

Київський національний університет імені Тараса Шевченка  
Географічний факультет  
Кафедра економічної та соціальної географії

На правах друку  
УДК 911.3

**ЗМІНИ В СТРУКТУРІ ЕКОНОМІКИ ВНАСЛІДОК ПЕРЕХОДУ  
УКРАЇНИ З ТРАДИЦІЙНОЇ НА АЛЬТЕРНАТИВНУ ЕНЕРГЕТИКУ**

Галузь знань: 10 природничі науки

Спеціальність: 106 Географія

Освітня програма: Урбаністика та регіональний розвиток

Магістерська робота  
Студента 2 курсу  
ОР «Магістр»  
**Жабко Всеволода Івановича**

Науковий керівник:  
к. геогр. н., доцент  
**Трусій Оксана Миколаївна**

Київ 2023

## **ЗМІСТ**

<b>ВСТУП</b>	<b>3</b>
<b>ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ</b>	<b>5</b>
<b>РОЗДІЛ 1. ТЕОРЕТИЧНІ ЗАСАДИ РОЗВИТКУ ЕНЕРГЕТИЧНОГО СЕКТОРУ</b>	<b>6</b>
1.1. Ключові напрямки розвитку сучасної енергетики	6
1.2. Державне планування у секторі енергетики	7
1.3. Роль енергетичного сектору в економіці	14
<b>РОЗДІЛ 2. ОЦІНКА СУЧАСНОГО СТАНУ ЕНЕРГЕТИЧНОГО СЕКТОРУ</b>	<b>17</b>
2.1. Аналіз генеруючих потужностей	17
2.2. Екологічність виробництва	22
2.3. Ключові технології в енергосекторі	30
2.4. Стійкість енергосистеми до різного типу загроз	35
2.5. Недоліки різних видів генерації	40
<b>РОЗДІЛ 3. ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ ЕНЕРГЕТИКИ</b>	<b>48</b>
3.1. Виробництво та споживання електроенергії домогосподарствами майбутнього	48
3.2. Недоліки та альтернативи енергетичної системи	52
3.3. Зміни внаслідок поступової відміни від використання вугілля	58
3.4. Сценарії розвитку енергетичного сектору	67
<b>ВИСНОВКИ</b>	<b>73</b>
<b>СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ</b>	<b>77</b>

## ВСТУП

**Актуальність теми:** енергетичний сектор є одним із стовпів економіки та тісно впливає на життя кожної людини. Рівень енергоспоживання тісно корелює із загальним добробутом. Проте крім кількісних показників виробництва важливими є екологічна та економічна оцінка енергозабезпечення. Дані напрямки від наукової, юридичної, технологічної та економічної бази.

Робота енергетики, проблеми з якими країна стикнулася під час війни та в умовах енергетичного переходу потребує детального, глибокого вивчення науковцями.

**Об'єкт дослідження:** енергетичний сектор України.

**Предмет дослідження:** зміни в структурі економіки внаслідок енергетичного переходу.

**Мета:** дослідження стану та перспектив об'єкта дослідження, потенційні вигоди для системи в цілому та окремих її елементів. Відповідно до мети були поставлені такі завдання

- Дослідити стан головних генеруючих потужностей.
- Визначити ключові тренди в розвитку енергетичного сектору в Україні.
- Оцінити рівень доступності електроенергії для кінцевих споживачів.
- Прослідкувати зміни внаслідок впровадження зеленого тарифу.
- Проаналізувати можливість залучення міжнародного досвіду та можливості застосування кредитів для будівництва нових генеруючих потужностей.
- Проаналізувати можливість використання українського досвіду нормального функціонування енергетики під час війни.
- Проаналізувати вплив енергетичного переходу на структуру зайнятості та рівність в оплаті праці

Енергетика багатогранна галузь, що потребує різних точок зору для вивчення. Енергетика з точки зору суспільно-географічних досліджувалась вітчизняними на закордонними науковцями: І. Коссе, Д.Ергін, аналітики ENSTO-E; І.Андрійчук, Г.Півняк, О.Агапова, Ю.Дубневич, Л.Рибченко, С.Кудря, В. Запотоцька

У процесі дослідження були використані наступні методи: аналізу (при аналізі спеціалізованої літератури), історичний (під час опрацювання змін при ретроспективному аналізі), описовий (під час розгляду потенціалу у впровадженні Power-to-gas технологій, математичний (при обробці статистичних даних), графічний (для побудови діаграм та графіків), логічні методи пізнання( індукція, дедукція, синтез, аналіз, узагальнення)

**Структура роботи.** Робота складається зі вступу, трьох розділів, висновків, списку використаних джерел і додатків.

## **ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ**

ВДЕ- Відновлювальні джерела енергії

ОЕС- Об'єднана енергетична система

КВПП –коефіцієнт використання встановленої потужності

ТН- тепловий насос

ЕЕ- електрична енергія

СЕМ – сотові електричні мережі

ГК-генеруюча компанія

# РОЗДІЛ 1. ТЕОРЕТИЧНІ ЗАСАДИ РОЗВИТКУ ЕНЕРГЕТИЧНОГО СЕКТОРУ

## 1.1. Ключові напрямки розвитку сучасної енергетики

Напрямки розвитку енергетики у світі існує два абсолютно протилежних точки зору щодо розвитку енергетики: зокрема наша держава може модернізувати ТЕС на викопному паливі інший напрямок руху це зовсім нова парадигма, навіть нова ідеологія. Суспільні дослідники стверджують, що ідеологія та суспільна думка зміниться в недалекому майбутньому і енергетика це лише одна із складових змін. Ідея стійкого розвитку, що домінує зараз в більшості країн світу базується на трьох китах: екологічності, неоліберальній моделі людських відносин, та концепції негативної свободи.

Екологічні проблеми виникли внаслідок стрімкого індустріального зростання 1960-1970-х роках і як відповідь до погіршення життя виникла ідея захисту природи від впливу людини. Згідно з цією теорією людина не має права вміщуватись в природній перебіг подій та не повинна нести вплив на навколишнє середовище. Прихильники теорії наполягали на скороченні викидів зокрема й від енергетики та використанні ВДЕ.

В багатьох розвинених і нормальних країнах світу вже впроваджується енергетичний перехід. Дана ідея орієнтується на використання ВДЕ, розвиток мережевої генерації та розмиття поняття кінцевий споживач/ малий виробник електричної енергії; в перспективі існує можливість використання штучного інтелекту для регулювання складної енергосистеми.

Коротко зміни, що відбудуться в енергетичному секторі можна описати як: декарбонізація, децентралізація, діджиталізація. Дані концепції не нові і вже чітко сформовані. Декарбонізація або зменшення кількості викидів є відповіддю на те що природа значно сильніша і під неї треба підлаштовуватись. Децентралізація це цілком нормальний та прогнозований

етап розвитку, внаслідок впливу неоліберальних ідей і практичного їх впровадження у формі малого виробництва багатьма учасниками ринку, при цьому держава мінімально контролює ринок. Цифровізація пропонує зменшення використання частки людської праці чи збільшення впливу на контроль над людиною.

Важливим досягненням декарбонізації є активний розвиток ВДЕ в Україні, дана гарна риса може бути посилена шляхом використання принципу Co-sufficiency, тобто де кожен елемент системи гнучко підлаштовується під умови. Даний принцип не передбачає використання лише ВДЕ, акцент робиться на модульності та спів-замінності генерації. Co-organization передбачає повне узгодження діяльності на енергосистемі між різними елементами енергосистеми, що в кінцевому випадку призводить до синергетичного ефекту. Сучасні системи машинного контролю чудово справляються з контролем статичних процесів, але вони точно не справляться із складністю майбутнього. Co-development це принцип організації відносин людина – машина, покращення співпраці в даному напрямку дозволить вирішувати дещо складніші задачі. Таким чином для вітчизняної енергетики необхідна якась ідея, що базується на 3D, проте спрямована у майбутнє, тобто енергосистема повинна працювати у напрямку 3C і це означатиме необхідність створення не лише нових технологічних рішень у сфері виключно енергетики, а й потребуватиме створення платформ для кооперації між людиною та машиною

## **1.2. Державне планування у секторі енергетики**

Державна політика та планування на довгострокову перспективу в електроенергетиці спрямована на:

- 1) проведення заходів для забезпечення безперебійного та економічно доступного постачання електроенергії на всіх рівнях;
- 2) планування та проведення заходів і контролю для створення ринкових умов на енергетичному ринку;

3) створення програм для проведення енергоефективних заходів на різних рівнях як і в генеруючих об'єктах так і в кінцевих споживачів; регулювання на ринку попиту і пропозиції; диверсифікація поставок енергоресурсів;

4) затвердження та ефективне впровадження програм розвитку енергетичного сектору у сфері ВДЕ, створення нового сектору у галузі накопичення та передачі енергії; підвищення гнучкості енергосистеми;

5) розробка та впровадження інноваційних технологій, кластеризація сектору енергетики, створення не тільки бази виробництво/постачання/споживання/експорт а й додаткових секторів;

6) гарантування державою економічної доступності продукції енергетики для споживачів;

7) технологічна інтеграція з ринком електричної енергії ЄС; продукція українських електростанцій має бути конкурентною на цьому ринку.

В нашій державі є регулятор, що час від часу коригує та поновлює правила ведення бізнесу на енергоринку. Національна комісія, що здійснює регулювання в сфері енергетики та комунальних послуг(НКРЕКП)

Україна підписавши договір про асоціацію з ЄС, ухвалила рішення щодо свого майбутнього, дана угода має вплив і на сектор енергетики. Рішення було по-справжньому історичним та далекоглядним, разом з новими можливостями в нашої держави постали нові обов'язками та зобов'язання в тому числі у електроенергетичній галузі. У функціональному плані Україна вже здійснила повноцінну інтеграцію, зокрема українська ОЕС працює синхронно з ЄС, тобто цілі, можливості та перспективи орієнтуються на енергетичні вимоги співтовариства.

У даному контексті Енергетична стратегія України служить уточненням регуляторної політики ЄС. Головна мета реалізація політики в енергетичному секторі на довгостроковий період. Це в першу чергу політичний документ, оскільки він не є галузевою програмою чи організаційно-розпорядчим документом розвитку енергетичного комплексу України. В даному документі

вказано шляхи та механізми реалізації енергетичної політики на довгостроковий період.

Стратегія визначає:

- кінцевий стан енергетичного сектору України, в контексті підвищення безпеки та проведення інтеграції з енергосистемою ЄС;
- запровадження методологій, прийнятих в ЄС, при розробці документації зі стратегічного планування та практичної реалізації планів;
- систему контролю та управління з боку держави над реалізацією Стратегії; узгодження системи державного управління;

Стратегія має цілі до 2020, 2025 та 2030 року, на мою думку, Важливо оцінити досягнення, що вже відбулись.

Згідно зі Стратегією [12] до 2025 року Урядом ставились такі цілі в енергетичному секторі:

1. Часткова інтеграція з енергетичним ринком ЄС.
2. Забезпечення конкурентно спроможності енергетичного сектору, шляхом залучення інвестицій, створення нових видів виробництв або технічної модернізації застарілого обладнання.

Цікаво розглядати кінцеві цілі енергетичного сектору України до 2035:

1. Повномасштабне злиття енергетичного сектору нашої держави до об'єднаного енергетичного ринку з вільним рухом енергоресурсів, технічного забезпечення та інвестицій. В кінцевому результаті дані заходи мають забезпечити найповніше пристосування енергосистеми до майбутніх викликів.
2. Технічне оновлення енергетичного сектору.

Дана Стратегія є лише частиною цілісної соціально-економічної стратегії з модернізації нашої держави. В цій над стратегії йде розрахунок на стрімке енергетичне зростання та ефективне використання національного потенціалу, поглиблення інтеграції з ЄС в економічному та політичному плані.

Головним заданням Стратегії є формування системи, що забезпечуватиме безпеку в енергетичному секторі та гарантуватиме стабільне енергозабезпечення національної економіки, в різних умовах як штатної роботи

так і в надзвичайних ситуаціях. Політичне прийнятність цілей Стратегії та ефективність впроваджених рішень у сфері енергетики залежатиме від узгодження цілей та завдань Урядом. Одним з основоположних завдань даного документу є забезпечення конкурентоспроможності як на внутрішньому так і на зовнішньому ринку.

Предметом державного енергетичного нагляду в електроенергетиці є господарська діяльність, пов'язана з виробництвом, передачею та розподілом електричної енергії, а також з використанням енергії для власних потреб учасниками ринку (крім споживачів) в частині технічної експлуатації електричних станцій і мереж, енергетичного обладнання, випробування та ремонту електроустановок і мереж, виконання робіт з проектування електроустановок і мереж. Вплив держави не обмежується лише створенням стратегій існують цільові програми та плани реформ.

Завдання які необхідно виконати та необхідні реформи вказані в програмних документі спектр завдань великий. Це і модернізація та нове будівництво повітряних ліній передачі енергії, нових підстанцій та впровадження ринкових механізмів на виробництва електроенергії. На даний момент крім проблеми можливої відсутності електроенергії через ракетні атаки, існують системні проблеми, які потребують вирішення: низький рівень енергоефективності, зношення енергетичної інфраструктури, зношення виробничих потужностей на переважній більшості ТЕС, залежність від поставок імпортного палива.

Через великі розміри українська система генерації та транспортування має великі можливості і відповідно потребує інвестицій. Зі здобуттям незалежності на ринку бракувало прозорих та зрозумілих правил гри, ринок захопили монополії, ринок був сильно контрольований з боку держави. Потужне дотування вугільної промисловості, стало анти-трендом до світових тенденцій, навіть через значне дотування галузі щорічний видобуток поступово зменшувався. Система перехресного субсидювання стримувала зростання вартості продукції для кінцевого споживача, це створювало нерівні умови,

перешкоджаючи з економічного точки зору впровадженню нових технологій на об'єктах ПЕК. На початкових етапах, реформування енергетики було спрямоване на те, щоб привести технічні вимоги України з технічними вимогами ЄС. Після завершення імплементації, галузь ВДЕ отримала сильний поштовх для розвитку і це лише одне з досягнень. Сукупно усі прийняті кроки зроблять ОЕС стійкішою до актуальних загроз.

Зусилля Урядів в галузі реформування сектору електроенергії мають на меті вивести комплекс на принципово новий рівень та зробити невід'ємною частиною ринку електроенергії. Діяльність також покликана оптимізувати енергетичний баланс та підвищити безпеку за трьома напрямками: в економічному, екологічному, технологічному та енергетичному. Галузева реформа передбачає декілька цілей:

- Забезпечення ефективної роботи енергетичних ринків (впровадження ефективних механізмів діяльності, впровадження конкурентних умов, спрощення процедур і зменшення корупційних ризиків, розробка традиційних та нетрадиційних галузей енергетики) Досягнення цієї цілі дозволить підвищити якість надання послуг, забезпечити ціноутворення відповідно до собівартості.

- Забезпечення надійності постачання електроенергії споживачам (Збільшення ефективності функціонування систем транспортування, децентралізація контролю, мережевість генерації). Досягнення цілі дозволить гарантувати надійність постачання, ускладнить кібератаки та зменшить ефективність ракетних ударів.

- Підвищення енергоефективності дана ціль має непрямий вплив на енергетичну галузь, однак в кінцевому результаті навантаження та необхідність у генераторних потужностях дещо зменшиться (підвищення енергоефективності від виробника і до п, стимулювання енергоефективних заходів в ОСББ та приватних будинках, залучення нових технологій для підвищення енергоефективності, розвиток нетрадиційних

джерел енергії та альтернативних видів палива, забезпечення надійності та екологічності і доступності для всіх споживачів).

- Комплексний, узгоджений та збалансований підхід між напрямком розвитку енергетики та екологічною політикою.

Виконання поставлених цілей в енергетичній та електроенергетичній галузях дозволить зробити перехід від сировинної до високотехнологічної економіки.

Державне планування визначає ключові напрямки розвитку енергетичного сектору. Уряд установлює нормативні та регуляторні документи для забезпечення безпеки енергетичного сектору. Певні проекти мають надзвичайне значення для розвитку даної галузі. За словами Маріса Куніцкіса [20] енергетична галузь потребує гарантій збереження преференцій, оскільки кредитори при оцінці стабільності держави вимагають більших гарантій ніж в країнах ЄС, таким чином вартість будівництва станції зростає у 2-3 рази.

Станом до 2035 року Стратегія вимагає проведення діяльності у енергетичному секторі задля забезпечення економічного зростання та підвищення добробуту. Одним з важливих недоліків є неврахованість впливу бойових дій, оскільки швидке закінчення війни та повоєнна відбудова додатково стимулюватимуть економічне зростання, натомість затягування конфлікту може призвести до деградації. В документі закладено щорічне зростання ВВП на рівні 3,5% річних.

На думку профільних спеціалістів Україна має модернізувати 80%, зношених енергомереж. Також держава потребує виправлення диспропорції реального сектору економіки шляхом зменшення частки енергоємних видів діяльності. Зменшення екологічного сліду шляхом впровадження сучасних технологій, оскільки кінцева мета передбачає вільний рух технологій, то наша держава отримає переваги. Раціоналізація використання природних ресурсів призведе до зменшення енергоємності виробництва. Оптимізація територіального розміщення виробництва електроенергії є ще одним важливим елементом Стратегії. Розробники Стратегії прогнозують, що рушієм зростання

будуть енергоефективні виробництва, а ключовим трендом зменшення енергоємності виробництва продукції.

Зміни відбулися і в законодавчому підґрунті, утворився комерційний ринок електроенергії

В законодавчому плані ОЕС складається з таких елементів:

- оператор ринку - компанія, для забезпечення функціонування ринку "на добу наперед" та внутрішньодобового ринку та організацію плаваючої торгівлі з різних джерел;

- оператор системи передачі - юридична особа, відповідальна за експлуатацію, диспетчеризацію, забезпечення технічного обслуговування, розвиток системи передачі та міждержавних ліній електропередачі, а також за забезпечення довгострокової спроможності системи передачі щодо задоволення обґрунтованого попиту на передачу електричної енергії [30];

- оператор системи розподілу - компанія, відповідальна за безпечну, експлуатацію, технічне обслуговування та розвиток системи розподілу та підтримки довготермінової спроможності системи для задоволення попиту на розподіл електричної енергії при дотриманні екологічних стандартів та економічної доцільності [30];

- постачальник допоміжних послуг - учасник ринку електроенергії, який допомагає у функціонуванні всієї системи;

- побутовий споживач – компонент енергоринку, що використовує електроенергію для забезпечення власних побутових потреб, без використання у промислових масштабах або колективний побутовий споживач(об'єднання побутових споживачів, що використовують електроенергію для задоволення побутових потреб );

- промисловий споживач- юридична особа, що використовує електроенергію для виробництва продукції або надання послуг, на відміну від побутового споживача має вищий рівень тарифікації електроенергії;

- гарантований покупець –юридична особа, що купує електроенергію згідно з встановленими домовленостями.

Ціноутворення (тарифоутворення) на ринку електроенергії

Енергоринок регулюється державою за такими напрямками:

- 1) тарифи на послуги з передавання електроенергії;
- 2) тарифи на послуги з розподілення електроенергії;
- 3) тарифи на послуги з диспетчерського (оперативно-технологічного) управління;
- 4) "зелені" тарифи, в тому числі карбоновий податок на електростанції зі значним рівнем викидів;
- 5) інші тарифи та ціни в рамках покладення, що необхідні для виконання суспільних обов'язків для забезпечення потреб та інтересів всього суспільства у процесі функціонування ринку електричної енергії.

Моніторинг безпеки постачання електроенергії складається з таких блоків:

- аналіз балансу виробництва-споживання електричної енергії на ринку електричної енергії України з врахування поставок за контрактами закордон;
- аналіз рівня очікуваного майбутнього попиту на електричну енергію та прогнозовану потужність виробництва, яка повинна вироблятися за рахунок додаткових генеруючих потужностей, що знаходяться у процесі будівництва або будівництво яких планується, тобто планування споживання електроенергії на довгостроковий період;
- оцінку якості та рівня технічного обслуговування електричних мереж та розподільчих підстанцій.

### **1.3. Роль енергетичного сектору в економіці**

Станом на початок війни ОЕС України була одна з найпотужніших в Європі. Зокрема наша держава входить до 10 країн з найбільшою генерацією. Крім великої потужності, наша держава має високий показник вуглецевої нейтральності, 70% електроенергії виробляється на АЕС, ГЕС та ВДЕ. Через

блокаду поставок вугілля наша держава збільшила генерацію на АЕС та ВДЕ, що на період 2021/2022 дозволило замінити 4.4 млн тон вугілля

За час від прийняття нового законодавства та регулюючої Стратегії наша держава зробила серйозне просування вперед. Були впроваджені структурні зміни на ринку електроенергії. НЕК «Укренерго» планомірно здійснювала заходи із синхронізації з ENSTO-E з 2017 року.

Подібні заходи дозволили в врешті-решт приєднатись до енергосистем ЄС на рік раніше запланованого. Через війну, виїзд громадян та ракетні обстріли споживання електроенергії в Україні на 2022/2023 роки скоротилось на 30-35%. Тарифи на транспортування електроенергії залишаються незмінними для більшої частини споживачів попри зміну мереж транспортування. За підрахунками вчених станом на червень 2022 року, дисбаланс в енергосистемі становив 35 млрд. грн. Через російську агресію значна частина об'єктів ВДЕ пошкоджена, і немає інформації щодо джерел і термінів компенсації.

Справжнім викликом для національної економіки є низький рівень економічної ефективності та переважання експортно орієнтованих енергоємних виробництв. До енергетичної кризи спровокованої РФ українська економіка рухалась за інерцією, що енергоресурсів завжди вистачатиме, а державна економічна політика не стимулювала ефективне використання енергоресурсів. Населення внаслідок субсидіювання не прагнуло до підвищення енергоефективності, суб'єкти господарювання очікували від держави часткового покриття енергетичних витрат.

Навіть якщо не враховувати вплив війни на бюджет, то програми з підтримки існуючих виробництв та програми з підвищення енергоефективності є несумісні між собою, вони спричинять надмірне навантаження на видаткову сферу. Така ситуація робить не конкурентно спроможним вітчизняний бізнес на міжнародній арені. Стабільному розвитку економіки необхідне надійне та прийнятне за цінами енергозабезпечення. Виконання даного завдання

передбачає реагування на виклики, що спричиняють нестабільність в енергосистемі та вирішення низки технічних задач, що перешкоджають цьому.

Ключовою технічною проблемою, що потребує швидкого вирішення є зношеність основних генеруючих потужностей. Значна частина мереж транспортування застаріла та порівняно неефективна. Переважна більшість енергоблоків теплових електростанцій перевищили експлуатаційний термін і потребують або глибокої модернізації або заміни тобто потребують великої кількості інвестицій. Не краща ситуація з генеруючими потужностями АЕС, більшість із них теж перебуває на межі проектного терміну експлуатації. На думку фахових науковців баланс потужності енергосистеми України характеризується дефіцитом регулюючих потужностей, це спричинює додаткове нераціональне використання існуючих потужностей виробництва і спричинює втрати та перед аварійну експлуатацію, яких можна запобігти шляхом модернізації. Викиди з українських ТЕС одні з найбільших в Європі станом на 2021 рік 8 з 10 головних забруднювачів в Європі знаходяться в нашій державі[11]. Вугільні електростанції в Україні відповідальні за 80% від загального обсягу викидів діоксиду сірки(SO<sub>2</sub>) в Україні і 25% оксидів азоту(NO<sub>x</sub>), при цьому на українських вугільних електростанціях практично відсутній контроль за викидами оксидів сірки та азоту[4]. ЄС поступово збільшує «зелений податок», що робить українських менш конкурентноздатними.

