СХІДНОУКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

ІМЕНІ ВОЛОДИМИРА ДАЛЯ

Факультет економіки і управління

.

Кафедра економіки і підприємництва

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

до кваліфікаційної роботи

на тему

"Обґрунтування організаційних рішень з дистрибутивної енергетики за критеріями економічної безпеки"

другий (магістерський) рівень

спеціальність 051 Економіка



Виконав: здобувач групи ЕК-21дм **\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_** І. С. Муранов

(підпис)

Керівник **\_****\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_** В. В. Вахлакова

(підпис)

Завідувач кафедри **\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_** І. М. Семененко

(підпис)

Рецензент \_\_\_\_\_\_\_\_\_ О.О. Хандій



Україна - 2022

СХІДНОУКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

ІМЕНІ ВОЛОДИМИРА ДАЛЯ

Факультет економіки і управління

Кафедра економіки і підприємництва

Другий (магістерський) рівень

спеціальність 051 Економіка

|  |
| --- |
| **ЗАТВЕРДЖУЮ**  **Завідувач кафедри**  \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_  “\_\_\_\_” \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_2022 року |

**З А В Д А Н Н Я**

**НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧУ**

**вищої освіти другого (магістерського) рівня**

Муранову Івану Сергійовичу

1. Тема роботи "Обґрунтування організаційних рішень з дистрибутивної енергетики за критеріями економічної безпеки"

Керівник роботи Вахлакова Вікторія Володимірівна, к.е.н., доцент,

затверджений наказом університету від 20 вересня 2022 року № 128/01

2. Строк подання здобувачем роботи 7 листопада 2022 р.

3. Вихідні дані до роботи 2.1. Аналіз стану енергетики та економіки України в контексті проблем енергетичної безпеки та відповідних державних законодавчих мір в період військових дій. 2.2. Аналіз еволюції енергетики України, ринку споживання електроенергії та її експорту за довоєнний період і аналіз впливу військових дій на енергетику та споживачів.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) 3.1. Обґрунтування застосування в Україні децентралізованої системи генерації за критеріями економічної та енергетичної безпеки. 3.2. Обґрунтування застосування у системі дистрибутивної генерації модернізованого двигуна Стирлінгу як основи для міні-ТЕЦ.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов’язкових креслеників)

Таблиці, рисунки та інший демонстраційний матеріал\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

6. Консультанти розділів роботи

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Розділ | Прізвище, ініціали та посада  консультанта | Підпис, дата | |
| завдання  видав | завдання  прийняв |
| **1** | **Вахлакова В. В., доцент** |  |  |
| **2** | **Вахлакова В. В. , доцент** |  |  |
| **3** | **Вахлакова В. В. , доцент** |  |  |

7. Дата видачі завдання 21.09.2022 р.

**КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| №  з/п | Назва етапів виконання кваліфікаційної магістерської роботи | Строк виконання етапів | Примітка |
| 1 | Аналіз літератури з тематики магістерської роботи | 10 жовтня 2022 р. |  |
| 2 | Робота над розділом 1 | 17 жовтня 2022 р |  |
| 3 | Робота над розділом 2 | 27 жовтня 2022 р. |  |
| 4 | Робота над розділом 3 | 7 листопада 2022 р. |  |
| 5 | Робота над вступом та висновками | 11 листопада 2022 р. |  |
| 6 | Оформлення роботи, підготовка демонстраційного матеріалу та доповіді | 15 листопада 2022 р. |  |



**Здобувач** \_\_\_\_\_\_\_\_\_ І. С. Муранов

(підпис)

**Керівник роботи** \_\_\_\_\_\_\_\_\_ В. В. Вахлакова

(підпис)

РЕФЕРАТ

Кваліфікаційна робота: 108 с.,10 рис., 1 табл., 57 дж.

Об’єкт дослідження – енергетична інфраструктура України.

Предметом дослідження є економічна та енергетична безпека як ключова частина економічної безпеки.

Мета роботи – визначення організаційних та технічних рішень для підвищення економічної та енергетичної безпеки.

У роботі виконано аналіз еволюції та трансформації поняття енергобезпеки від зародження енергетики на початку 20 століття до його сучасного вигляду. Розкрито значення енергетичної безпеки для економіки та запропоновано конкретні варіанти підвищення енергобезпеки в умовах війни та терористичних атак на систему енергозабезпечення. Автор досліджує дані про фактори ризику для енергетики у вітчизняній та зарубіжній літературі, описує можливі наслідки як від стихійного лиха, так і від навмисних політичних, економічних військових та терористичних дій. Автор описує основні технічні завдання, які належить виконувати, та вносить пропозицію щодо захисту системи у відповідь на сучасні виклики. Як підхід до підвищення живучості енергозабезпечення як основної умови енергобезпеки запропоновано дистрибутивну систему генерації на базі двигунів Стірлінга. Автор модернізував відомий двигун Стірлінга, усунув його принципові недоліки, зробивши його придатним для масового застосування як локальний елемент системи дистрибутивної генерації – Міні-ТЕЦ.

