dsn_1999_3_3_6_042-99_02_ua.php).

98. Сухонос М. К., Полив'янчук А. П., Коваленко Ю. Л. та ін. Створення та апробація концепції комплексного оцінювання енергетичної, екологічної та економічної ефективності заходів з енергозбереження в будівлях. Комунальне господарство міст. Серія «Економічні науки», 2018. Вип. 6 (145). С. 33-37. DOI: 10.33042/2522-1809-2018-6-145-33-37.

99. ДБН В.2.6-31:2021 Теплова ізоляція будівель [Чинний від 2022-09-01]. Вид. Офіц. Київ: Мінрегіон України, 2022.

100. ДСТУ 9190:2022 Енергетична ефективність будівель. Метод розрахунку енергоспоживання під час опалення, охолодження, вентиляції, освітлення та гарячого водопостачання [Чинний від 2023-03-01] Вид. Офіц. Київ: Мінрегіонбуд України, 2022.

101. СНиП 2.04.14-88 Теплова ізоляція обладнання і трубопроводів [Чинний від 1990-01-01]. 1989.

102. ДБН В.2.5-67:2013 Опалення, вентиляція та кондиціонування [Чинний від 2014-01-01]. Вид. Офіц. Київ: Мінрегіон України, 2013.

103. Газові настінні конденсаційні котли Logamax plus GB162 [електронний ресурс] / Режим доступу: <https://www.buderus.com/ua/uk/ocs/logamax-plus-gb162-18527616-p/>.
104. Технічні характеристики та документи. Пласкі сонячні колектори Logasol SKT 1.0 [електронний ресурс] / Режим доступу: <https://www.buderus.com/ua/uk/ocs/logasol-skt-10-18527658-p/>.
105. Інструкція з експлуатації та монтажу. Тепловий насос типу “повітря-вода” CS5000AW [електронний ресурс] / Режим доступу: [https://www.magmaenergy.com.ua/uploads/CS5000AW-22-O\\_customer-install-manual.pdf](https://www.magmaenergy.com.ua/uploads/CS5000AW-22-O_customer-install-manual.pdf).
106. HERZ Smart Comfort: дистанційне управління комфортом оселі [електронний ресурс] / Режим доступу: <https://herz.ua/blog/category/akcziyi/herz-smart-comfort-dystanczijne-upravlinnya-komfortom-oseli/> (дата звернення: 23.09.2021).
107. Polyvianchuk A., Malyarenko V, Semenenko R., Gura K., SabevVarbanov P, Arsenyeva O The general-purpose approach for estimation of residential heating systems efficiency using the various energy sources. *Energy and Buildings*, 2023. – 113390 – р 23. DOI:<https://doi.org/10.1016/i.enbuild.2023.113390>.
108. Polyvianchuk A., Semenenko R., Kapustenko P, Klemes J. J., Arsenyeva O. The efficiency of innovative technologies for transition to 4<sup>th</sup> generation of district heating systems in Ukraine *Energy*, 2023. Vol. 263. Part D. – р. 11. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.energy.2022.125876>.
109. Шмандій, В. М. Екологічна безпека [Текст]: підручник. / В. М. Шмандій, М. О. Клименко, Ю. С. Голік та ін. Кременчук. Нац. Ун-т ім. Михайла Остроградського, 2013. 364 с.
110. Прутська О. О. Сучасний стан та проблеми розвитку альтернативної енергетики в Україні [Текст] / О. О. Прутська, О. Ю. Федик // Збірник наукових праць ВНАУ (Вінницький національний аграрний університет). 2012. No1 (56). Том 2. С. 158-164.
111. Petruk V., Polyvyanchuk A., Petruk G., Hura K., Faichuk V. Decarbonization and ecomodernization of the economy as a resource-energy-efficient way of post-war reconstruction of Ukraine *Environmental Problems*, 2024. Vol 9. №2. 6 p.
112. Полив'янчук А. П., Полив'янчук Н. М., Семененко Р. А., Романенко С. В., Онацький Д. П. Дослідження еколого-економічної ефективності геліосистем при реалізації концепції сталого розвитку в



комунальній енергетиці. Комунальне господарство міст. Серія: Технічні науки та архітектура, 2019. № 1 (147). С. 83-88. DOI: <https://doi.org/10.33Q42/2522-1809-2019-1-147-83-88>.