Разом з тим станом на початок війни українська енергосистема була однією з найпотужніших в Європі і попри обстріли зберегла більшість об'єктів генерації.. Ринок поступово відходить від традиційного поділу на декілька великих виробників та великої кількості споживачів енергії. Таким чином у майбутньому платіжки за електроенергію будуть обраховуватись за різницею виробленої і спожитої електроенергії. Основними кандидатами на роль пронсьюмерів можуть стати великі промислові підприємства та комерційні організації, які завдяки великим розмірам будівель та значному здешевленні сонячних панелей зможуть не тільки споживати а й виробляти електроенергію,

звісно орієнтація лише на один вид генерації є однобокою та не стійкою, системне рішення даної проблеми передбачає застосування декількох альтернативних джерел енергії. Додатковим чинником до вступу на енергетичний ринок об'єктів, де головним завданням не є генерація, буде можливість оперувати великими об'ємами енергії; домогосподарства з міні-СЕС переважно мало потужні та скоріше впливають на енергоефективність будинку, та підвищують стійкість і комфорт житла.

## **РОЗДІЛ 2.**

### **ОЦІНКА СУЧАСНОГО СТАНУ ЕНЕРГЕТИЧНОГО СЕКТОРУ**

#### **2.1. Аналіз генеруючих потужностей**

З початком війни інформацію досить складно знайти, натомість найсвіжішою є інформація на 31.12.2021, без урахування втрачених потужностей внаслідок окупації загальна потужність становить 56,247 ГВт, з них 49,7% припадає на теплові електростанції (ТЕС, ТЕЦ, блок-станції), 24,6 % на атомні електростанції, 11,2 % на ГЕС та ГАЕС, 14,5% на ВДЕ (СЕС, ВЕС, БіоЕС) [12]. Атомні та гідроелектростанції знаходяться у державній власності. Близько 28% генерували вугільні та теплові електростанції, де 73,8% акцій належали державі, Частка компаній групи у сукупній генерації ДТЕК становила 23%, переважно з тепловим та вугільними електростанціями, декілька років перед війною дана компанія активно розвивала альтернативну енергетику. Частка близько 7% належать інших гравцям(переважно дрібним виробникам ВДЕ) на ринку електроенергії. ДТЕК найбільша вертикально інтегрована

холдингова компанія, що працює в різних секторах виробництва (Е). Виробництво та споживання в Україні коливаються, по рокам існує тенденція до скорочення (У)

На більшості АЕС встановлені реактори ВВЕР-1000, станом на початок 2022 року 12 енергоблоків відпрацювали свій запланований ресурс, термін експлуатації 11 продовжено на 10-20 років, ще один енергоблок очікує рішення щодо продовження терміну експлуатації. У середньостроковій перспективі закінчиться нормативний термін експлуатації ще 3 енергоблоків.

Гідроенергетика незважаючи на порівняно невеликі потужності займає особливе місце в загальній енергосистемі України. ГЕС та ГАЕС є єдиним джерелом для покриття пікових навантажень, гідроакumuлюючі станції виконують функцію згладжування нічних провалів у споживанні. Найбільшою компанією є ПрАТ «Укргідроенерго» до складу входять найбільші ГЕС країни: — Київська ГЕС (440 МВт), Канівська ГЕС (500 МВт), Кременчуцька ГЕС (687,4 МВт), Середньодніпровська ГЕС (388 МВт), Дніпровська ГЕС (1 563,1 МВт), Каховська ГЕС (343,2 МВт), Київська гідроакumuлююча електростанція (ГАЕС) (213,8 МВт) також є електростанції на Дністрі: Дністровська ГЕС (702 МВт) та Дністровська ГАЕС (1 296 МВт). Ще одним оператором ГЕС є «Енергоатом», що управляє Ташлицькою ГАЕС. Дана ГЕС є однією із складових Південноукраїнського енергокомплексу. Інші ГЕС, що входять до складу ОЕС, мають загальну потужність 193 МВт [21].

Основну частку генеруючих теплових потужностей складають пилувугільні енергоблоки з потужністю 150-200 МВт. А також є газомазутні енергоблоки потужністю 300 – 800 МВт на конденсаційних електростанціях. Більшість енергоблоків з потужністю 150МВт введено в експлуатацію до 1965 року, потужність пропорційно збільшується зі зростанням новизни генеруючих потужностей, наприклад, 800 МВт блоки збудовані в період 1967-1977. (Ш)Сумарна потужність генеруючих компаній (ГК) становить 21562 МВт та складається з 75 енергоблоків:

- 68 вугільних блоків сумарна потужність 16962 МВт, з них 6 блоків в консервації та 1 блок в реконструкції.

23 блоки на вугіллі марки АШ (Антрацитовий штиб) та П(паливне) потужність 6439 МВт; 5 блоків 1280 МВт перебувають у стані консервації;

- 45 блоків на вугіллі ГД (газове довгопламеневе) сумарна потужність 10 523 МВт (4 блоки 935 МВт в стані консервації);

- 7 газомазутних блоків потужністю 4600 МВт (1 блок 800 МВт в стані консервації).

Станом на 2022 рік газомазутні блоки не підключались до ОЕС 4 роки ( за виключення блоку з потужністю 300 МВт на Трипільській ТЕС. Станом на кінець 2021 на 20% блоків пройшли реконструкцію та модернізацію.(П) При цьому модернізація стосувалась маневрових потужностей, а не кількості викидів. Разом з тим як стверджують наковці маневрові потужності залишаються недостатніми для сучасних умов. Національний план скорочення викидів (НПСВ) передбачає поступове скорочення викидів, проте на мою думку, в нашій державі немає визначених механізмів фінансування екологічної модернізації. Крім того всі енергоблоки вичерпали свій ресурс у 200000 год роботи, деякі енергоблоки практично подвоїли цей показник. З часом загрози зростатимуть без здійснення реконструкції. І уряд прийняв рішення про поступову декомісію теплових енергоблоків для виконання міжнародних зобов'язань(Р)

Блочні ТЕЦ в нашій державі представлені 3 станціями (Київська ТЕЦ-5, Київська ТЕЦ-6 та Харківська ТЕЦ-5) Сумарна потужність всіх ТЕЦ та когенераційних установок 6070 МВт, більша частина працює на природньому газі. Загалом вчені налічують близько 30 електростанцій такого типу. Більшість виробничих потужностей мають застаріле обладнання та високий рівень зношеності. При цьому наявні технологічні проблеми зі стабілізацією виробництва тепла і пари, що призводить до втрат.

На передвоєнний період лідерами за впровадженням ВДЕ Дніпропетровська(1350МВт) Херсонська (1140МВт) і Миколаївська області

(1120 МВт), найбільше нових об'єктів генерації будувалось в приморських областях зокрема в 2021 році були введені такі потужності у Миколаївській (170 МВт) Одеській (150МВт) Херсонській(145МВт) та Запорізькій (100МВт) областях. Ці регіони є лідерами за кількістю генерації за допомогою ВЕС. Структура виробництва електроенергії з ВДЕ включає в себе: 56% генерації за допомогою СЕС; 33%- вітрова енергетика; 8% - спалювання біогазу та біомаси;3%- мала гідроенергетика; геотермальна генерація не представлена в Україні.

Сукупна генерація всіма ВДЕ на 2021 рік перевищила сукупну генерацію тепловими електростанціями протягом однієї доби, дана знакова подія сталась 11 травня 2021 року, це вказує на збільшення ролі саме ВДЕ та поступове згасання теплової генерації, війна безумовно вносить свої корективи в дану тенденцію. Впроваджена ВДЕ-генерація вже компенсувала викиди, що співмірні з роботою 2,2млн. автомобілів.

Станом на кінець 2021 року потужності типів ВДЕ, що підключені до ОЕС України розподілені таким чином:

- ВЕС – 1529 МВт;
- СЕС – 6365,3 МВт ( за рахунок будинкових панелей 1205,5 МВт);
- БіоЕС – 254,2 МВт;
- Міні-, мікро-, малі ГЕС 192,9 МВт.

За даними наглядової ради на кінець 2021 року, потужність ВДЕ-сектору становила 9655,5 МВт, при цьому близько 1200 МВт генерувалось сонячними панелями на дахах приватних домогосподарств дСЕС. Даний вид генерації стоїть дещо окремо від загальних трендів галузі, в той час як галузь енергетики повільно деградує дСЕС розвивається активними темпами, в 2019 році зростання було 36,4% та 426МВт нової генерації. Промислова сонячна генерація продемонструвала не найкращі показники розвитку, у 2021 році сектор зріс лише на 305,8 МВт, що становить 26% від введеної нової потужності; даний показник в 3,5 рази менше ніж у 2020 році , коли обсяг введення становив 1123МВт. На мою думку скорочення пов'язане з

негативними наслідками пандемії і скороченням економічної активності в країні.

Вітрогенерація має менші показники присадибного розвитку, зокрема мала та середня вітрова генерація (до 20кВт) слабо представлена в нашій державі та не має статистичного значення. ВЕС посідають друге місце у структурі виробництва альтернативної енергетики в Україні, за 2021 рік вітрова генерація отримала серйозне зростання і зростала найбільшими темпами зростання було на рівні 31% і склало 360МВт, це в 2,5 рази більше за 2020(144МВт). Загальна потужність всіх промислових вітрових установок на кінець 2021 року становило майже 1700МВт, загальна кількість вітроустановок 700 штук [40].

Нестача газу на період 2020-2021 року виявила серйозні можливості нашої держави у галузі БіоТЕС, до 2020 року дана галузь займала практично непомітне місце в структурі загальної генерації. Проте біогазові установки не є серйозним трендом у впровадженні ВДЕ в Україні, у структурі вступу нових генеруючих потужностей даний види генерації становить 1,8% або 21МВт для біогазових установок та 43МВт(3,7%) електростанцій на біомасі, даний приріст є вдвічі більший за приріст 2020 року [6].

Частка малої гідрогенерації становить 1,25% у впровадженні нових потужностей на 2021 рік приріст становив 15МВт.

Тенденція до зростання є стабільною та непохитною. У 2019 році загальний виробіток енергії з ВДЕ сягнув 3.6% (5,5 млрд кВт/год), що практично дорівнює експорту енергії до європейських країн (5.8 млрд. кВт/год) у 2020 вироблена потужність сягнула 10,1 млрд кВт/год (6.8%); у 2021 12,5 млрд кВт/год (8%); згідно з прогнозами наша держава виробить понад 14 млрд кВт/год за 2022 рік, тобто не менше 9% сумарної потужності. (Л)

Геотермальна енергія – електрична енергія що виробляється шляхом нагрівання земним теплом енерго передавача. В природньому середовищі геотермальна енергія виходить на поверхню у вигляді пари та гарячої води; на даний момент технології дозволяють для нагрівання покинуті шахти; отримане

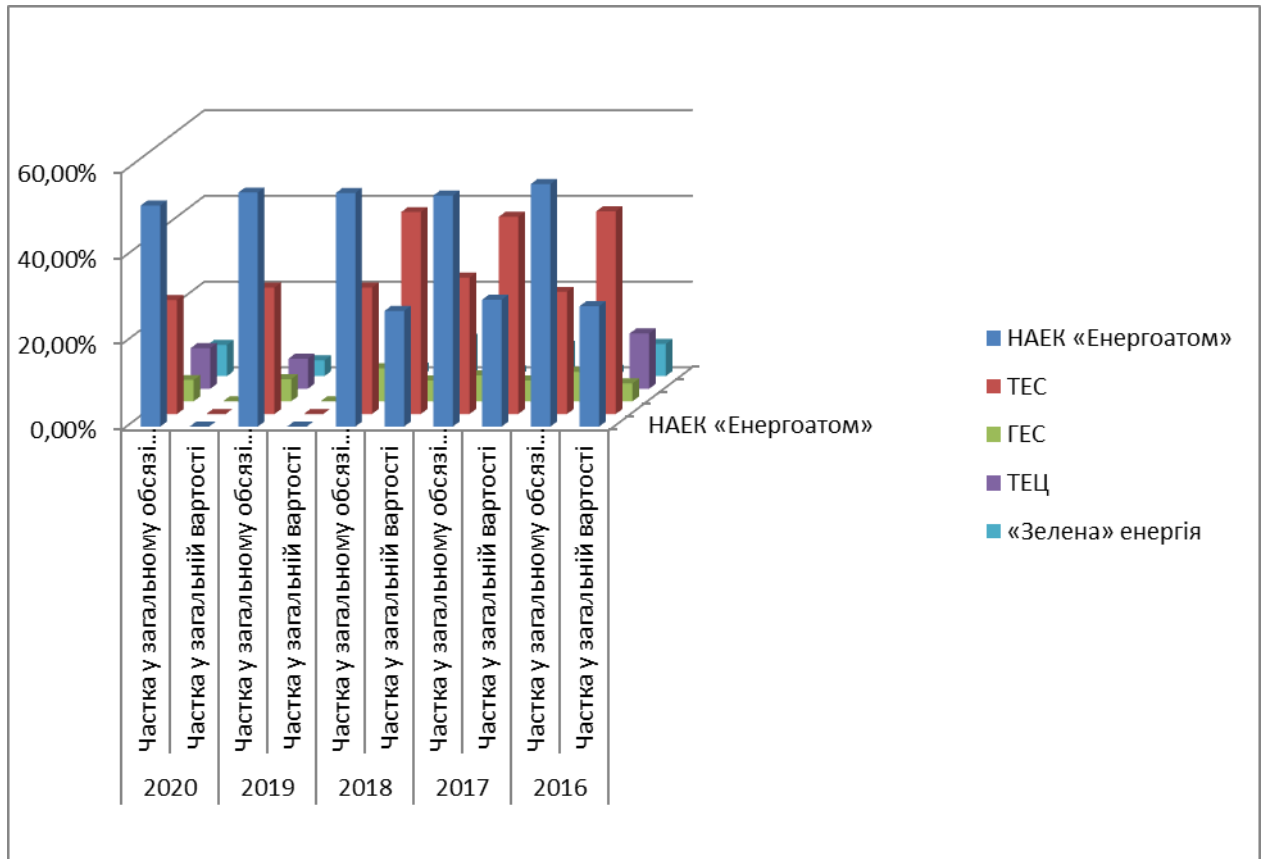
тепло можна використовувати для виробництва електроенергії та тепло постачання [48].

Даний вид виробництва електроенергії наявний у 83 країнах світу [60]. Станом на сьогодні в Україні немає діючих геотермальних електростанцій. До війни було підписано меморандуми про співпрацю з Китаєм та Ісландією у галузі геотермальної енергії та для визначення енергетичного потенціалу даної галузі.

Потенціал нашої держави в даній галузі ВДЕ є значним. Районами потенційного використання є: АРК, Закарпаття, Прикарпаття, Донецька, Запорізька, Полтавська, Харківська Херсонська та Чернігівська області (А).

Транспортуванням виробленої енергії займалась державна компанія «Укренерго», дана компанія керує ОЕС на магістральних лініях передачі до компаній розподілення енергії, що в більшості своїй знаходяться в приватній власності. На балансі компанії низка обладнання: високовольтні лінії (21300 км) як магістрального так і міждержавного транспортування. Компанія забезпечує транспортування 110 000ГВт електроенергії на рік, об'єднуючи таким чином 8 регіональних електроенергетичних систем, складність роботи посилюється експортом електроенергії до 4 країн-сусідів.

Структура генеруючих потужностей зумовлена специфічністю вітчизняної енергетики, структура виробництва переобтяжена базовими потужностями (АЕС, переважна більшість блоків ТЕС) і характеризується дефіцитом маневрових потужностей. Як стверджує Віталій Зайченко, директор з управління ОЕС України і головний диспетчер «Укренерго»: *"Потрібно ставити energy storage на електростанціях, які мають біля 20% від встановленої потужності самої електростанції для того, щоб їх збалансувати й вони могли видавати свою потужність тоді, коли потрібно енергосистемі. Нам потрібна напівнікова генерація для того, щоб збалансувати*



**Рис.2.1. Тип виробництва електроенергії та частка у вартості, 2023**

Складено за даними [13]

Експерти дійшли висновку, що в якості маневрових потужностей застосовуються теплові електростанції, при цьому вони працюють при непроєктних напівпікових навантаженнях. Таким чином основними об'єктами що регулюють навантаження є вугільні блоки 150-300 МВт, в енергосистемі практично щодня відбувається виведення з роботи 7-10 енергоблоків, зі швидким запуском вранці та ввечері та простоем вдень і вночі. Це не характерний режим для даного виду електростанцій, особливо в проектах минулого століття. Внаслідок такої роботи сильно зношується обладнання, надмірно витрачається паливо, збільшуються витрати і відповідно зростає собівартість електроенергії (Б).



**Рис.2.2 Тривалість та тип відімкнень на ТЕС**

Створено за даними [12].

Протягом років, на АЕС накладались обмеження стосовно потужності генерації. На думку вчених сильніше, ніж зазвичай скорочення у 2021 пов'язане з пандемією COVID-19, коли споживання серйозно скоротилось. Звільнене місце зайняли інші види генерації, для стабільності виробництва науковці пропонують залучати атомну енергетику до планування графіків споживання.

ТЕЦ через теплові втрати мають невеликий коефіцієнт використання встановленої потужності (КВВП), в середньому по Україні даний показник 24% і має тенденцію до зниження, максимальна потужність під час використання не перевищує 50% від встановленої потужності. В той же час навіть на найефективніших газових ТЕЦ електроенергія виходить дорожчою ніж на ТЕС. Тобто ТЕЦ не виконують свої практичні функції, а використовуються як джерело теплової енергії.

Найбільшими піковими виробниками є ГЕС та ГАЕС. Аномальні погодні умови внаслідок зміни клімату з малою кількістю опадів в осінньо-зимовий період та теплим холодним періодом, не дозволяють гідроенергетикам накопичити велику кількість води для генерації.

У зв'язку з впровадженням ринку електроенергії часто існують розбіжності між торговими графіками та графіками фізичної генерації. ГЕС та ГАЕС зосереджуються переважно на пікових навантаженнях.

НЕК «Укренерго» управляє генерацією не тільки тепловими чи атомними станціями обмеження вводяться і для ВДЕ, обмеження для даного виду генерації застосовуються внаслідок вичерпання інших джерел балансування, обмеження нечасті приблизно 20-90 разів на рік в залежності від потужності станцій.

Проблемні ділянки генерації:

1. 1-1,5 ГВт запланованих потужностей вугільної генерації недоступні внаслідок ремонту;
2. 3-4 ГВт АЕС недоступні через проведення ремонтів;
3. 2.2 ГВт вугільної генерації знаходяться в стані консервації, і поки не вирішено питання про їх списання;
4. 4.6 ГВт газо-мазутних блоків недоступні, через економічно неконкурентну продукцію, оскільки сировина(природний газ) занадто дорога, блоки з потужністю в 800 МВт не включались в роботу вже 9 років і не забезпечені обслуговуючим персоналом;
5. 3,1-3,6 ГВт генерації від ТЕЦ недоступні, через неможливість збуту теплової енергії;
6. Близько 1 ГВт (в окремі періоди 3 ГВт) вугільної генерації є недоступними час-від-часу через проведення аварійних ремонтів;
7. Низка малих ГЕС та ВДЕ мають недостатню кількість ресурсів для планової роботи( при недостатньому весняному водопіллі та хмарній погоді відповідно);
8. 2-2.5 ГВт вугільної генерації є недоступними через проблеми з поставками, неякісним вугіллям, тобто незадовільний стан паливо-забезпечення, що має циклічний характер.

Якщо розглянути ті джерела енергії, що доступні то можна зробити висновок, що сумарна потужність всіх фактичних джерел генерації дорівнює максимальному споживанню по країні (Й).

Фактичний стан генерації по нашій державі має такий вигляд:

1. Сумарна генеруюча потужність ТЕС не перевищує 7,2 ГВт (за повної потужності 21,842 ГВт).
2. Потужність АЕС іноді досягає 12,6 ГВт, однак ніколи не перевищує цей нормативний показник для нормального функціонування. Повна потужність всіх реакторів 13,835 ГВт.
3. Потужність великих ГЕС не перевищує 3,3 ГВт і така потужність є короткостроковою. Сукупна потужність 4,83ГВт.
4. Потужність ВДЕ досить мінлива, це залежить як від погодних умов так і від потреби в енергії в системі, іноді ВДЕ не генерували взагалі нічого періодично генерація досягає 4,5ГВт, при сукупній потужності 8,15 ГВт.
5. Потужність ТЕЦ та когенераційних станцій ніколи не перевищує 2,9ГВт, при можливій потужності 6,1ГВт.

Якщо зробити короткий висновок то з першого погляду Україна має великі можливості генерації, при детальному розгляді вона має низку недоліків, зокрема: застаріле аварійно небезпечне обладнання, слабка паливна диверсифікація в ТЕС, висока вартість кінцевої продукції в ТЕЦ, залежність від весняного водопілля для великих ГАЕС, зруйнування частини потужності ВДЕ, частина реакторів в АЕС вичерпають ресурс використання до 2030. Галузеві спеціалісти стверджують, що ОЕС має декілька системних недоліків:

- переважна більшість потужностей є базовими потужностями, тобто не можуть швидко змінювати режими роботи та власні генеруючі можливості, на мою думку це спадок планової економіки де більшість електроенергії йшло на заводи і вторинний сектор економіки, наразі даний сектор сильно скорочується в(в порівнянні з можливостями, що були) і подібна невідповідність між сучасними викликами та проектними завданнями спричинює малий рівень генерації на ТЕС;
- система в цілому доволі централізована та має недостатній рівень гнучкості, натомість з іншого боку після масованих ракетних атак енергопостачання було швидко стабілізовано.

## 2.2. Екологічність виробництва

Загальна електрифікація всього виробництва вважається дослідниками, як гарантований шлях зменшення викидів парникових газів. Якщо електроенергія буде вироблена із відновлюваних джерел енергії при низькій собівартості виробництва то вдасться значно скороти викиди шкідливих речовин(Ф). Електрифікація з використанням відновлюваної енергетики дозволить діджиталізувати економіку та зробить трансформації суспільства. Звісно дані технології поки що недосконалі і згідно з планами Глобальної енергетичної трансформації 2/3 виробництва мають бути екологічно нейтральними.

На сьогоднішній день в нашій державі найбільше викидів роблять вугільні ТЕС. Енергетика є найбільшим виробником парникових газів в Україні. Згідно з “Дорожньою картою кліматичних цілей України до 2030 року” [42], наша держава має скоротити використання вугілля до 5% від сучасного рівня до 2030 року. Вугільна генерація використовуватиметься лише для пікових навантажень, пріоритетні напрямки – ВДЕ та дрібне виробництво.

Відновлювана енергетика у поєднанні з глибокою електрифікацією всіх технологічних процесів, за розрахунками вчених мають скоротити викиди парникових газів на 60%, дані показники вказують на важливість зміни енергетичного сектору в світі (К). IRENA прогнозує що настільки швидка трансформація енергетичного сектору спричинить зростання світового ВВП на 2.5% та збільшить загальносвітовий рівень зайнятості на 0.2%.