113. Штен І. Аналіз конструкцій геліосистем гарячого водопостачання, які використовуються в Україні [Текст]/ І. Штен // Збірник тез Міжнародної студентської науково-технічної конференції. Природничі та гуманітарні науки. Актуальні питання, 2018. Т. 1. С. 131-132.

114. Вовчак В. Кращі з доступних технологій для житлово-комунального господарства України. Керівництво з відбору технологій [Текст]/ В. Вовчак, О. Тесленко, О. Самченко, Д. Сушкова; під редакцією С. Єрмілова. К.: «Поліграфплюс», 2016. 134 с.

## ДОДАТОК А – ПАРАМЕТРИ ТЕПЛОВИХ НАСОСІВ

Таблиця А.1 – Характеристики найефективніших теплових насосів

Наменування характеристик	Модель 1VT Greeline					
	HT Plus C/E6	HTPlus C/E 7	HT Plus C/E 9	D14	D20	D40
Потужність віддачі/Потужність споживання (та температури $i = 0/35^{\circ}\text{C}$ ), кВт	5,9/1,3	7,3/1,6	9,1/2	13,8/3,2	21/5,1	41,5/10,4
Потужність віддачі/Потужність споживання (за температури $i = 0/50^{\circ}\text{C}$ ), кВт	5,4/1,7	6,9/2,1	8,4/2,6	13,5/4,6	20/7,1	40,9/14,3
Номінальна витрата через опалювальний трубопровід, к/с	ОДО	0,25	0,31	0,79	1,16	2,39
Допустима зовнішня втрата тиску системи обігрівання за умови номінальної витрати, кПа	36	36	34	41	45	62
Максимально допустима зовнішня втрата тиску земляного контура, кПа	49	45	44	75	63	47
Максимальна температура виходу, $^{\circ}\text{C}$	65			55		
Хладагент і R 407 C, кі	1,35	1,4	1,5	1,8	3,7	8,5
Габаритні розміри, мм	600x600x2795		600x600x1500		700x700x1500	
Маса, кг	146	152	155	180	210	230

Таблиця А.2 – Характеристики теплових насосів з повітряними теплообмінниками марки IVT 495 TWIN

Найменування характеристики	Значення характеристики
Потужність обігрівання, що виробляється, за температури 0°C /50°C, кВт	3,9
Споживана електрична потужність за температури 0°C/50°C, кВт	135
Номінальна витрата, система обігрівання, к/с	одо
Максимальна витрата, відпрацьоване повітря, м/год	270
Довжина труби, м	150/400
Електричний котел, кВт	6,9 або 135
Компресор	Scroll
Вбудований бойлер для гарячої води з неіржавіючої сталі, л	16357
Максимальна температура системи обігрівання на виході	58
Хладагент Я407 С, кг	ІД
Габаритні розміри, мм	600x615x2090
Маса, кг	200

Таблиця А.3 – Переваги теплових насосів

Найменування переваги	Характерні особливості переваги
Економічність	Теплові насоси в 1,2-2,5 рази економічніші порівняно з газовими котлами; їх ККД перевищує одиницю, оскільки для забезпечення передачі в систему обігрівання будівель 1 кВтгод теплової енергії тепловий насос виграна на роботу привода лише 0.2- 0.35 кВтгод електроенергії
Енергозбереження	Теплові насоси, відбираючи накопичену в землі (воді, повітрі) відновлювану низькопотенціальну теплову енергію і перекачуючи її в опалювальний об'єкт, не споживають невідновлювані енергоресурси
Екологічність	Теплові насоси не спалюють паливо і тому під час їх роботи не утворюються шкідливі для здоров'я і оточуючого середовища оксиди типу CO; CO <sub>2</sub> ; NO <sub>x</sub> ;тощо. Внаслідок цього обігрівання і кондиціонування будівель тсплонасосамн не несе ніякої екологічної загрози для навколишнього середовища і для людей, які знаходяться в цих будівлях