За оцінками експертів до 2050 року рівень застосування ВДЕ має сягнути 50%, на сьогодні в середньому по світі 20%. Разом з тим до 2050 кількість електрофікованого транспорту досягне 1 млрд., при цьому значно зросте ефективність використання тепла та збільшиться рівень використання водню. Цілі сталого розвитку та Паризька угода створили умови розвитку енергетичних систем різних країн. Для досягнення цілей з електрифікації необхідно інвестувати 110 трлн. дол. до 2050 року, що становить близько 2%

ВВП/ рік, при своєму досягненні спричинить серйозні соціально-економічні наслідки. При цьому рівень впливу на пряму залежатиме між енергетичним переходом та еволюцією соціально-економічних систем.

Важливість нових кліматичних загроз зростатиме з 2.5% за поточний період до 5.3% за 2050 рік при макроекономічному аналізі впливу на формування ВВП . Вартість наукової розробки нових технологій для підвищення енергоефективності є надто великою для окремо взятої країни, тому IRENA надає рекомендації щодо міжурядової співпраці у даній галузі і загальне балансування енергосистем декількох країн є початковим етапом. Вся сукупність технологій має чітко поєднуватись в єдиний ринок зі своєю регуляцією; новим операційними процесами в енергетичному секторі; і як наслідок цього створення нових бізнес-моделей (Й).

Розвиток відновлюваних технологій в поєднанні з електрифікацією та енергоефективність дозволить досягти 90% зменшення викидів CO<sub>2</sub>, та уповільнить нагрівання планети до 2C, згідно з Паризькою угодою. Електрифікація з ВДЕ як ключовою необхідною галуззю дозволить скоротити викиди до 60%, при застосуванні додаткових технологій вдасться досягнути показника у 75%, якщо ж застосовувати заходи з енергоефективності то очікуване досягнення становитиме близько 90%. Паризька домовленість була підписана в 2015 році, з цього часу викиди CO<sub>2</sub> збільшилися на 4%, наступні роки, на думку вчених, є ключовими по результативності у кліматичному переході і це потребує виходу державних амбіцій на дещо інший рівень.

Енергетичний сектор надзвичайно важливий в процесі декарбонізації, на нього припадає дві третини викидів парникових газів і велика кількість шкідливих домішок при спалюванні вугілля на слабкоманеврових вугільних ТЕС [11].

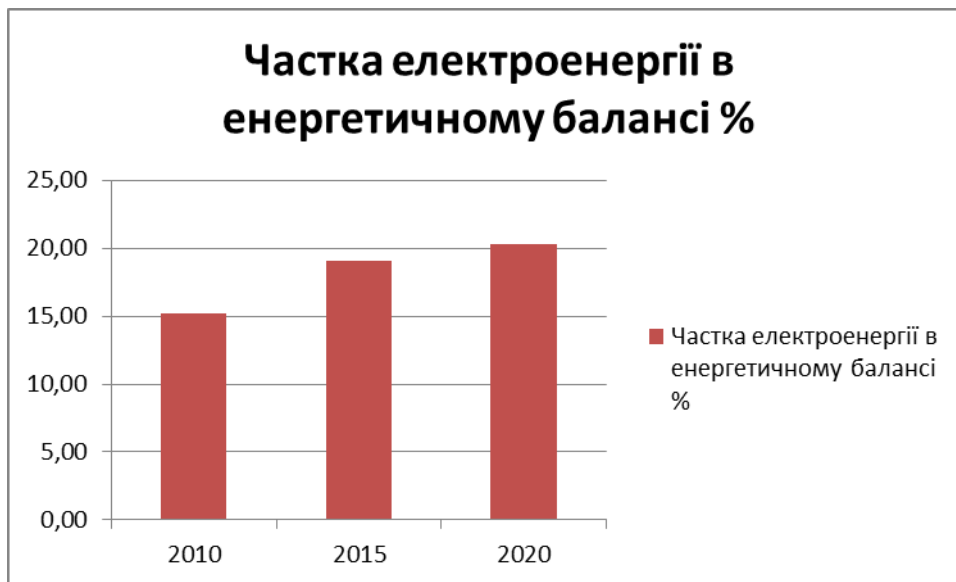
Кінцевим етапом структурних змін буде створення циркулярної економіки, з мінімальними викидами та можливим переміщенням виробництв до територій де ВДЕ особливо ефективні. Наразі альтернативна енергетика демонструє скорочення вартості (Д). Інвестиції в інфраструктуру та їх

прибутковість пропорційно збільшуватиметься до рівня скорочення викидів. Системні інвестиції потребують розумних енергетичних систем, гратчатості розміщення електростанцій, будівництва інфраструктури перезарядки, промислових об'єктів зі збереження електроенергії (з використання водневих технологій), технологій охолодження та нагрівання у великих містах.

Типи інвестування в енергоефективність з часом змінюються з технологій базованих на викопному паливі до сектору енергоефективності відновлюваності та обслуговуючого обладнання. Швидке здешевлення вартості та потенціально можливе подальше скорочення зробить вироблену енергію дедалі дешевшою, а виробництво буде більш ефективним.(Г)

IRENA прогнозує що, субсидіювання знадобиться лише на першому етапі енергетичного переходу тобто до 2030, подальше субсидіювання буде економічно недоцільним. Наразі субсидіювання використовується для прогресування технологій, кращого розуміння енергетичних систем На 2015 рік у становила 605 млрд. дол. За прогнозами IRENA використання електроенергії у 2050 році у сфері транспорту досягне 43%, 68% будинків опалюватимуться та обслуговуватимуться з допомогою електроенергії. В сфері енергетики 86% генеруватимуть ВДЕ. За прогнозами інших експертів до 2050 року 70% транспорту працюватиме на електриці зокрема: всі автомобілі та автобуси двоколісний та триколісний транспорт, вантажівки. Близько 8% ВДЕ витрачатиметься на виробництво відновлюваного водню, даний вид палива має замінити існуюче викопне паливо, наразі водень використовується як допоміжний елемент у промислових процесів. Рівень застосування електроенергії в енергетичному балансі є дещо меншим.

Соціально-економічні наслідки переходу залежатимуть від обмежень встановлених урядами. Податки на викиди здатні зробити відчутний соціально-економічний вплив і це залежатиме від рамкових обмежень.



**Рис.2.3. Частка електроенергії в сукупному споживанні енергії по країні**  
Створено за даними[13]

Вплив на сектор працевлаштування складно точно спрогнозувати. Враховуючи те що у ВДЕ є три основні вектори розвитку(Є), на мою думку, це має компенсувати гарантовану втрату робочих місць у секторі викопного палива.(И) Фахівці прогнозують, задля зростання ефективності, більшість промислових об'єктів скоротить кількість працівників, натомість у секторі виробництво/транспортування електроенергії відбудеться зростання зайнятості, що позитивно відіб'ється на показниках зайнятості.

Процес енергетичного переходу не просто зміна технологічних циклів, це вже ознака трансформації економіки та суспільного устрою; дані зміни матимуть різні бонусні результати як-от – покращення якості повітря в промислових містах і покращення навколишнього середовища та сповільнення кліматичних змін.

### **2.3. Ключові технології в енергосекторі**

Технології змінюють енергетичний сектор вже зараз, сьогоднішня енергосистема має вплив таких технологій:

- розумні саморегулюючі елементи енергетичної системи;
- цифрові рішення при контролі енергетичних загроз та торгівля енергією;

- зниження вартості акумуляторних батарей для промислового збереження енергії.

Battery Energy Storage System (BESS)- промислові системи накопичення енергії за допомогою літєвих батарей або гравітаційних установок.[36] система накопичення енергії – група електроустановок для зберігання енергії, включає в себе обладнання для зберігання енергії, інженерні споруди, засоби перетворення енергії та допоміжне обладнання; головне завдання відбір надлишків електроенергії та подальше повернення при недостатньому рівні виробництва[2].

В Україні накопичувачі енергії не мають великого поширення загальна потужність станом на 2020 рік 183МВт. Один з перспективних напрямків розвитку, однак на сьогодні експлуатація даних установок в нашій державі рідкісне явище. Крім літєвих батарей застосовується накопичення енергії стисненим повітрям (CAES) та гідроакумуляція дані технології потребують спеціального будівництва та вимогливі до місця розташування. Сектор з акумуляування енергії виріс у світі на 48 разів за 10 років технологія перспективна.

Способи збереження електричної енергії:

- літєві акумуляторні батареї, зберігання даною технологією вважається дешевим ефективним та зручним натомість ці якості зберігаються до деградації потужностей збереження. Беззаперечною перевагою є швидке будівництво та швидка віддача електричної енергії в мережу. Важливим мінусом є не екологічність при утилізації акумуляторів, швидкий знос акумуляторів при різких перепадах температур, висока вартість будівництва. На сьогодні термін життя акумуляторі в при різких перепадах температур і інтенсивному використанні становить близько 5-10 років. Існують іонні батареї на інших металах проте їхня ефективність нижча [1].

- Газові сховища із зеленим газом, перевагою є можливість використання продукції існуючими ТЕС та мережею трубопроводів.

Технологія базуються на використанні зеленого водню з подальшим утворенням метану. Недоліком є великі втрати при значних добових коливаннях споживання електричної енергії, зберігання електричної енергії з допомогою даних технологій ефективно лише на тривалий термін.

- ГАЕС, даний тип накопичення технологічно перевіреним проте потребує зручного місця та займає велику територію. Позитивними рисами є недороге та ефективне зберігання великі масштаби виробництва. ККД ГАЕС коливається від 40% для станцій зразка 60-х років минулого століття до 85% у сучасних електростанціях (Ташлицька ГАЕС).

- Гравітаційні системи накопичення енергії. На мою думку один з перспективних варіантів при переорієнтації старих вугільних шахт у станції накопичення екологічно чистої енергії. Даний вид збереження є новим та на думку експертів мало ефективним при збільшенні масштабу станції [10].

- Теплові накопичувачі електричної енергії. Технологія недорога проте малоефективна для міжсезонного зберігання енергії. Подібні проекти недорогі в своєму будівництві проте й ефективність невисока ефективність подібних сховищ на сьогодні становить близько 25%, планується, що за допомогою покращень вдасться досягнути 50% ефективності.

Ці технології можуть сильно змінити енергетичний сектор до рівня, що здавався неможливим декілька десятиліть тому. Існують технології у дотичних секторах енергетики. Досконалі інформаційні технології з повсякчасним приєднанням до мережі зменшить викиди. Виробництво електроенергії кінцевими споживачами значно посилить впроваджені заходи. Енергосистема у 2050 році буде цілком відмінною від сьогоднішньої зокрема через дистрибуцію об'єктів генерації, торгівлею електроенергією та оцінкою ризиків.

Розмір світового ринку виробництва біопалива 652млрд. літрів, на сьогодні ринок біопалива становить 2% від рівня використання викопного палива; для України для задоволення значної частки споживання достатньо використовувати 1100-1300 тис. т. рік це дозволить скороти закупівлю

нафтопродуктів на 20%. На період з 2010-2015 ринок використання біоетанолу зростав на 20% щорічно.

Технології теплових насосів розвиватиметься та використовуватиме дедалі менше ресурсів. Технології теплових насосів вже використовуються в розвинених країнах. Як зазначає Міжнародна енергетична агенція, велика частка електроенергії використовується для охолодження приміщень влітку, що створює стабільно високе навантаження на енергосистему, використання технологій теплових насосів, за розрахунками вчених, повинно стабілізувати мережі і уникнути довготривалого перевантаження мереж. Міста та мікрорайони мають вбудовувати технології в навколишнє середовище та створювати централізовані з накопичення отриманої енергії та розсіяного тепла.

Розвиток енергосистеми потребуватиме різного роду гнучкості, які складно уявити сьогодні. (гнучкість поставок, продажі, зберігання, стійкість до загроз, швидкість трансформації електроенергії). Розвиток ІТ-сфери може серйозно покращити управління енергосистемою, та в майбутньому допоможе справитись з викликами майбутньої енергосистеми. При цьому за прогнозами науковців, такі технології як Інтернет речей та блокчейн змінять енергосектор у кращу сторону.

Цікавим прикладом застосування нових технологій у ВДЕ є віртуальні енергетичні стації, саме такий термін мають генеруючі потужності, що не входять до офіційних виробників електроенергії. Тобто це сонячні панелі або вітряки чи інші технології, що встановлені на дахах будинків чи промислових об'єктів головною функцією яких не є виробництво електроенергії. Станом на 2017 рік потужність даних установок в ЄС становила 16.8ГВт.

Відповідно до дослідження Navigant research «Transactive Energy Markets», що був зроблений в 2018 року, в майбутньому співпраця між виробниками і споживачами буде прямою, тобто управління та розподіл енергії робитимуться прямих трансакцій між користувачами.

Міжнародні компанії багато вкладають коштів у об'єднання всіх елементів енергосистеми в єдину децентралізовану мережу. На думку вчених, за допомогою смарт-контрактів значно спроститься багаторівнева система прийняття рішень.

Смарт-контракти в майбутньому використовуватимуться для швидкого укладання угод, це є цифровим зобов'язанням виконання попередніх умов між двома сторонами

В ЄС 18 жовтня 2022 року було прийнято рішення про посилення цифровізації енергетичного сектору, наш енергосектор вже інтегрувався з ринком ЄС. Наша держава має декілька крутих прикладів ефективного використання цифрових двійників існуючих виробничих потужностей у сфері енергетики . Зокрема лідером у застосуванні цифрових двійників серед генеруючих компаній є ДТЕК.

Дана компанія застосовує технологію для здешевлення виробництва електричної енергії на ТЕС, шляхом найефективнішого застосування спалюваного вугілля. Сучасна ТЕС дозволяє відстежувати режим роботи основних агрегатів та запобігає аварійним ситуаціям на електростанціях. Використання машинного інтелекту та створення цифрових двійників дозволяє детально оцінювати режим роботи кожної турбіни та значно здешевити кінцеву продукцію. За два роки застосування технологій компанії ДТЕК вдалось заощадити 170 млн грн.

Компанія ДТЕК працює не лише на ТЕС, а й активно розвивається на ВДЕ-ринку. Зокрема всі генеруючі компанії об'єднані єдиною базою даних, що дозволяє краще готувати фахівців на тренажерах, підвищувати стабільність та безперебійність роботи. Єдина платформа даних включає в себе 2000-100000 сигналів параметрів за добу. Настільки щільний потік автоматизованого моніторингу дозволяє визначати критичні місця та можливі поломки наперед.

Технологія блок-чейн може призвести до суттєвих зрушень в багатьох секторах економіки, енергетика не виключення. Цифрові технології інтернет речей та штучний інтелект та блок-чейн ключові елементи забезпечення

стійкості енергосистеми майбутнього. В сучасних умовах база даних енергетики знаходиться на централізованих серверах, блок-чейн передбачає розміщення даної бази на багатьох комп'ютерах-партнерах тобто розділяє відокремлює енергетичні та інформаційні потоки. Блок-чейн особливо ефективний зі зростанням виробництва ВДЕ та малими електростанціями з нестабільною генерацією. Таким чином вдасться заощадити кошти власників, мінімізувавши потребу перевірки. Адже сучасні системи транспортування та перерозподілу орієнтовані на великі ТЕС, АЕС, ГЕС, а перерозподіл дрібного та непостійного виробництва з ВДЕ створює проблеми для операторів ОЕС за сучасних технологічних умов.

Експерти стверджують, що зелений та цифровий розвиток повинні йти поруч. Багато галузей вже досить добре розроблені та електромобілі та зарядні станції наприклад не зв'язані між собою, до 2030-2035 року ЄС планує виділити дещо більше 0,5 трлн євро для підготовки інфраструктури до повного переходу на ВДЕ [56].

В цілому енергоефективний сектор та сектор електроенергетики підпадає під сильний вплив ІКТ, це можна простежити на декількох тенденціях що впроваджує ЄС:

- допомога кінцевим споживачам у зростанні контролю та моніторингу над власними витратами, за рахунок поліпшених лічильників та цифрового регулювання для підвищення стійкості прогнозованості всього ринку виробництва;
- контроль споживання за допомогою електронних систем у нових пристроях та системах;
- посилення кібербезпеки енергетичних об'єктів, в цьому плані в Україні впроваджуються як нові галузеві розпорядження так і нове законодавство, транскордонні перетоки додатково регулюються Мережевим кодексом ЄС.

## **2.4. Недоліки різних видів генерації**

ВДЕ та гідроенергетика зростає швидкими темпами у частці виробництва електроенергії, дана тенденція характерна не тільки для України а й для світу в цілому і це не зважаючи на серйозні недоліки в даному типі виробництва. Недоліки стосуються як фізичних умов залежність ефективності виробництва та так званим ефектом громіздкості. Коефіцієнт сумарної ефективності вітрової чи сонячної електростанції до вугільних і мазутних та ядерних електростанцій становить 1- 500, тобто 1м<sup>2</sup> ядерної електростанції продукує стільки ж енергії як 500м<sup>2</sup> сонячних панелей, за сучасних технологічних умов. Коефіцієнт ефективності зелених ВДЕ до гідроелектростанцій становить 1-100. Зменшення енерговтрат у зв'язку з переходом на ВДЕ та їх ефективність, дозволить енергосистемі стабільніше транспортувати електроенергію до кінцевого споживача. Проте ВДЕ мають певний негативний вплив на природу.

Експлуатація станцій потребує вилучення великої кількості земель з фондів. Даний вид генерації має такі негативні наслідки:

- вітряки працюють при середньому вітрі та вразливі до ураганів, при слабкому вітрі дана генерація малоефективна;
- установки працюють з великим шумом, багато установок – більше шумове забруднення;
- електроенергія дорожча аніж теплова генерація;
- хоча землі для установки вітряків в більшості своїй малопродуктивні це все ж втрата с/г земель;
- позитивною рисою є відсутність викидів при експлуатації.

Негативними впливами сонячної генерації є неочевидні явища при технологічній переробці відпрацьованих панелей та акумуляторів. Використання приватними будинками ефективно при встановленні на дахах, при промисловому виробництві з обігу випадають великі площі земель. Сонячна парова генерація дозволяє опалювати будинки, проте малоефективна в поза пустельних районах. Таким чином сонячні панелі дуже ефективні, коли є генеруючими потужностями та призводять до проблем, коли є промисловими відходами.

Геотермальна генерація має хорошу рентабельність при тривалому використанні проте має певні негативні наслідки. Зокрема викиди теплоносія в підземні води, В цілому геотермальна енергетика має невеликі викиди та ризики і є особливо ефективною в зонах де близько залягають термальні води. Ризиком при будівництві є каскадні сейсмічні поштовхи при будівництві нової станції.

Біомаса не зможе компенсувати покриття генерації, попри наявність великої кількості сировини, у даного виду генерації є серйозне обмеження – сфера застосування біомаси вузькоспеціалізована. Значно більші можливості має біогазова галузь, оскільки біометан ідентичний природньому метану.

Тобто біогаз має ширший спектр застосування, що відповідно може призвести до його дорожчання в майбутньому. Енергія з біомаси утворюється шляхом спалювання біомаси ефективність спалювання порівняно невелика, через низьку ефективність турбін для подібних станцій та високі витрати при транспортуванні палива, ці два фактори не дозволяють створювати великі станції на подібному паливі. До того ж при спалюванні виділяється чадний газ та сажа, рівень викидів збільшується при технологічно неправильному спалюванні.

Важливим недоліком біопалива є різноманіття ресурсної сировини та невстановлені міждержавні стандарти з його виробництва. Існують певні обмеження культури, що використовуються для виробництва біоетанолу потребують надзвичайно великої кількості води, оскільки даний види виробництва конкурує за воду не тільки з іншими сільськогосподарськими культурами а й зі зростаючими потребами містян. На думку науковців, активна урбанізація та розвиток ринку біопалива, спричинило активне споживання води і в 2008 в посушливих районах були неврожаї зернових, в подальшому (зважаючи на великий внутрішній ринок) це призвело до стрибків цін у світовому масштабі. При цьому існують так звані терези з одного боку біоетанол з іншого боку люди, що потребують їжі, тому на мою думку, ринок біопалива дещо обмежений.

Тобто недоліками ВДЕ крім чутливості до погоди та їхня громіздкість. Крім цього варто зазначити, що ВДЕ та гідроелектростанції в більшості своїй мають вплив на локальний ринок електричної енергії, але взяті окремо не є потужними продуцентами енергії. Екологічний вплив ГЕС теж відчутний, основні проблеми криються в неправильному розміщенні станції, натомість при експлуатації вплив дещо менший.

Вплив ГЕС не тільки однозначно негативний є й позитивні наслідки, зокрема на здоров'я людей. Вироблення 1 млрд КВт/год енергії даним видом генерації, на думку вчених, скорочує смертність на 110-230 людей/рік.

Географія розміщення основних потужностей відповідає найдоцільнішому розміщенню з точки зору ефективності. Загальна географія розміщення, показує що 85% вітрової генерації розміщені на узбережжях Чорного та азовського морів, сонячна генерація розміщена дещо рівномірніше проте 60% генерації розміщені в південних та південно-східних областях.

Вугільна генерація виділяє надзвичайно велику кількість парникових газів в порівнянні з іншими видами генерації, можливим шляхом вирішення модернізація та вкладення інвестицій в дослідження систем очистки газових відходів. Технології дозволяють прибирати домішки проте немає технологій, що зменшували б викид CO<sub>2</sub>, тренд більшості розвинених країн повна відмова від даного виду генерації. Ціна на вугілля є однією з найменших в структурі енергоресурсів, відповідно без сплати податку на викиди, ціна виробленої електроенергії буде стабільно низькою. Проте враховуючи екологічний фактор і зростання податків на викиди ціна виробленої енергії зросте. Теплова енергетика в цілому має екологічний слід, що піддається коригуванню за допомогою технологічних засобів. Основними причинами збільшення викидів є:

- низькосортне паливо з великою кількістю сірки та інших шкідливих домішок.
- застаріла технологія, немодернізована конструкція турбін;
- високий рівень матеріальних витрат на позапланові ремонти;

- кластеризація промислових об'єктів синергує негативний потенціал на навколишнє середовище, особливо це стосується високої концентрації екологічно небезпечних виробництв;
- відсутність централізованого очищення відходів як з газових труб так і стічних вод, вкрай незадовільний стан використання існуючих очисних споруд;
- відсутність правового та економічного стимулювання з боку держави, для розробки та впровадження екологічно прийнятних вітчизняних технологій;
- неналежний контроль за захистом навколишнього середовища.

Заміна палива з нафти на наприклад інші види викопного палива дуже складна, адже створювати паливо з вугілля не дозволяє вартість кінцевої продукції. Використовуючи високоефективні технології генерації ефективність використання природного газу сучасними генеруючими установками становить до 55%, немодернізованих до 35%. Перевагою переходу з нафти на газ є менший вуглецевий слід внаслідок спалювання енергоресурсу.

Проте на початку 21ст. вугілля повертається в енергетичний комплекс, через його дешевизну та покращені технології переробки, що роблять вуглецевий слід дещо меншим. Основною перевагою паливного вугілля є: низька ціна, зручність транспортування, ціни на сировину мало коливаються та більш стабільні до геополітичних потрясінь. Прогнозується що у світі споживання вугілля зросте на 2.8% з показників 2002 до 2030 року , при цьому 81% вугілля використовується для виробництва електроенергії.. Наразі запасів кам'яного вугілля достатньо на понад 100 років таких же темпів видобутку і використання. Вугілля становить 85% всіх запасів палива у світі, видобуток йде невеликими темпами і спалювання вугілля спричинює 30% викидів шкідливих речовин.

Технологія переробки вугілля на рідинне паливо досить приваблива для інвесторів, оскільки країни з розвиненими технологіями та малими запасами нафти прагнуть знайти альтернативу. Сучасні технології дозволяють відбирати 80-90% шкідливих викидів(SO<sub>2</sub>;NO<sub>2</sub>). У поєднанні з використанням низькосульфурного вугілля та з використанням деталей і технологій вугілля буде

використовуватись як паливна сировина, особливо в країнах з великими запасами такими як в Україні. Крім викидів парникових газів та інших продуктів згорання в повітря викидаються різні рідкоземельні частинки, що можуть впливати на людське здоров'я та навколишнє середовище. Натомість науковці вже мають технології, що можуть вловлювати 99,5% викидів. Звичайно чисті в плані викидів технології не скасовують викидів CO<sub>2</sub>, що вважаються рушієм парникового ефекту. Наразі вченими з КНР та США проводяться розробки технологій вловлювання CO<sub>2</sub>, але недоліком розробки даних інновацій є високий технологічний ризик та велика вартість інвестицій.

Дана технологія має назву захоплення вуглецю та сепарація Carbon Capture and Sequestration (CCS). Використання даних дорого вартісних технологій суттєво підвищують вартість виробництва електроенергії тепловими електростанціями. Наприклад, вартість виробленої електроенергії в США з використанням даних технологій зростає на 12-57% це доволі значний показник, оскільки вартість виробництва 0.048-0.081 дол. за КВт. Незважаючи на великі переваги вугілля у світовій практиці лише 5% інвестицій вкладається в енергетичну галузь, що базується на кам'яному вугіллі. Найбільше у вугільну галузь інвестує Китай (188-232) США (67-73) Австралія (40-46) Індонезія(10-14) мільярдів доларів. Перша десятка країн інвестує 326-388 млрд дол. у дану галузь. України в списку найбільших інвесторів у вугільну промисловість немає.[44] Рівень вкладення ВВП країн, що інвестують у даний вид промисловості становить від десятих до тисячних відсотка, таким чином можна зробити висновок, що навіть у країнах з бурхливо зростаючою економікою та відповідною промисловою базою, рівень споживання вугілля у енергетичних цілях невеликий.

Атомна енергетика як і ТЕС та й взагалі всяка інша генерація має свій неочевидний та опосередкований вплив на природу. З впровадженням атомної генерації у 1960-х здавалось, що це прийнятний та екологічно чистий варіант, на сьогоднішній день провідні фахівці вказують на декілька відчутних ризиків:

- аварії на станціях призводять до викидів з радіоактивними матеріалами;

- викиди 250 ізотопів при плановій роботі станції та подальшому захороненні відходів. Ці ізотопи негативно відбиваються на здоров'ї людей, тварин та рослин; збільшується загальна захворюваність населення при будівництві та експлуатації нових ядерних реакторів.
- викиди одного з ізотопів криптону, що є одним з інертних, сильно змінює електропровідність атмосфери, цей газ призводить до сильного посилення парникового ефекту. Щороку вміст даного газу збільшується на 5% і наразі його в атмосфері в мільйони разів більше ніж до атомної ери.
- біосфера регулярно забруднюється ізотопами плутонію, європейські вчені винайшли спосіб зв'язування даного відходу у вигляді сполуки що нагадує річковий мул технологія дозволяє на тривалий час і без викидів вилучати плутоній із руху речовин в біосфері, дана технологія є лише розробкою і наразі захоронення дещо відрізняється.

Щороку відкриваються нові небезпеки та шкідливий вплив атомної генерації, список негативних наслідків постійно поповнюється, це робить даний вид генерації безнадійно брудним та недоречним в довгостроковій перспективі за сучасних технологічних умов.

Нафтові піски вважаються можливою альтернативою звичайній нафті, але варто зазначити, що технологія переробки даної сировини потребує великої кількості води. Співвідношення становить 2-4.5/ 1, тобто для одного бареля синтетичної нафти у промислових процесах необхідно використати більшу кількість води. Менше 10% використаної води може безперешкодно повертатись в природу натомість, у 90% об'єму рівень забруднення неприпустимий.

## **2.5.Стійкість енергосистеми до різного типу загроз**

Енергетична безпека в секторі стабільного виробництва є важливим елементом функціонування економіки держави також є невід'ємною частиною цивілізованого життя громадян. Вітчизняні міжгалузеві дослідники, що вивчають стійкість держави до різного роду викликів та загроз, вважають що

енергетична безпека реалізує фундаментальний принцип національних інтересів – сталий розвиток економіки та стабільність у суспільстві та державі для забезпечення зростання якості життя населення.

Станом на 2021 рік в Україні була прийнята «Стратегія енергетичної безпеки України». Стратегічний та комплексний підхід єдино можливий для такої складної галузі як енергетика. Не існує окремої стратегії стосовно паливної та окремо електроенергетичної галузі; дана галузь розглядається як єдине ціле. На мою думку, даний підхід має свою перевагу оскільки в умовах нестабільності на кордонах та великої частки імпортного палива наша держава може вирішувати проблеми лише комплексно, тобто з врахуванням всіх можливих варіантів впливу. Профільні експерти зазначають, що стратегія розвитку безпеки в даному секторі забезпечить прогнозовану стійкість та передчасну ідентифікацію проблем та аварійних ситуацій.

Документ прийнятий до початку війни і частина загроз справдилась а частина, наприклад, неможливість інтеграції з ЄС ні. Загалом експертами вказано 29 загроз як внутрішнього так і зовнішнього характеру. Кінцева мета стратегії має декілька цілей і спрямована на позитивну трансформацію сектору:

1. Доступність електроенергії для всіх споживачів.
2. Стійкість системи до загроз різного характеру.
3. Економічна ефективність та доцільність існування системи передачі електроенергії.
4. Енергетична ефективність в поєднанні з екологічною ефективністю , тобто отримання прибутку без шкоди на природу.
5. Інтеграція енергосектору з ЄС у різних сферах(технологічній, економічній, політичній).
6. Незалежність нашої країни щодо політики у сфері енергетики.

В цілому стратегія енергетичної безпеки це не лише про одну енергетику, дана стратегія тісно пов'язана з низкою інших стратегій, які вкупі створюють єдину стратегію національної безпеки. Тому хоча стратегія стосується лише

сфери енергетики вона тісно пов'язана та залежить від успіху у впровадженні стратегій іншого характеру (М).

Через складність та багатогранність поняття стійкості енергосистеми розкладається на декілька складових, в залежності від напрямку та завдань оцінки.

Складність опису енергетичної безпеки полягає у відсутності методології опису, різні дослідники в Україні по різному оцінюють безпеку енергетичної сфери; шляхом застосування різних критеріїв оцінки. Актуальні напрямки дослідження залежать від початкових знань науковця та безпекової ситуації. Якщо узагальнити то головні напрями дослідження здійснюються за ключовими параметрами, що характеризують основні властивості енергосистеми чи окремих її частин. Набори даних дослідження, варіюються в залежності від практичних потреб дослідження. Ключовими параметрами дослідження української енергетики є:

- ресурсні;
- економічні;
- технологічні;
- екологічні.

Класикою дослідження енергетичної безпеки енергосистеми є дослідницький звіт Asia Pacific Energy Research Centre (APEREC)[53]; дослідження здійснюється за декількома напрямками: ресурсна забезпеченість, технічна безпека, екологічність виробництва та прибутковість в англійській літературі даний принцип має назву 4A's – availability, accessibility, affordability, acceptability), згодом з пришвидшенням зміни клімату до основних напрямків додалися ще два: викиди парникових газів та рівень ВДЕ в енергосистемі. Наразі при оцінці безпеки енергосистеми існує потреба розширення напрямів дослідження: наявність; диверсифікованість; ціна; технологія та ефективність; локалізація; часовий проміжок; стійкість; навколишнє середовище; здоров'я; культура; доступ до інформації; зайнятість; державна політика; військовий вимір; кібербезпека,

У країнах із стабільною ринковою економікою об'єкт дослідження енергетичної безпеки обмежується до економічного регулювання наявності енергоресурсів, надійності технології виробництва, екологічності та ефективності функціонування мережі розподілу енергії. Саме таке визначення наявне в багатьох класифікаціях поняття енергетичної безпеки, класикою визначення є визначення надане Міжнародним енергетичним агентством «безперервна доступність джерел енергії за прийнятною ціною» («the uninterrupted availability of energy sources at an affordable price»).[47] Таким визначенням МЕА навіть спрощує оцінку з точки зору безпеки енергосистеми до трьох ключових напрямків:

1. Фізична наявність ресурсу.
2. Економічна доступність.
3. Безперервність постачання.

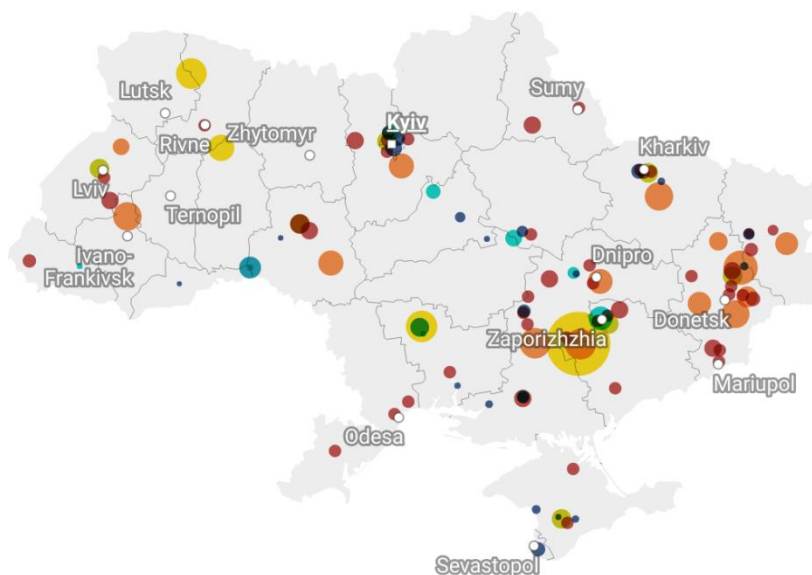
Стабільне виробництво та постачання в масштабах держави здійснюють особливо важливі об'єкти енергетики.

Особливо важливі об'єкти електроенергетики - генеруючі потужності та системи передавання, ключові підстанції та диспетчерські пункти, що забезпечують нормальне та планове і безперебійне функціонування ОЕС;

руйнація призведе до порушення енергопостачання суб'єктам господарювання;

## Стратегічні об'єкти енергетики 2018 рік

Об'єкти під охороною



[30] Source: Постанова Кабінету Міністрів України • Created with Datawrapper

### Рис.2.4. Головні електростанції та диспетчерські пункти

Створено за даними[29]

В нашій державі в умовах війни застосовується колективне реагування на загрози для енерго сектору, що виникли від початку війни. Ключовим напрямками у реформуванні та модернізації є не тільки збільшення субсидіювання для соціально незахищених верств населення а й збільшення живучості енергосистеми; шляхом підвищення фізичної захищеності та посилення кібер безпеки. рф, після багаторазових атак як у кібер просторі так і ракетними атаками, це довела. Наші профільні спеціалісти пропонують встановити в міжнародному законодавстві нові правила щодо посилення покарання за військові або терористичні атаки на об'єкти енергетичної інфраструктури. На думку, профільного міністра після багаторазових прецедентів негативної діяльності треба виключити можливість використання енергетики як зброї. Головними проблемами внаслідок ракетних атак були:

- а) руйнація або захоплення об'єктів генерації;

б) руйнація диспетчерських пунктів та станцій передачі;

Енергетики проводять декілька системних рішень, в той час як Уряд збільшує ефективність роботи ПРО. Енергетики планують опустити під землю розподільчі об'єкти та частину диспетчерських пунктів, для збільшення життєздатності енергосистеми від атак.

Енергетики розрізняють два види стійкості для безаварійної роботи:

- динамічна стійкість( здатність енергосистеми повертатись до нормального працездатності після великих збурень у споживанні або втрати частини потенціалу, внаслідок вимкнення якогось елемента енергосистеми; внаслідок цього відбуваються зміни в ОЕС та роз синхронізація режиму роботи.

- статична стійкість (здатність енергосистеми протистояти незначним збуренням за яких зміни показників у роботі порівняно менші з динамічною стійкістю)

- інший тип стійкості( здатність енергосистеми транспортувати, при наявній генерації; чимало відімкнень стались через автоматичний захист систем передачі від перенавантажень).

Ще до початку великої війни ENSTO-E, схвально відгукувався щодо стійкості енергосистеми до аварійних ситуацій та кібератак. Під час війни ENSTO-E відмітила лише дві крупні дестабілізаційні ситуації, але вони були швидко подолані внаслідок збільшення генеруючих потужностей на АЕС. Наші міжнародні партнери схвально відгукуються щодо професіоналізму робітників ОЕС. Українські партнери стверджують, що без допомоги з-за кордону стабілізація енергосистеми зайняла би значно більше часу. ЄС діє на довгострокову перспективу і повна інтеграція з співтовариством потребуватиме подальшого збільшення стійкості, зокрема шляхом збільшення частки ВДЕ та зменшення залежності в генерації від викопного палива.

Зміни відбуваються і в структурі генерації зокрема в нашій державі збільшується частка газотурбінної та газо-поршневої генерації, подібні електростанції нам надають закордонні партнери також існують плани по

застосуванню плаваючих електростанцій [18]. В нашій державі є плани щодо збільшення генерації малими електростанціями, об'єкти такого типу значно підвищать генераційну стійкість та зможу постачати електроенергію хоча б до критичної інфраструктури. Для цього міжнародні партнери нам надають газотурбінні електростанції( стації з потужністю 30,60- 100 МВт) вони значно ефективніші за інші види аварійної генерації і будуть використовуватись для роботи інфраструктури у великих містах. Інший варіант газопоршневі станції вони значно менші та не такі ефективні, проте дещо меншого розміру та здатні генерувати до 5 МВт електроенергії. В нашій державі потрібно мати 1,5ГВт резервних генераційних потужностей. Для невеликого споживання кінцеві споживачі використовують генератори на викопному паливі, на мою думку, це лише тимчасове рішення адже термін життя генератора порівняно невеликий а собівартість електроенергії значна.

Окремо варто зазначити про новий вид загрози для енергетичного сектору. Після початку війни на Донбасі більшість шахт де видобувають необхідне вугілля опинились на невідконтрольній території (антрацитове та пісне вугілля), виникла нова проблема можлива системна нестача вугілля даних груп. Енергетики врахували цей фактор і перевели внаслідок модернізації за період 2016-2019 10 енергоблоків (2060 МВт) на вугілля газової групи. З цієї причини обсяги видобування антрацитного вугілля суттєво знизилися.(В)

Антрацитове вугілля було замінено на доступне вугілля газової групи. Завдяки такій діяльності вдалось зберегти доступної потужності для покриття пікових потреб в енергосистемі. З іншого боку на витрати генеруючих компаній на підтримку станцій, внаслідок подібної діяльності, суттєво зростають.

Існує декілька типів погодних умов, що сильно впливають на режим роботи системи транспортування натомість вони як і будь-яка деталь для вирішення специфічних та вузькопрофільних задач є важливими. Особливо важко підтримувати динамічну стійкість при введенні великої частки ВДЕ. Вітрогенераційні установки, наприклад, мають свою специфічність при роботі.

Швидке скидання генерації може відбутись при штормовому вітрі, коли з надвеликої потужності, ВЕС не генерують нічого подібні стрибки негативно впливають на систему транспортування. Іншим негативним прикладом є швидка зміна вітру з 7м/с до 12 м/с, коли обсяг генерації різко підвищується з 30 до 100% відповідно. Введення великої кількості ВЕС у енергосистеми за несприятливих погодних умов може спричинити аварійний дисбаланс. В довгостроковому плані система передачі для стабільності постачання потребує великих обсягів модернізації ЛЕП та підстанцій.

Іншим чинником підтримки роботи енергосистеми за нормальних умов є гнучкість енергосистеми. Поняття гнучкості енергосистеми включає в себе декілька рівнів розуміння. З одного боку це швидкість реагування енергосистеми на попит з іншого боку це можливість енергосистеми перетворювати надлишкову енергію в інші види енергії для подальшої її консервації. Зберігання отриманої енергії має декілька рівнів:

- нетривале зберігання;
- довготривале зберігання.

У першому випадку експерти з енергетики планують застосовувати батареї для зберігання електроенергії. Даний вид має декілька недоліків: достатньо дорога технологія, батареї при різких перепадах температур втрачають властивості. Позитивною рисою є те що автомобільні акумулятори можуть не тільки заряджатись від мережі а й відправляти енергії назад у мережу у випадку її нестачі. З даними вчених близько 40% всіх батарей буде в транспортних засобах.

Для підвищення гнучкості енергосистеми існують такі технологічні рішення: гнучка генерація, системи накопичення енергії, регулювання попиту(автоматизація заводів та перехід на нічний режим роботи), покращення мережі (ефективні перетоки та інтерконектори, саморегулюючі розумні мережі); найефективніше це використання декількох таких рішень.

Для енергосистеми найдешевшим рішенням в плані швидкості генерації в поєднанні з високою гнучкістю є газопоршневі станції. Газопоршневі станції конкурують в сфері економічно ефективної мобільності з ГАЕС; ГАЕС мають економічну перевагу при роботі в понад 7 годин поспіль, проте резервуари часто не розраховані на стільки тривалу роботу; тому економічний ефект неочевидний. Натомість згідно з галузевою програмою розвитку гідроенергетики частка даної генерації має зрости з 7% до 15,5%, це відбуватиметься шляхом створення Канівської та Дністровської ГАЕС та добудови наявних.

Попри серйозні перешкоди Україна продовжує шлях до амбітної мети- в 2030 генерувати 25% електроенергії з допомогою ВДЕ і досягнути повної кліматичної нейтральності до 2060 року. Попри повномасштабне вторгнення Міністерство енергетики планує вводити нові стимули для пожвавлення галузі наприклад введення: контрактів на різницю (Contract for difference), довготермінові договори на купівлю енергії (де гарантованим покупцем виступає не держава, а приватні структури) [11].

## **РОЗДІЛ 3. ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ ЕНЕРГЕТИКИ**

### **3.1. Виробництво та споживання електроенергії домогосподарствами майбутнього**

Домогосподарства в майбутньому продукуватимуть велику кількість розподіленої потужності це стосується в першу чергу малих виробництв та виробництв електроенергії об'єктами основним завданням яких не є генерація енергії, на думку науковців на подібний спосіб виробництва/акумуляування енергії припадатиме 40% потужності енергосистеми. Зменшення викидів вуглецю від транспорту є одним з ключових напрямків розвитку ЄС, згідно з новою редакцією програми Fit for 55 завдання скоротити викиди від автомобілів на 55% а від нових вантажівок на 50%.

Вітчизняні науковці розробили концепт використання електромобілів біля багатоквартирних будинків(Smart Grid Solution). Дана програма передбачає використання автомобільних багаторівневих парковок у якості локального джерела енергопостачання, окремі будинки з електромобілями виконуватимуть схожі функції, проте велика кількість автомобілів показова та ефективніша. Подібна ідея давно існувала проте серйозні кроки щодо її реалізації відбулись нещодавно. Експерти з електромобільної галузі наполягали на використанні електромобілів в якості балансуєчих потужностей, що й було прописано в стратегії розвитку даної галузі, всі розуміють, що за даним подвійним використання електромобілів майбутнє. Потенціал електромобілів великий, наприклад, компанія Nissan має електромобілів з сукупною потужністю 10 ГВт. Компанія врахувала даний фактор і створила Nissan Energy Share, що дозволяє

ув'язувати потужності електромобілів для живлення або приватних будинків (V2H) або офісом (V2B).

Система при певній модифікації можуть підключатись для живлення безпосередньо енергосистеми (V2G). Для віддалених населених пунктів за несприятливих погодних умов можуть використовуватись як альтернативне джерело живлення, ємність передового електромобіля Tesla - 90 кВт.

Одного заряду електромобіля вистачить для підзарядки 6200 смартфонів або сторазового підйому ліфта на 3 поверх. Американські науковці стверджують що в зв'язку з переходом на електромобілі навантаження на систему передачі зростає на 38%, що може спричинити додаткові аварії. Важливою перешкодою, що не дозволяла використовувати електромобіль як джерело живлення, була швидка втрата ємності батареї. На сьогодні дана втрата становить 2.38%/рік. Однією з переваг у використанні електромобілів в якості резервного джерела живлення є те що електроенергія відновлюється швидше аніж поставки палива після стихійного лиха.

Концепція приватного будинку з самозабезпеченням не є новою в професійних колах дана концепція називається «німецька мрія», «американська мрія» це типу просто будинок, «німецька»- будинок на самозабезпеченні. Цікавим та показовим є приклад продукції однієї з німецьких компаній, що працюють у даному напрямку. Вітчизняна філія Neocre, пропонує настільки досконалий будинок, що завдяки високоякісній ізоляції та герметичної оболонки з використанням ВДЕ, може бути повністю автономним. Обмежуючим фактором є висока вартість продукції 1 тис\$/м<sup>2</sup> [3].

Іншим елементом для підвищення енергоефективності є теплові насоси. Тепловий насос - установка для передачі тепла від джерела низько-потенціального тепла, до інших теплоносіїв, що мають підвищену температуру. Підвищують ефективність роботи системи утеплені вікна, двері, стіни та підлога.

В багатьох приватних будинках в Європі наявні теплові насоси, це одна з технологій, що дозволяє суттєво економити на опаленні [38]. Теплові насоси

можуть використовуватись як заміна твердопаливним або газовим котлам. Важливим аргументом застосування теплових насосів є повна автономність опалення (якщо є сонячні панелі або вітряки) і незалежність від ситуації в енергосистемі. Можливо, перехід на нову технологію не збільшить стійкість ОЕС, проте дозволить виконати вимоги ЄС щодо викидів разом із збереженням нормального комфортного життя. Теплові насоси промислового призначення дорогі (К).

Дана технологія може використовуватись і для великих промислових об'єктів для опалення, проте будинкові насоси не потребують втручання навченого персоналу, а в промислових насосах така необхідність наявна.

Важливим недоліком є висока вартість проведення інженерних робіт, для установки ефективнішого обладнання, це потребує роботу бурових установок і відповідно серйозно здорожчує ціну всієї системи. Іншим недоліком є зменшення ефективності виробництва тепла при сильних морозах (нижче -20), тобто необхідно мати резервні джерела тепла. Система потребує практично постійної роботи тривалі перерви негативно відбиваються на експлуатаційних можливостях теплових насосів, крім того при можливій аварії в тепловому насосі, варто мати резервне підключення до мережі [14].

Теплові насоси у зв'язку з кризою в поставках природного газу до ЄС, стали популярнішими на 38% за минулий рік[35]. Дані установки вже забезпечують 16% опалення житлових та комерційних будинків у ЄС. Кількість проданих теплових насосів може компенсувати дещо менше 4 млрд м<sup>3</sup> природного газу, вся потужність теплових насосів компенсує обсяг викидів Греції(54 млн т CO<sub>2</sub>)

ТН стали популярними у Данії з 2019 року, зараз працює 120 ТН, з них 66 генерують тепло з повітря і це забезпечує половину тепла необхідного для систем централізованого тепlopостачання.