Продовження табл. А.3

Найменування переваги	Характерні особливості переваги
Вибухо- та пожежобезпека	Оскільки в теплових насосах не використовується паливо, відсутні небезпечні гази чи їх суміші, немає відкритого вогню, і жодна з деталей не нагрівається до температур займання горючих матеріалів, а максимальна температура, до якої нагріваються теплові насоси, не перевищує +65°C, то ці теплоустановки абсолютно вибухо- та пожежобезпечні
Надійність	Внаслідок відсутності в теплових насосах рухомих частин (крім компресора) і достатності проведення під час їх експлуатації лише сезонного техогляду їхній строк служби без капітального ремонту становить не менше 15-25 років
Незалежність від газу	Відсутня необхідність прокладання дорогої газової магістралі, оскільки для роботи теплового насоса необхідна лише електрика або дизельний чи бензиновий двигун
Комфорт	Робота теплових насосів характеризується: безшумністю (вони працюють не голосніше, ніж холодильники) і відсутністю необхідності спеціальної вентиляції приміщень, де відбувається нагрівання води і теплоносія; створенням бажаного мікроклімату в приміщеннях за допомогою погодозалежної автоматики і мультизонального контролю; використанням теплонасоса влітку в якості кондиціонера чи підігрівача домашнього басейну
Універсальність	Універсальність теплових насосів проявляється: 1) в їх оборотності (реверсивності), тобто в можливості їх переходу з режиму обігрівання взимку на режим кондиціонування влітку (тоді замість радіаторів до зовнішнього колектора підключаються фанкойли, які забезпечують як обігрів, так і охолодження; 2) в їх здатності відбирати тепло не лише з землі, водоймищ, а й з відпрацьованого кімнатного повітря, а також з інших відходів людської життєдіяльності; 3) у можливості застосовувати для привода компресора не лише електричний, а й дизельний чи бензиновий двигун
Перспективність подальшого застосування	За прогнозами Світового енергетичного комітету доля теплових насосів в системі забезпечення теплопостачання до 2020 року зросте до 75%

Таблиця А.4 – Геотермальна енергія в світі

Найменування континенту	Тип геотермального джерела енергії		
	високотемпературне, що використовується для вироблення електроенергії, ТДж/рік		низькотемпературне, що використовується у вигляді теплоти. ТДж/рік (нижня межа)
	традиційні технології	традиційні і бінарні технології	
Європа	1830	3700	1830
Азія	2970	5900	2970
Африка	1220	2400	1220
Північна Америка	1330	2700	1330
Латинська Америка	2800	5600	2800
Океанія	1050	2100	1050
Світовий потенціал	11200	22400	11200

Таблиця А.5 – Застосування геотермального тепла

Значення температури геотермальної води, °С	Область застосування геотермального тепла
Понад 150	Вироблення електроенергії
Менше 100	Системи опалювання будівель і споруд
Близько 60	Системи гарячого водопостачання
Менше 60	Системи геотермального теплопостачання теплиць, геотермальні холодильні установки тощо

*Електронне наукове видання*

**Полив'янчук Андрій Павлович**

**Гура Костянтин Юрійович**

**Петрук Василь Григорович**

**ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ДЕКАРБОНІЗАЦІЇ ОБ'ЄКТІВ  
СОЦІАЛЬНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ МЕТОДОМ РАЦІОНАЛЬНОГО  
ВПРОВАДЖЕННЯ ІННОВАЦІЙНИХ ПРИРОДООХОРОННИХ  
ТЕХНОЛОГІЙ**

**Монографія**

Рукопис оформив: *В. Г. Петрук*

Оригінал-макет виготовлено в РВВ ВНТУ

Підписано до видання 10.03.2025 р.  
Гарнітура Times New Roman.  
Зам. № P2025-047.

Видавець та виготовлювач  
Вінницький національний технічний університет,  
Редакційно-видавничий відділ.  
ВНТУ, ГНК, к.114.  
21021, м. Вінниця, Хмельницьке шосе, 95,  
[press.vntu@gmail.com](mailto:press.vntu@gmail.com)  
Email:rvv.vntu@gmail.com  
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи  
серія ДК № 3516 від 01.07.2009 р.