В даному кейсі цікавим є вартість будівництва промислових ТН в Данії, наприклад, розподіл цін приблизно такий (за 1МВт теплової потужності):

- ✓ на ґрунтових водах – 1-1.4 млн євро, в Україні дещо менше через не таку жорстку дозвільну систему;
- ✓ на воді чи повітрі – 0.8-1.2 млн євро;
- ✓ скидне тепло – 0.6-1.1 млн євро;
- ✓ на морській воді - 0.5-1.2 в Україні подібні установки будуть дорожчими через більшу кількість дозволів необхідних для встановлення;
- ✓ абсорбційні насоси – 0.6-0.8, мають нижчий коефіцієнт ефективності;[39]

Обмеженням застосування теплових насосів для промисловості є складність застосування технології «тепла підлога» та відсутність програм енергоефективності від Уряду України. За економічними перед умовами де немає необхідності у системах кондиціонування вигідніше застосовувати системи опалення на дровах або брикетах.

Механізм net metering дає змогу власникам малих генеруючих об'єктів або генерувати в мережу або отримувати з мережі енергію у випадку необхідності отримувати (Т). Потенціал великий за оцінками вчених 380,5тис. промислових об'єктів різного розміру та 6,5млн. домогосподарств; з обсягами споживання 78,293млрд кВт/год на рік та 19,5 млрд кВт/год на рік; впровадження даної технології може замінити 16ГВт генераційних потужностей у випадку повного впровадження в промисловості та 6ГВт – в домогосподарствах.

Сукупність малих генеруючих потужностей може об'єднуватись в єдину генеруючу мережу. Фактично з впровадження нового методу генерації та споживання і відходом від вертикально інтегрованої енергетичної системи стикнуться всі складові на ринку електроенергії. На сьогоднішній день вся енергетична система є вертикально інтегрованою, тобто чітко розподілена на великі виробництва, мережу споживачів, великі об'єкти із зберігання та накопичення енергії. В майбутньому такий підхід відійде в минуле і подібні тенденції простежуються вже сьогодні. Недоліком локальних систем виробництво/споживання є малий вплив на загальнонаціональний ринок. Розмивання межі між споживачами та виробниками, транспортом, роздрібною

торгівлею та системами накопичення електричної енергії створює принципову нову бізнес-модель. Вітчизняні дослідники надають назву даному явищу СЕМ (Сотові електричні мережу).

На першому етапі розвитку СЕМ до локальної мережі підключатимуться лише невеликі виробники споживачі та малі станції накопичення енергії. Разом з тим за прогнозами експертів до СЕМ можуть підключатись навіть малі ядерні реактори для покриття базового споживання. За таких умов та часткової цифровізації оператори управлінських пунктів можуть здійснювати балансування локальних енергетичних мереж.

Virtual Power Plants (VPPs)- саме таку назву має відповідник українській концепції СЕМ. Станція виробництва розподілена між багатьма дрібними виробниками, а операторські функції цілком реальні. Концепція напрацьовується багатьма країнами ЄС, в 2017-2019 роках в ФРН активно напрацьовувались технологічні аспекти функціонування подібних станцій. У 2020 році станція була включена до експлуатації, подібні проекти є і в США і в Японії.

### **3.2 Недоліки та альтернативи енергетичної системи**

Станом на здобуття незалежності наша держава мала великий науково-технологічний потенціал, зокрема впроваджувались енергоблоки потужністю 800 МВт, що є неймовірним навіть на сьогодні. Система транспортування була дуже надійною, зокрема не відбувалось каскадних відімкнень всієї енергосистеми, на ой час від подібної проблеми страждали ФРН та США, Україна розробляла ЛЕП з напругою 750 тис. вольт, це серйозний показник навіть на сьогодні [19]. На мою думку, вартість електроенергії тільки зростатиме для фінансової підтримки переходу, але все одно енергосистема потребуватиме колосальних фінансових вливань. Наразі вартість електроенергії штучно занижується, що створює серйозні проблеми з окупністю нововведених об'єктів ВДЕ(С). Вартість електроенергії для

промисловості вища аніж для приватних споживачів, проте для домогосподарств вартість електроенергії менша в порівнянні з країнами ЄС(Ц).

При першому погляді на трансформаційні процеси здається, що перехід безальтернативний та технологічно легкий. Проте існує декілька системних проблем:

- швидкий та некерований розвиток ВДЕ призводить до розбалансування навіть у країнах ЄС. При пікових навантаженнях газова генерація не справляється і доводиться під'єднувати всі можливі резерви навіть вугільну генерацію або імпортувати електроенергію ззовні. Українські спеціалісти називають це «зелено-вугільний дисбаланс»(О).

- країни з великим виробництвом ВДЕ при значній залежності в імпорті можуть призводити до дисбалансів та повалити не тільки свою енергосистему а й систему інших країн. Якщо коротко досягнути високої частки ВДЕ неможливо через малу стабільність виробництва.

Вихід є і існує декілька варіантів швидкої генерації: гідроенергетика, маневрена генерація на газі, накопичувачі енергії, зелений водень, синтетичний метан, біометан. ЄС планує здійснити повну відмову від викопного палива, тому я зосереджусь на найекологічніших технологіях.

Біометан - це паливо що має властивості природного газу, вмістом метану 96-98%. Даний вид палива отримують з безкисневої переробки біомаси до виділення біогазу, з подальшим технологічним перетворенням у біометан.

Перевагою є незамінність котлів, систем транспортування, газових електростанцій. Важливою перевагою біометану на найближчу перспективу є порівняно менша вартість стосовно «зеленого водню» або інших газів для запасання енергії.

Таблиця 3.1.

### Порівняння вартості енергетичної сировини

		2021	2030	2050	після 2050
Вартість зеленого водню	\$/кг	7	3	2	1

Вартість одиниці енергії у зеленому водні	\$/МДж	0,058	0,025	0,017	0,008
Вартість біометану	\$/1000 м3	700	650	600	500
Вартість одиниці енергії у біометані	\$/МДж	0,020	0,018	0,017	0,014
У скільки разів біометан дешевше зеленого водню		<b>3,0</b>	<b>1,4</b>	<b>1,0</b>	<b>0,6</b>

Створено за даними [49]

Важливою перевагою є наявність великої кількості рослинних відходів від кукурудзи соняшника та зернових культур, тобто за умови мережевих установок переробки біомаси сукупний потенціал виробництва газу буде помітний на ринку енергетики[27].

Експерти біоенергетичної асоціації України вважають, що найперспективнішою буде комбінована технологія зеленого водню та біометану.

Технологія метанації надлишкового водню передбачає:

- розміщення поряд із джерелами виробництва водню та біометану, це необхідно проектувати для здешевлення транспортування між підприємствами одного кластеру.
- біогаз використовується як донор CO<sub>2</sub>, для проведення метанації водню, використовувати вуглекислий газ технологічно складно та економічно неприйнятно.
- транспортувати біометан та синтетичний метан, вигідніше в одному газопроводі. Використання кластеру технологій за оцінками профільних експертів дозволить продукувати 7.8млрд м3/рік біометану та 5.6 млрд м3/рік синтетичного метану.

Водень вироблений за допомогою дешевої та екологічно чистої енергії має високий комерційний потенціал. Має високий потенціал через високу енергоємність 1кг водню дає стільки ж енергії як 2.8 кг бензину[6]. За нормальних умов даний газ має низьку щільність, тому наразі зберігання та транспортування є серйозною технологічною перешкодою. На даний час для забезпечення попиту на водень використовується 6% природного газу та 2%

кам'яного вугілля[7]. За даними міжнародних досліджень ціна на зелений водень становить 2.5-6.8 \$/кг, до 2050 може знизитись до 0.8\$/кг. Доставка до споживачів є ключовим фактором щодо зменшення вартості водню особливо в короткостроковій перспективі.

Водень транспортувати трубопроводами дешевше ніж еквівалент електричної енергії, що безмовно велика перевага цього універсального виду палива. Негативним фактором щодо розвитку є висока вартість «зеленого» водню та мала мережа споживання.

В багатьох стратегіях ЄС водень вважається ключовим компонентом майбутнього балансу енергоресурсів. Амбіційна програма Fit for 55 передбачає скорочення викидів країнами членами на 55% до 2030 року і дана програма уточнювалась декілька разів та була остаточно прийнята в середині 2022 року.

Стосовно водню створена окрема програма розвитку RePowerEU головною метою є впровадження виробництва водню з ВДЕ до 20 млн т/рік. Половина водню буде вироблятися на власних потужностях, інша частина буде звідкись імпортуватися.

Наша держава може скористатись великим ринком збуту. Наша держава має великі можливості в галузі виробництва водню. За розрахунками закордонних спеціалістів, наша держава може виробляти 2 млн т до 2032 року, дана промисловість потребуватиме 15 ГВт потужності лише на власні потреби. Українська продукція має велику перевагу МВт електроенергії з берегових ВЕС коштує 40 доларів, а дана галузь потребує великої вартості енергії, тобто українська продукція матиме конкурентну перевагу за рахунок меншої ціни. В нашій державі можна створити окремий водневий кластер в Запорізькій та Дніпропетровській області. Даний регіон має низку переваг (велика кількість води, значні поклади залізної руди, великі перспективи для берегових ВЕС). При великому виробництві водню його можна використовувати для брикетування заліза та створення екологічної сталі.

При невикористанні існуючої ГТС, через відсутність поставок з РФ, газопроводи та насосні станції можуть пере спеціалізуватись на перекачці

водню. Як завжди в європейців існує і запасний сценарій, велика частина водню може застосовуватись для виробництва аміаку та інших добрив на водневій основі.

Сьогодні у світі виробляється 200млн т аміаку, ринок оцінюється у 100 млрд дол, сценарій розвитку з повною відмовою від викопного палива передбачає зростання ринку виробництва що найменше удвічі. Це пов'язана з розширенням спектру використання продукції, на сьогодні аміак використовується як хімічна сполука в першу чергу для виробництва добрив.

Станом на 2021 було анонсовано 520 проектів з виробництва водню та аміаку [28]. Проте існує низку недоліків, сучасне виробництво аміаку на 20-25% робиться з газу а 70% з кам'яного вугілля існують різні технології переробки проте всі вони містять викиди, на альтернативні джерела припадає 2% виробленої продукції. Наша держава може створити декілька аміачних кластерів, зокрема «блакитний кластер» де джерелом будуть газові свердловини та «зелений кластер» де джерелом будуть ВДЕ. В нашій державі є аміако-провід Горлівка-Одеса (800 км), що дозволить транспортувати сировину до джерел переробки та портової інфраструктури. В Україні помітні потужності на світовому ринку виробництва 4.8млн т/рік, декілька заводів з переробки та значна кількість цистерн для транспортування поза межами трубопроводу.

Обмеженням з виробництва аміаку є нетривалий термін існування заводу (50 років), що без модернізації може спричинити серйозні проблеми в користуванні.

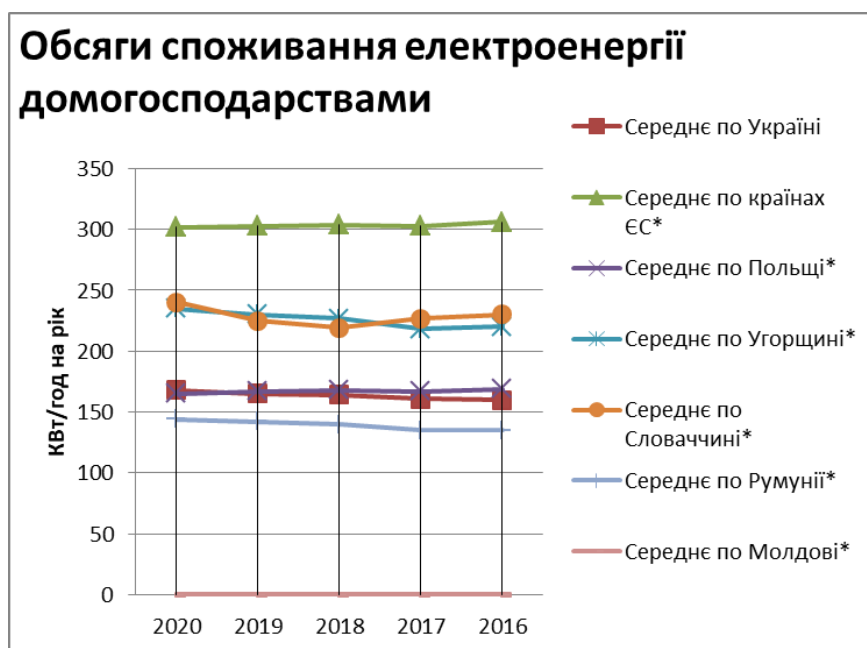
Зважаючи на великі можливості нашої держави науковці високо оцінюють потенціал виробництва «зеленого аміаку», до війни вдалося з нуля запустити виробництво в Северодонецьку у 2020 році. Виробництво було модернізоване та відповідало технологічним вимогам. Також у зв'язку з введенням санкцій профільні компанії РБ та РФ не можуть поставляти продукцію в перспективний ринок ЄС, для України це безумовно перевага [50].

Як стверджують профільні експерти, що проаналізували правову базу нашої держави та в найближчих сусідів [22], в нашій державі поки немає

правової бази з даного виду виробництва. Розвиток даного промислового циклу буде коригуватись «Водневою стратегією України».

На сьогоднішній день понад 40 країн світу впровадили водневу стратегію до 2050-2060 року. Україна долучилась до цього міждержавного тренду. За даними Інституту відновлюваної енергетики НАН України [5] це характеризує нашу державу як країну, що хоче долучитись до групи розвинених держав світу. В перехідний період можливе використання сірих (з використанням викопного палива) та рожевих (з використанням електроенергії АЕС) , але кінцева мета це зелений водень.

Використання водню можливе і в галузі транспорту та міжміських перевезень, експерти припускають, що в 2027 році використання водню в сфері вантажних перевезень буде економічно рентабельним. Можливе використання водню на думку вчених для поїздів у 2017 році в ФРН було протестовано потяг, що працює на водневому паливі [8].



**Рис.3.1. Порівняння обсягів споживання в країнах Східної Європи**

Створено за даними [13],[46]

Перехід на експортно орієнтовану водневу промисловість економічно вигідний. Розвиток даного виду промисловості супроводжуватиметься

економічним та технологічними змінами. Міністерство енергетики прогнозує, що енергетичний сектор буде експортно-орієнтованим [45].

Вирішення питання зношеності наявних генеруючих потужностей, недостатньої гнучкості енергосистеми:

- децентралізоване виробництво та розподіл енергії;
- незалежність від імпорتنих поставок;
- мінімізація негативного впливу на навколишнє середовище;
- створення нових робочих місць.

Економічні переваги внаслідок розвитку:

- забезпечення валютних надходжень на тривалий період;
- створення нової галузі та інфраструктури, що потребує мільярдних інвестицій та їх подальшого освоєння
- значний приріст ВВП за рахунок розвитку водневої промисловості та супутніх індустрій, при цьому темпи росту великі 3-6%/рік до 2030 та 12-15% до 2050 року.
- зменшення витрат на охорону здоров'я через зменшення викидів.

### **3.3 Зміни внаслідок поступової відмови від використання вугілля.**

Наразі вчені не включають вплив на навколишнє середовище для оцінки рівня ВВП. На мою думку, це неправильно адже це є рушійним фактором, що декларується при переході на відновлювальну енергетику. Сьогоднішні макроекономічні моделі при оцінці економічної активності не включають в себе оцінку впливу на навколишнє середовище. IRENA у своїх звітах пропонує власну методологію оцінки впливу природних ризиків на зростання ВВП. Опрацьована мною література вказує на значне зростання впливу клімат на рівень ВВП, на мою думку, це може спричинити зменшення рівня ВВП та посилити міждержавну нерівність. Вчені прогнозують скорочення світового ВВП на 20 % при зростанні температури на 2С, при зростанні на 5С прогнозовані втрати сягнуть 35%.

Впроваджена IRENA методологія оцінки впливу на навколишнє середовище вказує на нелінійне зростання втрат у зв'язку зі зростанням температури навколишнього середовища. В той же час на макроекономічному рівні існує чітка кореляція між зростанням температури та економічною продуктивністю. Може виникнути мережевий ефект коли руйнація одного елемента в системі призведе до втрати продуктивності всією системою.

Варто порівнювати не лише екологічний вплив а й окупність інвестицій. Рівень вкладень в 1КВт/год електроенергії при капітальному будівництві атомною енергетикою становить 1000-2000 дол. ; вугільною(з використання всіх екологічно чистих технологій 1000-1500 дол.; ТЕС, що працюють на газі 400-800 дол.. Висока вартість будівництва АЕС можна пояснити високою специфічністю будівельних матеріалів та використанням багатьох додаткових технологій для збільшення безпеки. Інвестування в атомну енергетику менш привабливе з багатьох причин: складний процес ліцензування (США та Японія дещо спростили процедури), зарегульованість багатьма відомствами; ТЕЦ мають значно менші ризики і рівень регуляції.

Повна відмова від вугільної генерації наступає при технічній та технологічній готовності. ЄС планує повністю декарбонізувати економіку до 2045 року, наша держава при недостатньому фінансуванні намагається випередити тенденції. Не зважаючи на загальний тренд деякі країни ЄС не поспішають відмовлятися від вугільної генерації; наприклад, ФРН у Північній Рейн-Вестфалії відкрила нову теплову електростанцію для стабілізації роботи ВДЕ [24]. У Польщі де 77% теплової генерації становить вугільна генерація, дотримуються тенденції на створення нових генеруючих об'єктів та підтримку видобутку ефективними шахтами. Чехія та Велика Британія повертаються до видобутку вугілля [58].

Закриття шахт сильно вплине на спосіб життя в окремих регіонах; паралельно з втратою робочих місць в добувній промисловості відбувається нарощування зайнятості в сфері відновлювальної енергетики. Більшість шахт просто покидають натомість виведення з експлуатації передбачає вкладення

коштів у технічно правильне виведення з експлуатації. Більшість вугільних шахт з державною формою власності є збитковими і отримують компенсацію за невідповідність собівартості видобутку і ціни на вугілля.

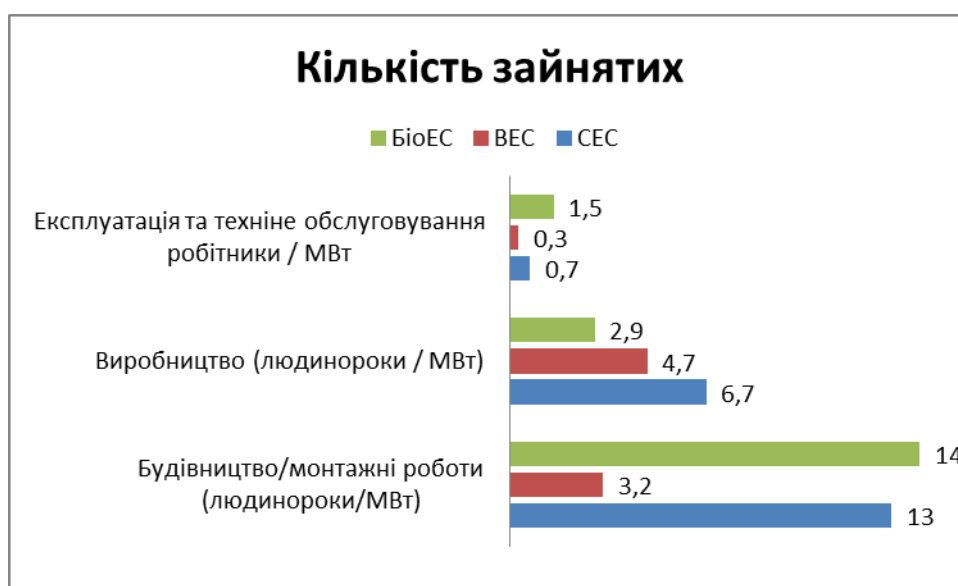
Проблема реконверсії шахт вкрай нагальна і її не варто обходити стороною, при деокупації території незадоволені люди потребуватимуть роботи, що в поєднанні зі скороченням видобутку вугілля додатково загострить ситуацію. Реконверсія стосуватиметься лише неперспективних шахт і дозволить створити на Донбасі додаткові робочі місця. На мою думку, вугільні шахти можна використовувати лише в якості гравітаційних зберігачів енергії, геотермально використовувати не можна це забруднить воду для пиття та призведе до серйозних екологічних наслідків.

Декарбонізований світ може отримати 17,9 млн робочих місць у ВДЕ та втратити 9,5 млн робочих місць у секторах, що пов'язані з викопним паливом. Загалом у світі в секторі енергетики працюють 18 млн робітників, за прогнозами вчених навіть при впровадженні роботизації кількість працівників в енергетичному секторі зросте до 25 млн. осіб. Робоча сила стане транскордонною. Вилучення з обігу викопного палива призведе до втрати робочих місць лише в секторі викопного палива. Дослідники оцінювали різні країни з різними методами виробництва за 5 типами робіт та 11 секторами енергетики, дослідження 50 країн світу має чітку внутрішню диференціацію, зокрема, 73 шахтарі в США добувають стільки ж вугілля як 723 в Індії [16]. Також міжнародні дослідники стверджують, що активні зусилля на стримування зростання температури до 2С дозволить створити ще 8 мільйонів робочих місць.

При переході можлива втрата робочих місць у добувній промисловості натомість створення нових робочих місць у сфері ВДЕ. Втрати в добувній промисловості становитимуть 56000 робочих місць при ефективному впровадженні відновлювальної генерації можна створити 160тис. робочих місць. Наразі на вугільних електростанціях працює 20000 працівників [11]. Вугільна генерація розміщена більш-менш рівномірно по країні тому цілком

можливе швидке переорієнтування колишніх робітників. У державних шахтах працює близько 36000 працівників. Варто враховувати невизначену кількість робітників у секторі водневої промисловості, наша держава має нерозкритий потенціал у даному напрямку.

При двосторонній оцінці українськими та європейськими партнерами, кількість новостворених робочих місць за період 2014-2019 становила 25000 осіб і це без врахування безпосередніх виробників агрегатів для сонячних вітрових та біоенергетичних станцій, на 2020 рік . У всіх регіонах існують компанії з обслуговування подібних установок.



**Рис. 3.2. Необхідна кількість працівників, для стабільної роботи об'єкта**  
Створено за даними [11]

Кількість працівників енергетичного сектору становить 122570 осіб на 1 січня 2019 дані застарілі, 21 рік немає року, кількість зайнятих в енергетичній сфері залишається однаковою. На об'єктах генерації працює 79601 особа, на мою думку, їх чисельність до великої війни зростала через створення нових виробничих потужностей у галузі ВДЕ. В електротехнічній промисловості, тобто у виробництві приладдя та систем для енергетики працюють 15554 особи, в секторі енергетичного будівництва 3586 осіб. Соціальні гарантії працівників з невисоким рівнем кваліфікації порівняно невеликі, зарплатня некваліфікованого персоналу мінімальна, дещо вища ставка в робітників

станом на 1 січня 2019 року мінімальний рівень становить 4414,18 гривень. В електротехнічній галузі ставки коливаються на рівні 2,8-3,4 тис. гривень. Інші соціальні гарантії передбачають відпочинок у збереженій мережі оздоровчих закладів для працівників енергетики.

Вплив на сектор працевлаштування складно точно спрогнозувати. Враховуючи те що у ВДЕ є три основні вектори розвитку(Н), на мою думку, це має компенсувати гарантовану втрату робочих місць у секторі викопного палива.(Ж) Фахівці прогнозують, задля зростання ефективності, більшість промислових об'єктів скоротить кількість працівників, натомість у секторі виробництво/транспортування електроенергії відбудеться зростання зайнятості, що позитивно відіб'ється на показниках зайнятості.

Гендерна рівність серед робітників недотримується у сфері енергетики лише 32,6% зайнятих – це жінки, тобто 39955. Енергетичний сектор має серйозні проблеми з кількістю молодих кадрів, особи до 35 років становлять 26,4% робітників тобто 32343 особи [34]. Більшість жінок працює на адміністративних посадах мереж технічного персоналу їх чисельність 28%. На глобальному рівні 20% жінок працює в секторі енергетики 6% як технічні працівники і менше одного відсотка на вищих керівних посадах [15]. Зберігається диференціація між зарплатнею жінок та чоловіків, жінки отримують на 18,3% менше за ту ж саму роботу в порівнянні з чоловіками [34]. В енергетичному секторі жінки сприймаються як менш кваліфіковані та як працівники з меншим потенціалом та віддачою, через непропорційне виконання сімейних обов'язків. Рентабельність енергетичної компанії зростає на 15% при появі жінок у топ-менеджменті у порівнянні з подібними компаніями в секторі енергетики.

Створення великої кількості генеруючих об'єктів пов'язана з розрахунками та необхідністю створення в 5 разів більше ВЕС, СЕС та БіоЕС для покриття навантаження, до цього необхідно мати чотирикратну потужність батарей та однократну потужність для базової генерації маневрової та прогнозованої генерації, тобто для стабільної генерації 10ГВт необхідно мати

50ГВт ВДЕ, 40ГВт акумуляторів та 10 ГВт базового навантаження. Інші дослідники призводять аргументацію щодо дев'ятикратної переваги при генерації електроенергії лише СЕС та ВЕС і згідно з вимогами ENTSO-E треба додати батареї з покриттям всього навантаження по країні на 26 годин. В такому випадку система виробництва та передачі надзвичайно ускладнюється, а газова генерація робить систему значно дешевшою. Навіть при повному переході газова генерація необхідна і вона буде працювати на синтетичному газі, тобто газопоршнева генерація навіть на довгострокову перспективу є ефективною. Таким чином без генерації синтетичного метану паливом переходу буде природний газ.

Поки що вплив на ринок праці енергетичного переходу неочевидний, проте в майбутньому дане явище матиме значний вплив на енергетичний сектор. Більшість робочих місць знаходяться в секторі відновлювальної енергетики, зростання ефективності існуючих систем та зростання енергетичної гнучкості. На думку вчених, зростання кількості робочих місць у ВДЕ зможе компенсувати втрату більшості робочих місць у нафто-газовому секторі.

Фінансування енергетично сектору здійснюється як за рахунок вітчизняних банків так і за рахунок міжнародних організацій. Після початку війни інвестування і розвиток у відновлювальну енергетику суттєво скоротилось. Одним із головних обмежень було занадто дороге кредитування під створення нових об'єктів, до ухвалення стратегії розвитку це була патова ситуація, коли не було ані великих внутрішніх інвесторів ані зацікавленості з боку іноземних інвесторів. Більшість проектів ВДЕ є малопотужними не тому що так ефективніше виробляти енергію, а тому що компанії в більшості своїй занадто малі і банки не довіряють великі суми кредитування [54].

За даними Bloomberg Інвестиції у галузь відновлювано енергетики серйозно зросли, в 2017 році 332 млрд. дол, що в перше в історії перевищило інвестиції в нафто-газовий сектор, Більшість нафтових компаній переходять до виробництва енергії з ВДЕ. Зокрема Royal Dutch Shell планує стати однією з у світі компаній у галузі ВДЕ до 2030 року.

До повномасштабного вторгнення ВДЕ-галузь розвивалась швидкими темпами, зокрема наша держава потрапила до топ-10 країни з найбурхливішим розвитком ВДЕ. У 2020 році наша держава входить до п'ятірки з найбільшими нарощуваннями генерації за допомогою СЕС. У зв'язку з цим наша держава посідає привабливі місця в профільних рейтингових виданнях, зокрема, станом на 2019 рік рейтинг Climatescope від Bloomberg New Energy Finance (Bloomberg NEF) [57] становить Україну на 8 місце щодо інвестиційної привабливості серед 104 країн. У зв'язку з нестабільністю законодавства та спробами ввести додаткове оподаткування Україна в 2021 році опустилась на 48 місце з 136 по рейтингу BloombergNEF. 2019 рік вважається переломним у розвитку відновлювальної енергетики зокрема тому що інвестиції в ВДЕ-галузь перевищили інвестиції в енергосектор на викопному паливі. За 10 років до повномасштабного вторгнення ВДЕ-галузь отримала гігантську суму інвестування (в рамках нашої держави) – 12 млрд. дол., при цьому частка іноземного капіталу сягає 35%, це свідчить про відкритість та конкурентоздатність нашого ринку. Велику частину інвестицій у ВДЕ-галузь займають розвинені країни: Китай, Японія, США, Канада, країни ЄС. Інвестують в цю галузь інші кредитори зокрема: ЄБРР; Інвестиційний фонд в країни, що розвиваються; Чорноморський банк торгівлі та розвитку; Американська міжнародна фінансова корпорація розвитку (DFC); Федеральний банк землі Баварія BayernLB; NEFCO (північна екологічна фінансова корпорація); це лише основні інвестори список зацікавлених сторін на цьому не обмежується.

Зміни відбувались не тільки в законодавчому та технологічному плані, була започаткована програма впровадження єврооблігацій на 825 млн.дол. на розвиток саме ВДЕ-галузі, дані цінні папери були випущені Укренерго з гарантованим державним поверненням, для розвитку нового виробництва. Станом на грудень 2021 року облігації стали доступні для торгівлі на ринку, це дозволило інвестувати в дану галузь пересічним жителям. Раніше можливість інвестування в ВДЕ ринок мали лише крупні гравці та іноземний капітал. До 24

лютого влада активно готувалась до впровадження технологій Net Billing або Net Metering, що стабілізувало би енергосистему разом із зростанням частки альтернативних джерел енергії. Дані технології передбачають не лише розподілене виробництво а ще й накопичення енергії малими виробниками з подальшим відпуском у пікові години.

Відновлювальна енергетика за 2014-2019 рр. змогла залучити 10 млрд дол. інвестицій, жодна інша галузь не мала настільки великі показники. Наразі бурхливий розвиток ВДЕ призводить до поступової кластеризації сектору; чітко виділяються компанії з обслуговування, девелопери, монтажники, логістичні компанії та ін. Формується довід гри в нових умовах юридичних та консалтингових фірмах. До розвитку галузі в фінансовому плані долучаються державні та комерційні банки і міжнародні донори та партнери (ЄБРР, НЕФКО, МФК).

Станом на 2017 р. в галузь відновлюваної енергетики вкладались кошти малих компаній, залучались кредити з невеликого переліку комерційних банків, МФО та донорських організацій. Програма USELF від ЄБРР надало кредитування в 140 мільйонів євро під 5.5%-7.5% річних за мирних умов.

ЄБРР діє не тільки в рамках програми невеликого кредитування, також надавались кредити у розмірі 5-250 млн. євро для приватних та муніципальних підприємств. Період кредитування 15 років ставка кредиту 7-10%, натомість у країнах ЄС 2-4% і в деяких центральноєвропейських 6%. Станом на 2022 30-40% ВДЕ об'єктів пошкоджені або знищені внаслідок бойових дій. За даними Української вітроенергетичної асоціації 75% промислових вітрових установок наразі не працюють. Сумарно ВДЕ генерація вартістю 5,6млрд дол потрапила під окупацію ще 3,6млрд. знаходяться в небезпечній зоні.

Війна позначилась не лише ракетними обстрілами а й фінансовими проблемами для енергетичного сектору. Всі сектори енергосистеми стикаються з проблемою нестачі фінансових ресурсів. Критична ситуація склалась для ВДЕ, оскільки держава сконцентрувалась на підтримці базової генерації. Зокрема заборгованість за «зеленим тарифом» сильно збільшилась на час війни,

значна частка коштів на кінець 2022 року несплачена, виплати в цілому були обмежені на час воєнного стану. На мою думку, сучасне відкриття експорту електроенергії до ЄС є спробою знайти кошти для відновлення виплат.

У зв'язку з бойовими діями УВЕА прийняла рішення про відтермінування введення нових генеруючих потужностей, на 2022 рік в експлуатацію мали ввестись 700МВт генеруючої потужності, натомість вони не можуть запрацювати і профільні регулятори дозволили відтермінувати приєднання та отримання зеленого тарифу на невизначений термін; це зроблено в першу чергу для збереження довіри тих інвесторів що вклали 1млрд. євро в ще не збудовані проекти. Подібне рішення активно підтримується міжнародними донорами, проте в той же час не отримує підтримки частини експертів. Головним аргументом скасування виплат «зеленого тарифу» є нестача коштів і необхідність підтримки армії, натомість 8 ГВт ВДЕ швидко збанкрутують через нерентабельність виробництва; фактором, що не сприяє виживання відновлювальної енергетики є те що ринкові в 3-4 рази вищі за ціни реалізації в нашій країні. Сектор відновлювальної генерації має підводні течії, які з першого погляду важко помітити зокрема з одного боку Уряд підтримує на законодавчому рівні розвиток певних галузей енергетичного сектору зокрема шляхом впровадження ЗУ «Про внесення змін до деяких законів України щодо розвитку систем накопичення енергії» [47] з іншого боку державна підтримка часто блокується і виробники змушені боротись з ініціативами народних обранців щодо впровадження додаткових податків на ВДЕ-виробників [53].

В економічному плані чітко існують три ліміти розвитку ВДЕ: кількість субсидій на розвиток ВДЕ, масштаб промоції використання ВДЕ, обмеження по технологічній доступності. Подібні бар'єри використання існують і в інших галузях виробництва електроенергії. На сьогодні економічна вигідність ВДЕ є справжнім викликом і тому дана галузь отримувала великі субсидії від початку впровадження в Україні відповідної програми.

Незважаючи на активне впровадження ВДЕ, вчені прогнозують, що споживання нафти тільки зростатиме в різних організаціях відрізняється пік

споживання одні вказують на піковий 2030 інші на максимум споживання орієнтовно в 2037[43].

Проект відновлення України після війни передбачає такі проекти в сфері енергетики[32]:

- Будівництво 2ГВт пікових потужностей та 1ГВт акумуляторів.
- Розбудова розумних мереж (smart grid)
- Відбудова пошкоджених, в тому числі з перспективними ТЕС (Кременчуцька, Охтирська, Чернігівська ТЕЦ)
- Збільшення атомної енергетики шляхом добудови 2ГВт на Хмельницькій АЕС.
- Для здешевлення матеріалів Уряд планує розмістити виробництво елементів для ВДЕ в Україні.
- Добудова 3,5ГВт потужностей на ГАЕС.
- Створення щонайменше 15ГВт електролізних потужностей для електролізу та створення синтетичного метану.
- Створення щонайменше 30 ГВт ВДЕ для виробництва водню.
- Торгівля з ЄС має збільшитись до 7ГВт
- Розвиток інфраструктури з виробництва біопалива.

### **3.4. Сценарії розвитку енергетичного сектору**

Україна взяла на себе низку зобов'язань щодо скорочення використання теплової генерації на користь відновлювальної енергетики. Президент став підписантом Глобального вітроенергетичного маніфесту в рамках COP26, подібний документ передбачає повну відмову від вугілля до 2035 року[52]. Дана рамкова угода є необхідністю для інтеграції з ЄС і є дороговказом для розвитку енергетики.

Газова генерація виконуватиме роль резерву зі швидким пуском. Згідно з планами нова тепла генерація має вводиться в експлуатацію з 2022 року, такі були плани до початку повномасштабного вторгнення. Також відбувся

серйозний поштовх у розвитку атомної генерації для покриття базових потреб план розвитку атомної енергетики розрахований до 2026 року [31]. Варто також зазначити, що при синхронізації з ENTSO-E питання декарбонізації енергосектору стане ще актуальнішим, оскільки від частки, брудної генерації» в енергобалансі країни залежатиме рівень мит, якими оподатковуватиметься експорт електроенергії та кінцевої продукції промисловості до Європи.

Розвиток атомної генерації більшістю науковців сприймається як необхідність. В нашій державі атомна генерація один з небагатьох видів виробництва які за будь-яких умов будуть розвиватись. На сьогодні попри війну та недофінасування багатьох секторів профільна компанія має великі плани на майбутнє

- Продовження тривалості служби основних реакторів до 60 років, до 2035 планується вивести 1 енергоблок на ЮАЕС та 2 енергоблоки на РАЕС.
- Будівництво 6 нових енергоблоків по 1ГВт кожен (загальна потужність 6.5ГВт), як західного зразка так і нащадка радянських реакторів до 2035 року.
- На перспективу можливе будівництво ще 8 реакторів(до 12ГВт), але після 2035 року.

Зважаючи на настільки масштабні плани і гарантоване фінансування. Оптимістичний план, за умови достатнього фінансування, передбачає збереження більшості генеруючих потужностей та будівництво великої кількості нових. Песимістичний сценарій передбачає лише збереження існуючих потужностей, шляхом технологічної реконструкції вже наявних реакторів.

Гідроенергетика забезпечує покриття пікових навантажень і надалі дане завдання буде незмінним, зважаючи на зростання ВДЕ з нестабільною генерацією, необхідність у потужностях з гарантованим швидким стартом лише зростатиме . За прогнозами науковців ВДЕ будуть лише зростати і ГАЕС не справлятимуться із закачуванням води для покриття надлишку в системі, оскільки існуючі потужності обмежені; будівництво нових ГАЕС складне та потребує відповідної місцевості.

При будь-якому розвитку подій є гарантовані цілі які вже заплановано:

- ✓ завершення модернізації каскаду ГЕС на Дніпрі.
- ✓ збільшення потужностей Дністровської ГАЕС за рахунок введення в експлуатацію нових агрегатів.
- ✓ збільшення потужності Ташлицької ГАЕС, шляхом добудови третьої черги будівництва.

Негарантованими але досить ймовірними є ще декілька цілей:

- ✓ завершення третьої черги будівництва на Дністровській ГАЕС та
- ✓ будівництво нової електростанції Канівської ГАЕС.

Настільки масштабні проекти призведуть до зростання сумарної потужності даного виду електростанцій в нашій державі. Оптимістичний сценарій передбачає практично повну відповідність песимістичному, оскільки швидка генерація є необхідністю для стабільності енергосистеми.

Мала гідроенергетика має власну специфіку дещо відмінну від великих ГЕС. Кліматологи передбачають стрімке зменшення водності малих річок, що робить інвестування в дану галузь доволі ризиковою справою натомість витрати на будівництво нової ГЕС значні як і екологічні ризики. Тому науковці передбачають невелике зростання в песимістичному та оптимістичному сценарії

Різні види теплової генерації точно зазнають змін оптимістичний та песимістичний сценарій суттєво відрізняються. Будівництво нової електростанції потребує 6-7 років приблизно ж стільки займає впровадження систем очистки від оксидів сірки. Єдиним можливим варіантом дотримання екологічних обмежень є заміщення вугілля газом, важливим є те що при переході на газ вартість електроенергії зросте у 2 рази, що зробить дану продукцію не конкурентною у порівнянні з імпортованою.

При найкращому розвитку подій заходи з екологічної модернізації почнуться в 2024-2025 до 2033. Профільні експерти передбачають, що при цьому збережуться потужності, що працюють на природному газі, для покриття потреб непрацюючих електростанцій.

Окрема роль теплоцентралей, оскільки вони виконують в першу чергу гріють будинки, ефективна робота можлива лише в такому режимі, а перехід на електро-опалення ставить під серйозний сумнів необхідність існування даних об'єктів. У технологічному плані це означає або реконструкцію на збільшення генерації або закриття. Вчені прогнозують дещо іншу роль для даного виду генерації- вони будуть виконувати роль теплових акумуляторів або стануть швидкими у плані старту/зупинки генерації, що дозволить їм ефективно балансувати в ОЕС України.

На сьогодні є певні сподівання щодо розвитку ТЕЦ, зокрема через державне кредитування, частина проектів реконструкції була схвалена профільною комісією, проте наразі Уряд не прийняв рішення щодо виділення коштів на реконструкцію об'єктів. За оптимістичним сценарієм всі ТЕЦ будуть модернізовані а вугільна генерація зменшить свої викиди. За менше сприятливим сценарієм більшу частину вугільних ТЕЦ буде виведено з експлуатації до 2035 року.

Частину газомазутних електростанцій планують перевести на біогаз та біометан. За песимістичним сценарієм експлуатація ТЕЦ продовжить до 2050 року з поступовим виведенням потужностей з виробництва, до цього терміну з виробництва буде виведена остання вугільна електростанція, частина електростанцій буде модернізована для роботи на біопаливі. ТЕЦ, що працюють на природному газі матимуть схожу тенденцію, або закриються або перейдуть на біопаливо.

При цьому переході можлива проблема нестачі теплової та електричної енергії в місцях, де це забезпечувалось ТЕЦ, зважаючи на великим об'єм генерації даним типом станцій.

ВДЕ мають швидкий рівень зростання і не зважаючи на переважно малий розмір вже займають помітну частку в структурі генерації. За даними Інституту НАН України, потенціал потужності становить 874 ГВт лише з ВДЕ, з них близько 250 ГВт зможуть генерувати ВЕС на морському узбережжі. Звісно це

лише теоретичні розрахунки і при будівництві електростанцій враховується низка чинників.

Клімат України не дозволяє спростити структуру генерації лише до АЕС та ВДЕ, українська енергосистема велика і потребує різного типу генерації для покриття недоліків іншого виду генерації. Специфічною рисою ВДЕ є циклічність виробництва, добові піки виробництва іноді співпадають з рівнем споживання, ключовим недоліком сонячної генерації є не співпадіння між максимумом виробництва та максимумом споживання. Вітрова генерація теж має технологічне та природне обмеження, за максимальних середньодобових навантажень потужність ВЕС мінімальна, поясню свою думку дні з сильними морозами наступають у дні антициклонів, що зумовлює безвітряну погоду. Проте існує певний анти-тренд, що трохи пом'якшує цей недолік: в зв'язку зі зміною клімату зими пом'якшуються і генеративна потужність ВЕС сягає 10-20% від доступної потужності.

Значний розвиток ВДЕ, практично гарантовано означає розвиток теплової генерації в Україні зі швидким стартом. Обмежуючим фактором є низький коефіцієнт використання встановленої потужності (КВВП) існуючих в Україні, як наслідок це призводить до підвищення ціни електроенергії і саме більшу суму платять споживачі для забезпечення стабільності постачання. Невпинне зростання потужностей відновлювальної енергетики обумовлює зростання рівня інвестицій у мережу транспортування. Додатковим навантаженням на систему транспортування є підтримка балансуєчих потужностей. За песимістичним сценарієм зростання рівня генерації буде у 2-3 рази від сьогодні до 2050 року. За оптимістичним сценарієм зростання в 8-10 разів залежно від типу генерації у той же період.

Вітчизняна енергосистема не відповідає очікуваним показникам маневровості. Тому розвиток енергосистеми спрямований у даному напрямку. У світі існують технології, що дозволять це зробити, це частково допоможе вирішити проблему балансування для уникнення аварійних ситуацій, відповідно це дозволить використати весь потенціал ВДЕ і зробить їх

інтеграцію до енергосистеми більшою. Для виконання даного завдання профільні експерти планують використати такі технології:

1. Високоманевренна теплова генерація з газотурбінних установок, з можливістю швидкого старту, регулюванням потужності.
2. Високо маневрені ГЕС ГАЕС;
3. Електростанції на батареях для накопичення електроенергії («Power to Power»);
4. Технології з утилізації надлишків електроенергії в пікові виробництва ВДЕ, зокрема шляхом виробництва водню, за допомогою електролізу («Power to Gas»);
5. виробництво приватними будинками за технологією ВДЕ займатиме помітну частку в структурі виробництва;
6. Будівництво малих модульних реакторів;
7. Використання менш поширених методів накопичення енергії, (гравітаційний і тепловий).

Звісно розвиток за різними напрямками зробить ОЕС стійкішою, але вартість інвестицій для отримання результату висока. Розвиток потребуватиме не лише інвестицій а й залучення наукової бази для впровадження інновацій. Такий шлях розвитку можуть дозволити країни з власною науковою базою та мережею виробництва необхідних матеріалів.

## **ВИСНОВКИ**

Вітчизняний енергосектор зазнає поступових змін, розвиваються нові галузі та способи та способи виробництва. Енергоємність ВВП та обсяг промислового виробництва поступово зменшується, відповідно зменшується

необхідність у генеруванні великої кількості енергії. Ринок електричної енергії не найбільший в Європі, хоча й входить в 10-ку найбільших. Вітчизняна генерація має свою специфіку зокрема половина енергії виробляється атомною генерацією, значна частина тепловою; в цілому генерація вистачає і енергосистема має великий обсяг базової генерації натомість ОЕС України не вистачає гнучкої генерації та гнучкості енергосистеми. Близько 16% від загального виробництва це втрати при транспортуванні електроенергії, що становить значну частку від загального виробництва. Базова генерація застаріла і потребує заміни в середньостроковій перспективі. В атомних реакторах продовжують експлуатацію, а певні реактори вдвічі перевищили термін експлуатації, система транспортування та мережа диспетчерських пунктів централізована, що дозволяє ефективно контролювати енергосистеми іншою стороною медалі є вразливість централізованої енергосистеми до кібератак та ракетних обстрілів.

Не зважаючи на очевидні недоліки та застаріле обладнання, енергетики демонструють високий професіоналізм та продовжують інтеграцію з європейською енергосистемою. ENSTO-E та ОЕС України провели синхронізацію режимів роботи напередодні повномасштабного вторгнення. Це свідчить про серйозні технологічні зміни та переорієнтування енергосистеми.

Розвиток енергосистеми доволі суперечливий та немає однозначної тенденції, щодо переходу на лише відновлювану генерацію, навіть країни ЄС вводять в експлуатацію нові вугільні електростанції. Натомість наша держава планує відмовитись від вугільної генерації до 2030 року та серйозно скоротити атомну генерацію, втрачені потужності гідно з планами буде замінено ВДЕ та газопоршневими стаціями. Зважаючи на нестачу фінансів та непривабливість нашої держави для іноземних інвесторів, на мою думку, це буде непосильним завданням. Наша держава згідно з цільовими програмами та міжнародними зобов'язаннями намагається не відставати від розвиненіших країн, а інколи й випереджати розвиток та загальні тенденції. Енергосектор потребує системного

підходу, а не хаотичного та неузгодженого руху, що при недостатньому фінансуванні може спричинити колапс.

Звісно, що власних ресурсів нашої держави недостатньо для підтримки енергосектору тому наша держава, створювала привабливі для іноземних інвесторів можливості. На довоєнний період загальні інвестиції в енергосектор становили 10 млрд. євро, жоден інший сектор виробництва не отримувал настільки великі обсяги фінансування. Суттєві зміни відбулись і в енергоспоживанні приватними будинками, зокрема українці інвестували значну частину коштів у встановлення дСЕС і до війни це був сектор енергетики, що розвивався найбільшими темпами. Теплові насоси та приватні станції накопичення енергії не мають широкої популярності в нашій державі і, на мою думку, перебої з енергопостачанням підвищили попит на генератори на викопному паливі, оскільки теплові насоси та СНЕ доволі дорогі хоча й ефективніші в довгостроковій перспективі. Натомість електромобілі та будинкові акумулятори становитимуть за розрахунками вчених 40% обсягу СНЕ в енергосистемі, ця галузь в нашій державі слабо розвинена.

На початок повномасштабного вторгнення в нашій державі будувалось об'єктів альтернативної енергетики на суму понад 1 млрд. євро, спроби внести нові акцизи та зменшити виплати зеленого тарифу призвели до великого просідання в міжнародних інвестиційних рейтингах. Наша держава має найнижчі тарифи для населення при великих виплатах зеленого тарифу, це створює серйозне навантаження на базову генерацію, в структурі споживання населення займає велику частку(X). Проте без виплат зеленого тарифу окупність інвестицій розтягнеться на десятки років, фактично на термін експлуатації станції. Вугільна генерація є однією з найбрудніших в Європі, скорочення допустимих викидів відбувається шляхом закриття станцій а не їх модернізації.

Наша держава (згідно з «Стратегією розвитку водневої енергетики») планувала створити потужну ВДЕ генерацію для виробництва експортно-орієнтованого водню, синтетичного метану та енергетичного аміаку ці три види

палива мали стати екологічно чистим паливом енергетичного переходу ЄС. Подібні плани зазнають серйозних змін, оскільки потужності для водневого енергетичного комплексу мали бути збудовані на тимчасово окупованих територіях. На сьогоднішній день вітчизняному енерго-сектору не вистачає коштів як у вигляді інвестицій так і у вигляді виплат ДП «Гарантований покупець» для сектору альтернативної енергетики.

Перехід з вугільної генерації на відновлювальну мало привабливий для власників приватних шахт та вугільних ТЕС. В експертному середовищі існує думка, що власники вугільної генерації намагаються нав'язати свої правила гри та послабити конкуренцію з боку ВДЕ-генерації. Згідно з планами наша держава має повністю закрити державні шахти до 2030 року, що призведе до втрати 55тис. робочих місць. На мою думку, подібний перехід є неминучим проте він сильно вдарить по монопрофільним містам у Волинській, Львівській, Донецькій та Луганській областях натомість 160тис. робочих місць в енергетичному секторі будуть більш-менш рівномірно розподілені по країні, мова йде виключно про сектор виробництва енергії. Виробництво за типом Power-to-gas потребуватиме додаткових робочих місць, кількість яких складно оцінити через малорозвиненість технології. Вітчизняна ГТС та хімічні заводи включені до цього плану і при експортно-орієнтованій економіці матимуть гарантований ринок збуту. Це все відобразиться на рівні заробітних плат, зайнятості та наповненні державного бюджету.

Енергосектор має дисбаланс у рівні залучення жінок до роботи на виробничих потужностях, враховуючи значні успіхи жінок в інших галузях, можливо гендерна рівність прискорить та покращить розвиток енергосектору. Наша держава не сприяє фінансуванню розробки новітніх акумуляторних батарей, таким чином в нас не буде замкненого циклу виробництва-зберігання енергії; будуть застосовуватись наукоємні закордонні технології і принаймні на початковому етапі розвитку наша держава не матиме повного електроенергетичного циклу. Збільшення зайнятості позитивно відзначиться на економіці в цілому, я вважаю, що наша держава матиме великий експортно-

орієнтований комплекс виробництва ВДЕ. Застосування даних технологій дозволить покращити якість повітря і відповідно частково зменшити навантаження на сектор охорони здоров'я. Скорочення видів хоча б наполовину в секторі приватних домогосподарств цілком можливе внаслідок переходу на теплові насоси та електромобілі; очевидно, що збільшення попиту призведе до збільшення кількості працівників в даних супутніх галузях.

## **СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ**

1. 5 способів зберігання енергії і наскільки вони ефективні. Kosatka.Media: веб-сайт.

URL:

- <https://kosatka.media/category/blog/news/5-sposobov-hraneniya-energii-i-naskolko-oni-effektivny> (дата звернення 25.03.2023)
2. 5 способів зберігання енергії і наскільки вони ефективні. Kosatka.media: веб-сайт. URL: <https://kosatka.media/category/blog/news/5-sposobov-hraneniya-energii-i-naskolko-oni-effektivny> (дата звернення 14.03.2023)
  3. Будинки майбутнього створюють уже сьогодні. Dsnews.ua: веб-сайт. URL: <https://www.dsnews.ua/static/longread/new-era-ukr/new-era-ukr/page19159980.html> (дата звернення 27.03.2023)
  4. В Україні знаходиться 8 з 10 найбільш «брудних» вугільних станцій Європи. Eco Busyness Group: веб-сайт. URL: <https://ecolog-ua.com/news/v-ukrayini-znahodytsya-8-z-10-naybilsh-brudnyh-vugilnyh-stanciy-yevropy> (дата звернення 06.03.2023)
  5. Воднева стратегія України. Інститут Відновлювальної енергетики НАН України. Київ: 2021. 91с. URL: [https://www.ive.org.ua/?page\\_id=3409&lang=uk](https://www.ive.org.ua/?page_id=3409&lang=uk) (дата звернення 12.03.2023)
  6. Воднева стратегія України. Інститут Відновлювальної енергетики НАН України. Київ: 2021. 11с. URL: <https://www.ive.org.ua/wp-content/uploads/Vodneva-Strategia-Cover.pdf> (дата звернення 16.03.2023)
  7. Воднева стратегія України. Інститут Відновлювальної енергетики НАН України. Київ: 2021. 13с. URL: <https://www.ive.org.ua/wp-content/uploads/Vodneva-Strategia-Cover.pdf> (дата звернення 17.03.2023)
  8. Воднева стратегія України. Інститут Відновлювальної енергетики НАН України. Київ: 2021. 54с. URL: <https://www.ive.org.ua/wp-content/uploads/Vodneva-Strategia-Cover.pdf> (дата звернення 18.03.2023)
  9. Геотермальна та гідротермальна енергія: міф чи реальність? Пресклуб: веб-сайт. URL: <https://pressclub.lviv.ua/heothermalna-ta-hidrothermalna-enerhiia-mif-chy-realnist/> (дата звернення 26.03.2023)
  10. Гравітаційні сховища енергії в шахтах. Наука і техніка: веб-сайт. URL: <https://vir.uan.ua/gravitatin-skovichchi-energy-in-mines/> (дата звернення 05.06.2023)
  11. Економічні наслідки поступової відмови від використання вугілля в Україні. Aurora Energy Research: веб-сайт. URL: <https://ua.boell.org/sites/default/files/2021-07/UA%20%D0%95%D0%BA%D0%BE%D0%BD%D0%BE%D0%BC%D1%96%D1%87%D0%BD%D1%96%20%D0%BD%D0%B0%D1%81%D0%BB%D1%96%D0%B4%D0%BA%D0%B8%20%D0%BF%D0%BE%D1%81%D1%82%D1%83%D0%BF%D0%BE%D0%B2%D0%BE%D1%97%20%D0%B2%D1%96%D0%B4%D0%BC%D0%BE%D0%B2%D0%B8%20%D0%B2%D1%96%D0>

- [%B4%20%D0%B2%D0%B8%D0%BA%D0%BE%D1%80%D0%B8%D1%81%D1%82%D0%B0%D0%BD%D0%BD%D1%8F%20%D0%B2%D1%83%D0%B3%D1%96%D0%BB%D0%BB%D1%8F%20%D0%B2%20%D0%A3%D0%BA%D1%80%D0%B0%D1%97%D0%BD%D1%96%20%D0%B4%D0%BE%202030%20%D1%80%D0%BE%D0%BA%D1%83.pdf](#) (дата звернення 08.04.2023)
12. Енергетична Стратегія України на період до 2035 року. LIGA 360: веб-сайт. URL: <https://ips.ligazakon.net/document/NT1202> (дата звернення 04.03.2023)
13. Енергетичний баланс України. Державна служба статистики: веб-сайт. URL: [https://ukrstat.gov.ua/operativ/menu/menu\\_u/energ.htm](https://ukrstat.gov.ua/operativ/menu/menu_u/energ.htm) (дата звернення 12.02.2023)
14. Ефективність теплових насосів. Сучасні та альтернативні системи опалення: веб-сайт. URL: <https://euroconventionglobal.com/event/renpower-ukraine-2022/> (дата звернення 19.03.2023)
15. Жінки та чоловіки в енергетичному секторі. Жіночий енергоклуб України: веб-сайт. URL: [https://ua.boell.org/sites/default/files/infographic\\_women\\_and\\_men\\_in\\_energy.pdf](https://ua.boell.org/sites/default/files/infographic_women_and_men_in_energy.pdf) (дата звернення 19.03.2023)
16. Зайнятість в енергетичному секторі різко зросте в міру декарбонізації економіки. International Science Council: веб-сайт. URL: <https://council.science/uk/current/blog/employment-in-the-energy-sector-will-dramatically-expand-as-economies-decarbonize/> (дата звернення 24.03.2023)
17. Кабінет Міністрів затвердив Стратегію енергетичної безпеки. [Міністерство енергетики України](#): веб-сайт. URL : <https://www.kmu.gov.ua/news/kabinet-ministriv-zatverdiv-strategiyu-energetichnoyi-bezpeki> (дата звернення 12.04.2023)
18. Крім турецької компанії, плавучі електростанції Україні пропонує німецька Siemens. Forbs: веб-сайт. URL: <https://forbes.ua/company/krim-turetskoi-karpowership-plavuchi-elektrostantsii-ukraini-proponue-nimetska-siemens-energy-ale-tsiei-zimi-voni-navryad-dopomozhut-02122022-10197> (дата звернення 13.04.2023)
19. [Майбутнє енергетики України. Інструменти революції в наших руках](#). Голос України: Веб-сайт. URL: <http://www.golos.com.ua/article/349463> (дата звернення 24.03.2023)
20. Майбутнє української енергетики залежить від розвитку ВДЕ. ДТЕК: веб-сайт. URL: <https://renewables.dtek.com/media-center/press/buduschee-ukrainskoy-energetiki-zavisit-ot-razvitiya-vie/> (дата звернення 24.02.2023)

21. Мала гідроенергетика — потужний потенціал України Урядовий Кур'єр: веб-сайт. URL: <https://ukurier.gov.ua/uk/articles/newspaper/2023/4/5/> (дата звернення 04.04.2023)
22. На Рівненщині реалізують проєкт “Вітер-водень-аміак”. Енергетичний перехід: веб-сайт. URL: <https://energytransition.in.ua/na-rivnenshchyni-realizuiut-proiekt-viter-voden-amiak/> (дата звернення 11.03.2023)
23. Нам потрібна напівпікова генерація — Віталій Зайченко. Energy club: веб-сайт. URL: <https://iclub.energy/idc2022/tpost/0loykjkdml-nam-potrnbna-napvpkova-generatsya-vtali-z> (дата звернення 12.04.2023)
24. Незважаючи на протести у Німеччині, збудовано нову вугільну електростанцію. E<sup>2</sup>nergy: веб-сайт. URL: <https://eenergy.media/archives/15152?fbclid=IwAR3yb9fQPYO-qcLsvMa6N-8dvr01LWzU3EjyjCGZjU0Rpjbrlzb4Jwult4E> (дата звернення 09.04.2023)
25. Огляд енергетичного сектору України. OECD. веб-сайт. URL: <https://www.oecd.org/eurasia/competitiveness-programme/eastern-partners/Monitoring-the-energy-strategy-Ukraine-2035-UKR.pdf> (дата звернення 29.03.2023)
26. Перехід України на відновлювану енергетику до 2050 року / О. Дячук, М. Чепелев, Р. Подолець, Г. Трипольська та ін. Київ : «АРТ КНИГА», 2017. 88 с. URL: [https://ua.boell.org/sites/default/files/transition\\_of\\_ukraine\\_to\\_the\\_renewable\\_energy\\_by\\_2050\\_1.pdf](https://ua.boell.org/sites/default/files/transition_of_ukraine_to_the_renewable_energy_by_2050_1.pdf) (дата звернення 27.03.2023)
27. Перспективи вирощування та використання енергетичних культур в Україні: аналітична записка UABIO № 10 / за ред. Гелетуха Г.Г., Желєзна Т.А., Трибой О.В. Київ, 2014. URL: <https://uabio.org/activity/1131/> (дата звернення 09.03.2023)
28. Потенціал аміаку: не лише добриво, а й чиста енергія. Економічна правда: веб-сайт. URL: <https://www.epravda.com.ua/columns/2023/03/2/697594/> (дата звернення 07.03.2023)
29. Про затвердження переліку особливо важливих об'єктів електроенергетики, у тому числі територій забороненої зони та контрольованої зони гідротехнічних споруд, які підлягають охороні відомчою воєнізованою охороною: Постанова Кабінету Міністрів України [від 27.09.2022](#) № 1061: веб-сайт. URL <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/575-2018-%D0%BF#Text> (дата звернення 10.03.2023)
30. Про ринок електричної енергії: Закон України [від 24.02.2023](#) № 2956-IX. Відомості Верховної Ради (ВВР). 2017. № 27-28, ст.312 <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2019-19#Text>

31. Про схвалення Концепції Державної цільової економічної програми розвитку атомно-промислового комплексу на період до 2026 року: Розпорядження Кабінету Міністрів України від 29 грудня 2021 р. № 1804-р Веб-сайт. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1804-2021-%D1%80#Text>
32. Проект Плану відновлення України Матеріали робочої групи «Енергетична безпека». Національна рада з відновлення України від наслідків війни: веб-сайт. URL: <https://www.kmu.gov.ua/storage/app/sites/1/recoveryrada/ua/energy-security.pdf> (дата звернення 06.03.2023)
33. Проект Звіту з оцінки відповідності (достатності) генеруючих потужностей — 2020. Укренерго: веб-сайт. URL: <https://ua.energy/wp-content/uploads/2020/12/Proyekt-zvitu-z-otsinkyvidpovidnosti-dostatnosti-generuyuchyuh-potuzhnostej-2020.pdf> (дата звернення 17.03.2023)
34. Професійна спілка працівників енергетики та електротехнічної промисловості України ("Укрелектропрофспілка"). Федерація професійних спілок України: веб-сайт. URL: <https://fpsu.org.ua/pro-fpu/chlenski-organizatsiji/vseukrajinski-galuzevi-profspilki/183-profesijna-spilka-pratsivnikiv-energetiki-ta-elektrotekhnichnoji-promislovosti-ukrajini-ukrelektroprofspilka> (дата звернення 19.03.2023)
35. Різке зростання популярності теплових насосів в Європі - на 38%. ТехДом кліматична компанія: веб-сайт. URL: <https://techhome.kiev.ua/uk/news/heat-pump-sales-rise-in-eu/> (дата звернення 14.03.2023)
36. Системи накопичення енергії: що це таке і в чому їх перевага? SolarSystem: веб-сайт. URL: <https://solarsystem.com.ua/ru/energy-storage-systems/> (дата звернення 12.03.2023)
37. Структура електрогенерації в Україні та її зв'язок із тарифами на електроенергію. Торгова електрична компанія: веб-сайт. URL: <https://tek.energy/news/struktura-elektrogeneratsii-v-ukraini-ta-ii-zvyazok-iz-tarifami-na-elektroenergiyu> (дата звернення 14.02.2023)
38. Теплові насоси – що треба знати? AW THERM: веб-сайт. URL: <https://aw-therm.com.ua/teplovi-nasosi-sho-treba-znati/> (дата звернення 13.03.2023)
39. Теплові насоси у центральному опаленні. Досвід Данії. ЕкоДія: веб-сайт. URL: <https://ecoaction.org.ua/teplovi-nasosy-u-opalenni.html> (дата звернення 15.03.2023)
40. Україна після «зеленого» тарифу : аналітичний звіт / за ред. М.Бабаєв. Центр екологічних ініціатив «ЕкоДія», 2021 рік, 41 с. URL: <https://ecoaction.org.ua/wp-content/uploads/2021/03/Energia-VDE-web.pdf> (дата звернення 03.04.2023)

41. Україна після «зеленого» тарифу. Екодія: веб-сайт. URL: <https://ecoaction.org.ua/wp-content/uploads/2021/03/Energia-VDE-web.pdf> (дата звернення 23.03.2023)
42. Як боротися зі зміною клімату: кроки для України до 2030 року. Українська кліматична мережа: веб-сайт. URL: <https://ucn.org.ua/?p=6559> (дата звернення 25.03.2023)
43. A Quest for energy security in the 21st century: аналітичний звіт / за розробки Asia Pacific Energy Research Centre. Japan: Published Centre Institute of Energy Economics, 2007. 22с. URL: [https://aperc.or.jp/file/2010/9/26/APERC\\_2007\\_A\\_QUEST\\_FOR\\_ENERGY\\_SECURITY.pdf](https://aperc.or.jp/file/2010/9/26/APERC_2007_A_QUEST_FOR_ENERGY_SECURITY.pdf) (дата звернення 18.02.2023)
44. A Quest for energy security in the 21st century: аналітичний звіт / за розробки Asia Pacific Energy Research Centre. Japan: Published Centre Institute of Energy Economics, 2007. 50с. URL: [https://aperc.or.jp/file/2010/9/26/APERC\\_2007\\_A\\_QUEST\\_FOR\\_ENERGY\\_SECURITY.pdf](https://aperc.or.jp/file/2010/9/26/APERC_2007_A_QUEST_FOR_ENERGY_SECURITY.pdf) (дата звернення 28.02.2023)
45. Draft Ukraine Recovery Plan Materials of the “Energy security” working group. The National Council for the Recovery of Ukraine from the Consequences of the War : веб-сайт. URL: <https://www.kmu.gov.ua/sto%D0%BD%D0%B8%D1%85%20%D1%80%D0%B5%D0%B0%D0%BA%D0%BErage/app/sites/1/recoveryrada/ua/energy-security.pdf> (дата звернення 23.02.2023)
46. Electricity prices for household consumers - bi-annual data (from 2007 onwards). Eurostat: веб-сайт. URL: [https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/NRG\\_PC\\_204/default/table?lang=en&category=nrg.nrg\\_price.nrg\\_pc](https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/NRG_PC_204/default/table?lang=en&category=nrg.nrg_price.nrg_pc) (дата звернення 14.04.2023)
47. Electricity security vital to well-functioning modern societies and economies. International Energy Agency: веб-сайт. URL : <https://www.iea.org/about/energy-security> (дата звернення 16.02.2023)
48. Geothermal. IRENA. веб-сайт URL: <https://www.irena.org/geothermal> (дата звернення 17.02.2023)
49. Global energy transformation. IRENA: веб-сайт. URL: [https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2019/Apr/IRENA\\_Global\\_Energy\\_Transformation\\_2019.pdf?rev=6ea97044a1274c6c8ffe4a116ab17b8f](https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2019/Apr/IRENA_Global_Energy_Transformation_2019.pdf?rev=6ea97044a1274c6c8ffe4a116ab17b8f) (дата звернення 14.03.2023)
50. Green Deal. Interfax-Україна: веб-сайт. URL: <https://interfax.com.ua/news/greendeal/755555.html> (дата звернення 09.03.2023)

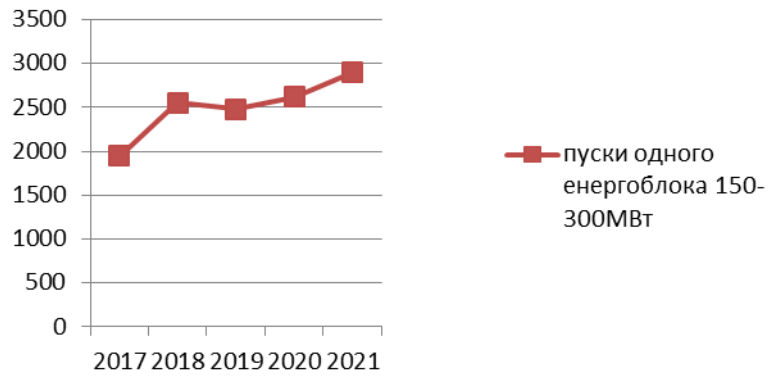
51. Market integration of distributed energy resources. Innovation landscape brief: веб-сайт. URL: [https://www.irena.org/-/media/files/irena/agency/publication/2019/feb/irena\\_market\\_integration\\_distributed\\_system\\_2019.pdf?la=en&hash=2A67D3A224F1443D529935DF471D5EA1E23C774A](https://www.irena.org/-/media/files/irena/agency/publication/2019/feb/irena_market_integration_distributed_system_2019.pdf?la=en&hash=2A67D3A224F1443D529935DF471D5EA1E23C774A) (дата звернення 28.03.2023)
52. More than 40 countries agree to phase out coal-fired power. The Guardian: веб-сайт. URL: <https://www.theguardian.com/environment/2021/nov/03/more-than-40-countries-agree-to-phase-out-coal-fired-power> (дата запиту 1.04.2023)
53. Renewable energy of the EU countries in the context of risks of import dependence: монографія / за ред. L. Kudyрко, A. Korohod, M. Buonocore. Київ : Comenius University in Bratislava, 2022. URL: [https://shron1.chtyvo.org.ua/Sukhodolia\\_Oleksandr/Vyznachennia\\_rivnia\\_enerhet\\_ynchoi\\_bezpeky\\_Ukrainy.pdf?PHPSESSID=86mn43cd38b9ssb6p44mikue10](https://shron1.chtyvo.org.ua/Sukhodolia_Oleksandr/Vyznachennia_rivnia_enerhet_ynchoi_bezpeky_Ukrainy.pdf?PHPSESSID=86mn43cd38b9ssb6p44mikue10) (дата звернення 25.02.2023)
54. Renpower Ukraine – 6th edition. Euroconventional global: веб-сайт. URL: <https://euroconventionglobal.com/event/renpower-ukraine-2022/> (дата звернення 17.03.2023)
55. Special Report — Global Warming of 1.5 °C (Спеціальний звіт — Глобальне потепління на 1,5 °C). Міжурядова група експертів з питань змін клімату, березень 2020 року: веб-сайт. URL: <https://www.ipcc.ch/sr15/> (дата звернення 28.03.2023)
56. The Brooklyn microgrid: blockchain-enabled community power. Power technology: веб-сайт. URL: <https://www.power-technology.com/features/featurethe-brooklyn-microgrid-blockchain-enabled-community-power-5783564/> (дата звернення 12.03.2023)
57. Which emerging market is the most attractive for clean energy investment? BloombergNEF: веб-сайт. URL: <https://2019.global-climatescope.org/> (дата звернення 02.04.2023)
58. Wielka Brytania wraca do wydobycia węgla. Pierwsza nowa kopalnia od 30 lat. Wprost business: веб-сайт. URL: <https://biznes.wprost.pl/gospodarka/10266673/wielka-brytania-wraca-do-wydobycia-węgla-nowa-kopalnia-po-30-latach.html> ( дата звернення 11.04.2023)
59. World Energy Outlook 2018. IEA: веб-сайт. [https://iea.blob.core.windows.net/assets/77ecf96c-5f4b-4d0d-9d93-d81b938217cb/World\\_Energy\\_Outlook\\_2018.pdf](https://iea.blob.core.windows.net/assets/77ecf96c-5f4b-4d0d-9d93-d81b938217cb/World_Energy_Outlook_2018.pdf) (дата звернення 27.03.2023)
60. World Geothermal Congress. International geothermal association: веб-сайт URL: <https://www.lovegeothermal.org/> (дата звернення 14.04.2023)



## ДОДАТКИ



### пуски/зупинки енергоблоків теплових електростанцій

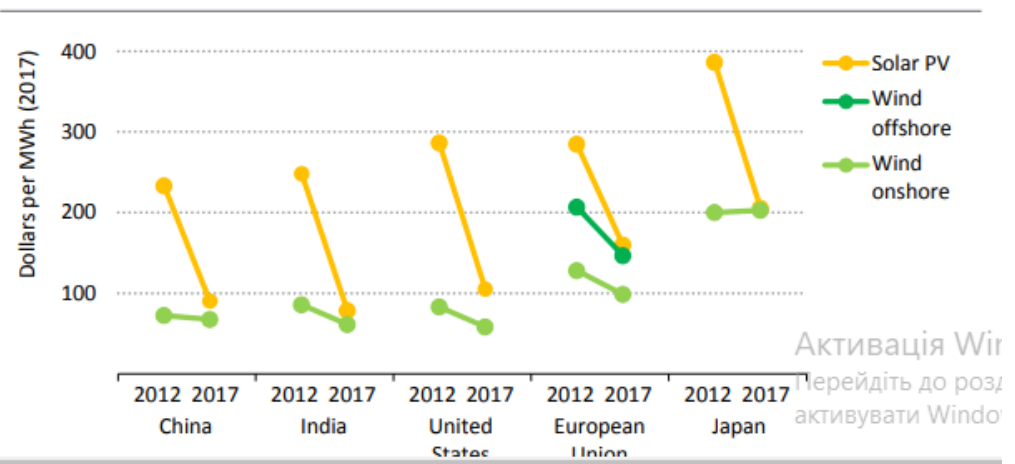


Створено за даними [12]



Створено за даними[13]

**Figure 7.14** ▸ Levelised costs of electricity by selected technologies and regions, 2012-2017



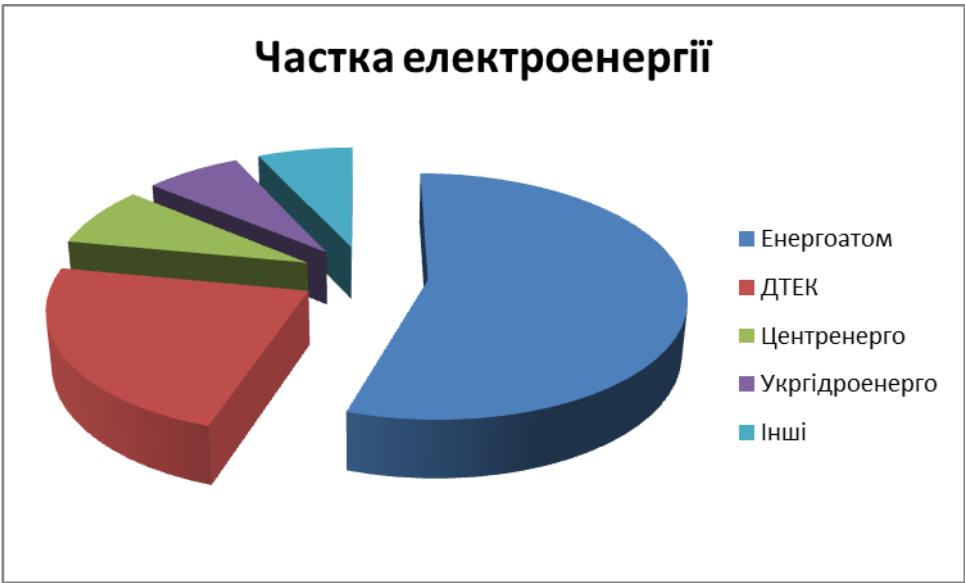
Складено за даними[59]

	Investment costs		Generation costs	
	US\$/kW		US\$/MWh	
	2002	2010	2002	2010
<b>Small hydro</b>	1000 ~ 5000	950 ~ 4500	20 - 30 ~ 90-150	20 ~ 80 -130
<b>Wind</b>	850 ~ 1700	700 ~ 1300	30 - 50 ~ 100 -120	20 - 40 ~ 60 - 90
<b>Biomass</b>	500 ~ 4000	400 ~ 3000	20 - 30 ~ 100 -150	20 ~ 80 -100
<b>PV</b>	4500 ~ 7000	3000 ~ 4500	180 - 200 ~ 250 -800	100 -150 ~ 180 - 400

#### 40.2 Investment and generation costs of renewables, 2002 and 2010

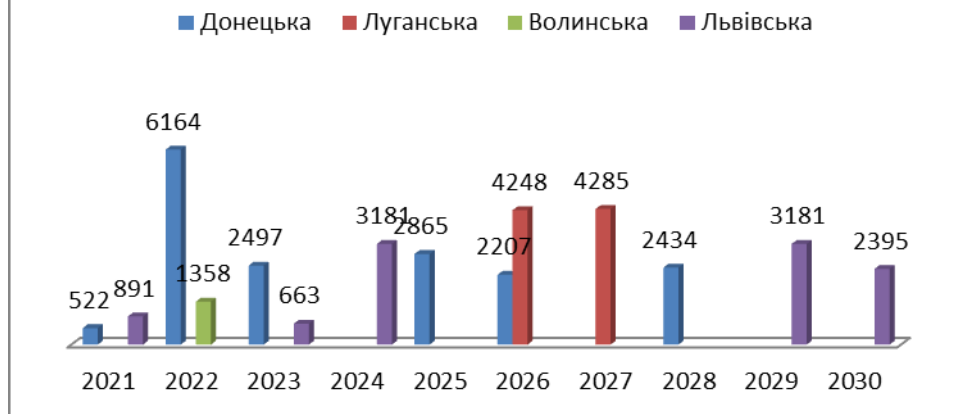
International Energy Agency (2003). *Renewables for Power Generation – Status & Prospects*.

Створено за даними [51]

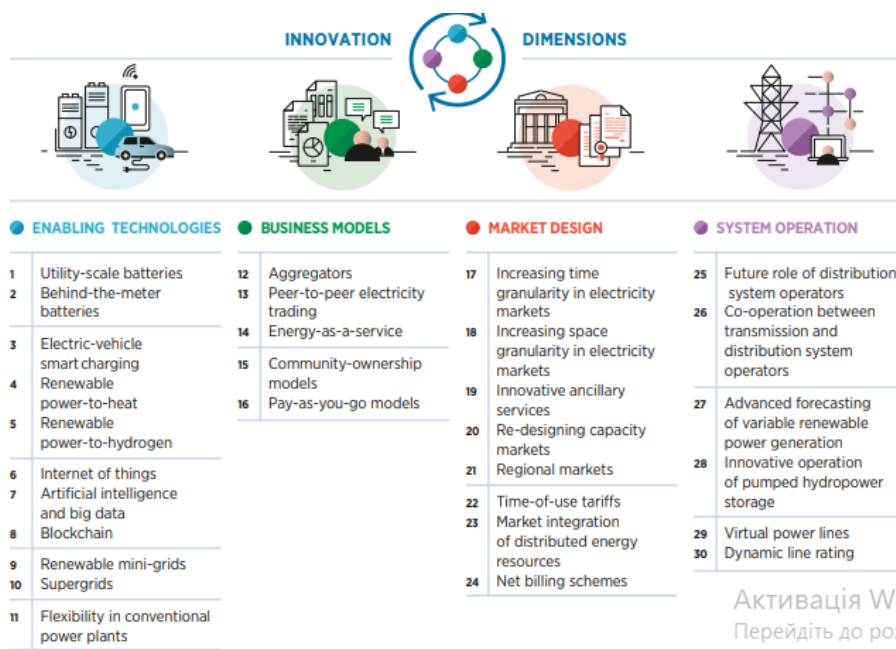


Створено за даними [25]

## Кількість скорочень на державних шахтах



Створено за даними [11]



Створено за даними [51]

## ЕКОНОМІЧНІ АСПЕКТИ Інвестиційні витрати

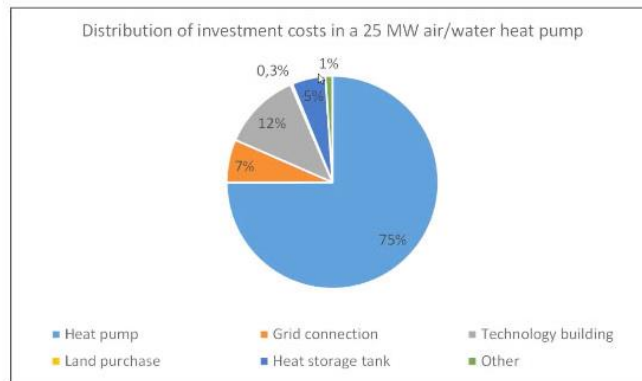


Рис. 5. Структура інвестиційних витрат на встановлення теплового насоса потужністю 25 МВт типу «повітря-вода» (без урахування форс-мажорів): 75% — вартість теплового насоса, 12% — спорудження технічної будівлі, 7% — підключення до електромережі, 5% — тепловий акумулятор, 1% — інше.

Створено за даними [39]

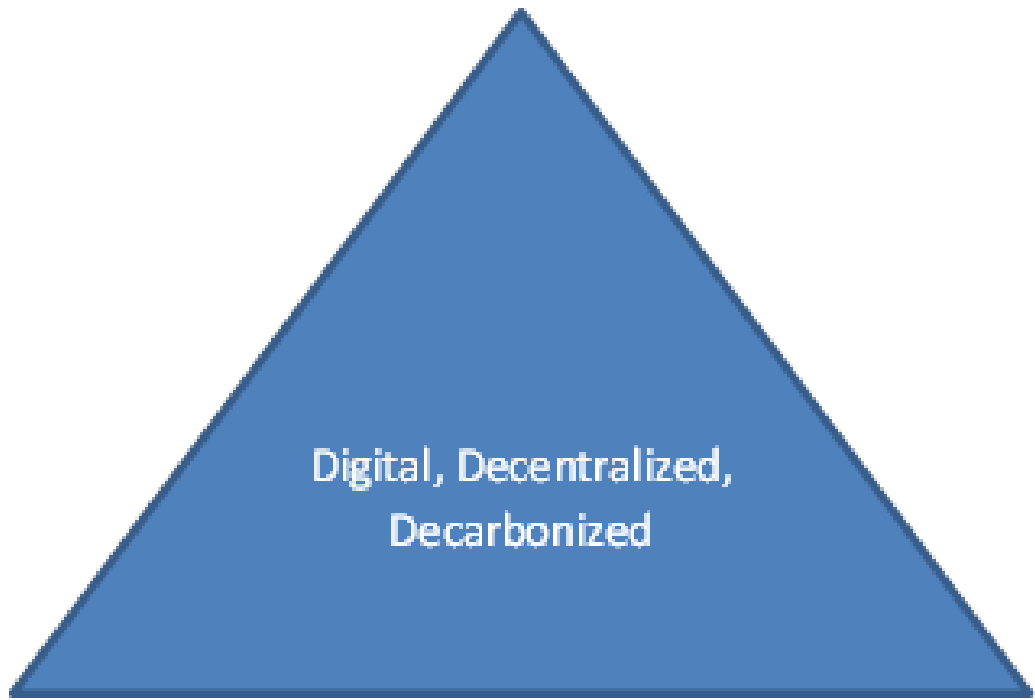


Створено за даними [11]



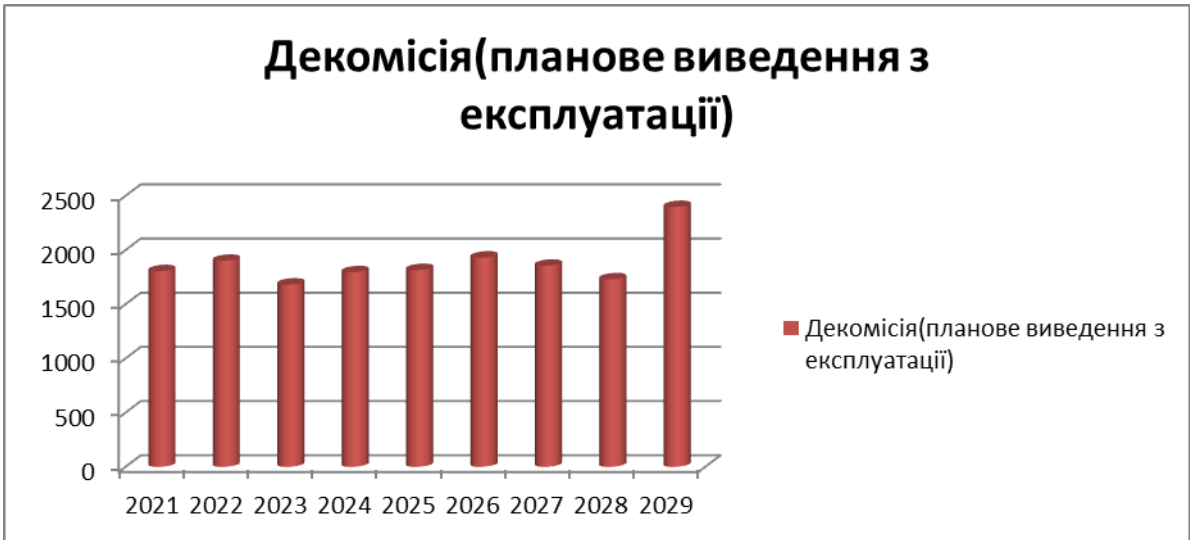
Активізація Вікі

Створено за даними [17]



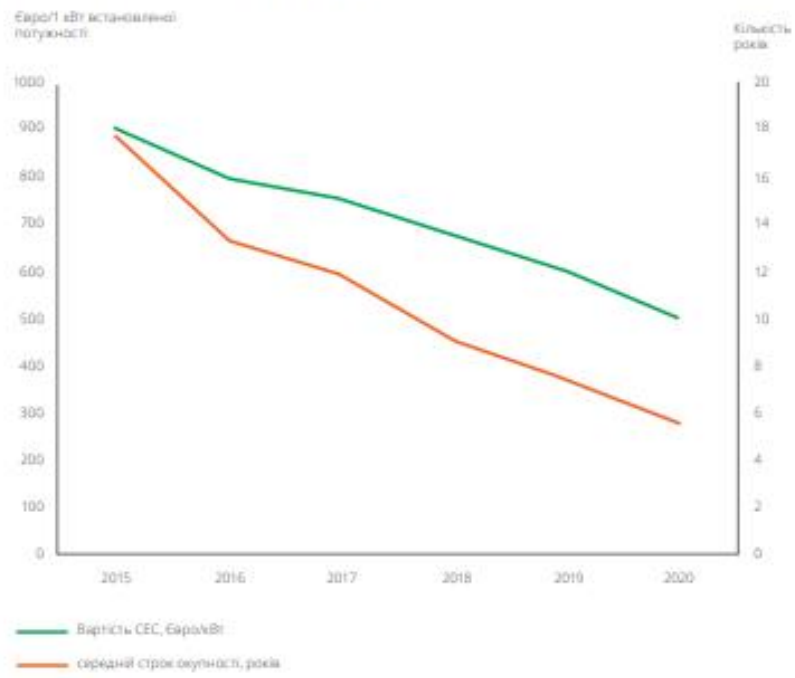
Створено за даними [49]



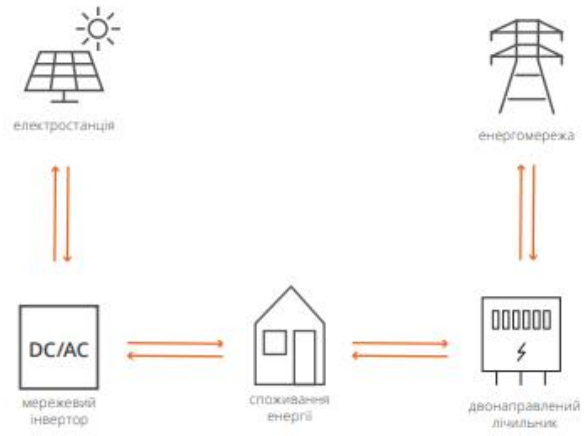


Створено за даними [26]

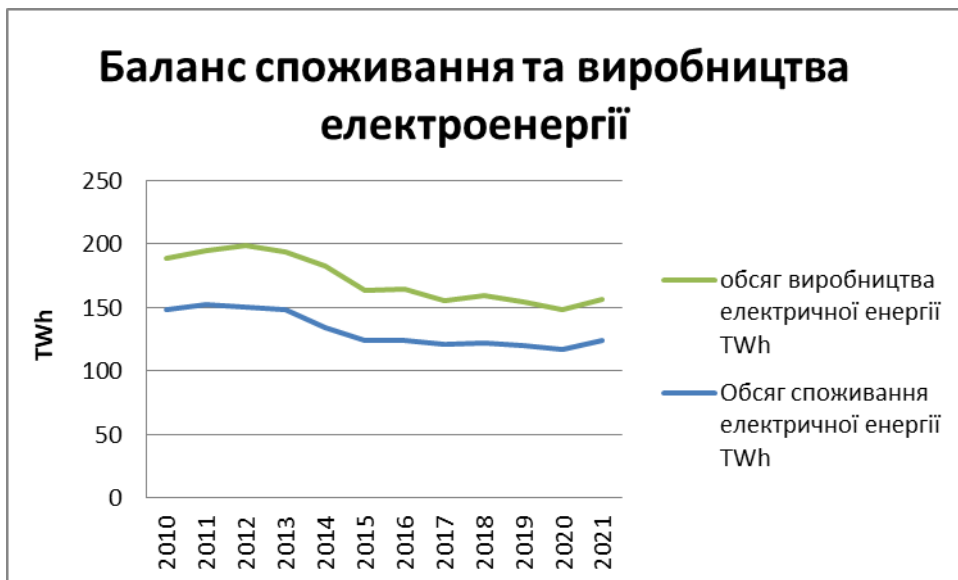
Зниження строку окупності комерційних СЕС в Україні та вартості обладнання, 2015–2020 рр.



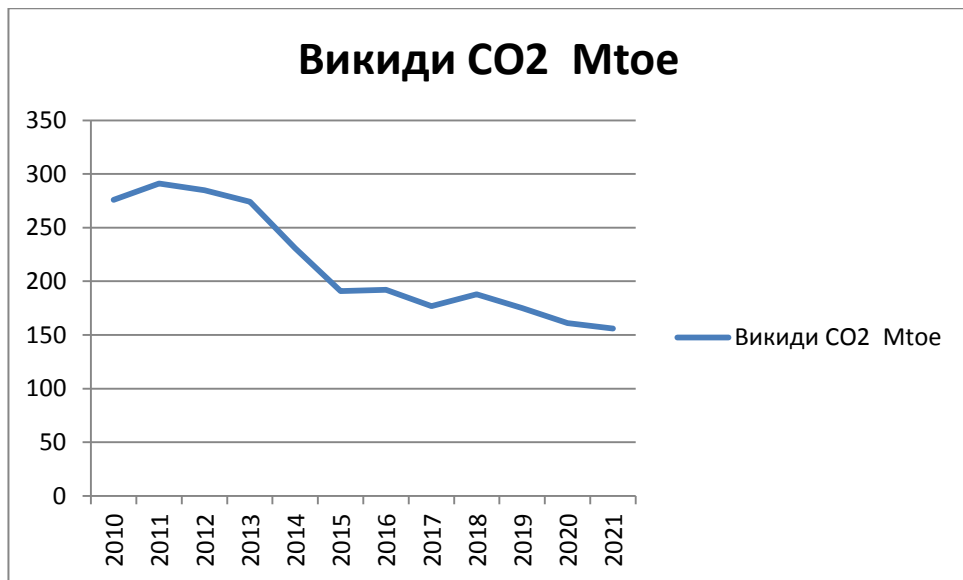
Створено за даними[41]



Створено за даними [41]

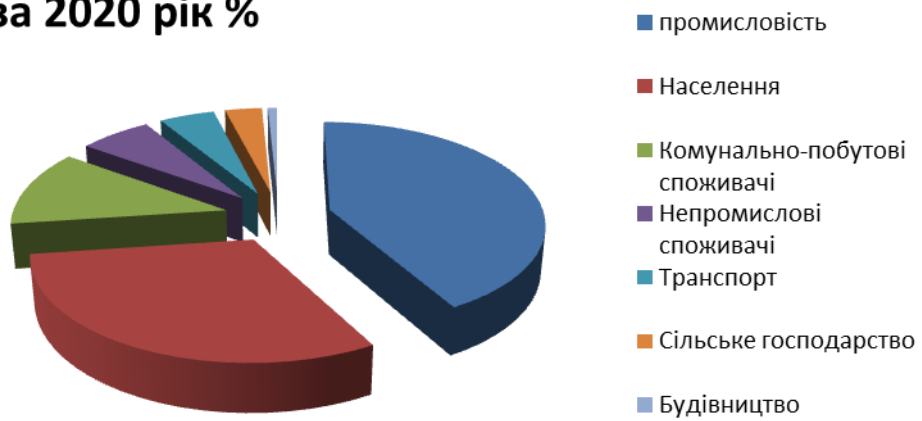


Створено за даними [33]



Створено за даними [55]

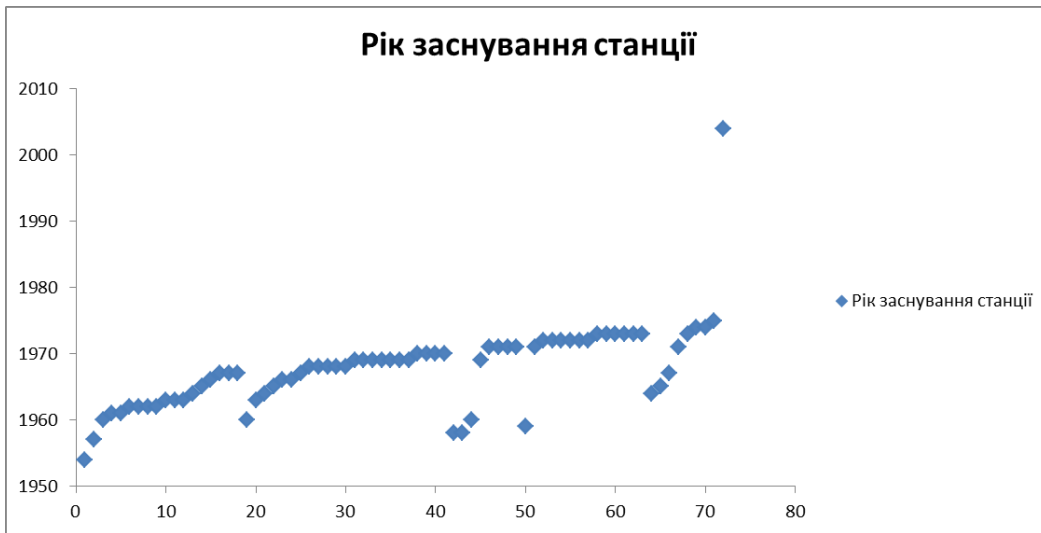
### обсяг споживання електроенергії за 2020 рік %



Створено за даними [11]



Створено за даними [11]



Створено за даними [26]



Створено за даними [37]