НАЦІОНАЛЬНА БЕЗПЕКА, ЕНЕРГЕТИЧНА БЕЗПЕКА, ЗАГРОЗИ, СТРАТЕГІЯ, ДИСТРИБУТИВНА ГЕНЕРАЦІЯ, МІНІ-ТЕЦ, ДВИГУН СТІРЛІНГА, ОРГАНІЗАЦІЙНІ РІШЕННЯ

ЗМІСТ

ВСТУП…………………………………………………….……………………….7

РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ ТА ОЦІНКА ТЕОРІЇ ЕКОНОМІЧНОЇ БЕЗПЕКИ, ТА ЇЇ ЗАЛЕЖНІСТЬ ВІД ЕНЕРГЕТИЧНОЇ БЕЗПЕКИ; ОЦІНКА СТАНУ ТА МЕТОДІВ ПІДВИЩЕННЯ ЕКОНОМІЧНОЇ ТА ЕНЕРГЕТИЧНОЇ БЕЗПЕКИ В ЄС ШЛЯХОМ АНАЛІЗУ РІЗНИХ КОНЦЕПЦІЙ ТА ПІДХОДІВ В УМОВАХ РЕГРЕСУ ГЛОБАЛІЗАЦІЇ ТА НАСЛІДКІВ ВІЙНИ В УКРАЇНІ..12

1.1. Сутність економічної та енергетичної безпеки, виникнення цих понять, теорія та основні визначення, способи аналізу та оцінок їх рівня, ключові фактори, ризики, основні проблеми на сучасному етапі………………………12

1.2. Проблеми енергетики та економічної, енергетичної та екологічної безпеки в умовах погіршення екології та клімату, регресу глобалізації та трансформації глобальних міжнародних відносин….…………..……………………………...33

1.3. Проблеми економічної та енергетичної безпеки і методи їх вирішення в Європейському Союзі шляхом дистрибутивної енергетики на базі відновлюваних джерел енергії (ВДЕ).………………………………………….43

Висновки до першого розділу…………………………………………………...55

РОЗДІЛ 2. АНАЛІЗ ВПЛИВУ ПРИНЦИПУ ПОБУДОВИ ТА СТАНУ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ СИСТЕМИ НА ЕНЕРГЕТИЧНУ ТА ЕКОНОМІЧНУ БЕЗПЕКУ УКРАЇНИ…………………………………………………………….56

2.1. Аналіз стану енергетики та економіки України в контексті проблем енергетичної безпеки та відповідних державних законодавчих мір в період військових дій.…………………………………………………………………...56

2.2. Аналіз еволюції енергетики України, ринку споживання електроенергії та її експорту за довоєнний період і аналіз впливу військових дій на енергетику та споживачів…………………………………………………………………….62

Висновки до другого розділу……………………………………………………79

РОЗДІЛ 3. ОБҐРУНТУВАННЯ ОРГАНІЗАЦІЙНИХ РІШЕНЬ З ДИСТРИБУТИВНОЇ ЕНЕРГЕТИКИ З ВИКОРИСТАННЯМ МІНІ-ТЕЦ НА БАЗІ ДВИГУНА СТІРЛІНГА З МЕТОЮ ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ ТА ЕКОНОМІЧНОЇ БЕЗПЕКИ…………………………………………………81

3.1. Обґрунтування застосування в Україні децентралізованої системи генерації за критеріями економічної та енергетичної безпеки………………..81

3.2. Обґрунтування застосування у системі дистрибутивної генерації модернізованого двигуна Стирлінгу як основи для міні-ТЕЦ…………………85

Висновки до третього розділу…………………………………………………...94

ВИСНОВКИ…………….………………………………………………………..98

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ………………...…………………….101

ВСТУП

Робота присвячена дослідженню проблем впливу сучасної системи енергетики на економічну безпеку та критично пов’язану з нею енергетичну безпеку в плані обґрунтування рішень щодо переходу на дистрибутивну систему генерації енергії на базі модернізованих двигунів Стірлінга авторської розробки. Економічна безпека країни залежить від багатьох різноманітних факторів, але найголовнішими факторами є енергетика та енергобезпека. Без енергетики сучасна економіка – немислима. А без енергетичної безпеки, в принципі, не можлива економічна безпека країни. Тому головну увагу буде приділено енергобезпеці, оскільки вихідним безпековим фактором у нашій роботі є енергетика. Від надійної роботи енергетики, від стабільного надходження паливних ресурсів, стабільної генерації та стабільного розподілу енергії залежить економіка, і фізичне життя людей. Ці три чинники є фундаментальною основою нормального функціонування і всієї глобальної економіки. Ось чому енергосистема – найважливіший аспект економічної, політичної та соціальної безпеки держави. Тільки наявність надійної енергетики гарантує можливість економічного розвитку держави у сучасному світі і дає можливість підтримувати та розвивати високий соціальний рівень життя суспільства. У ширшому і суворішому визначенні поняття енергобезпека можна сформулювати, як «стан енергосистеми, що гарантує надійне, безперешкодне та безперебійне постачання енергією всієї держави, включаючи економічну та державну системи, а також усіх громадян у необхідному обсязі, за прийнятними цінами зі серйозним дотриманням вимог.

На даний момент у зв’язку з енергетичною кризою 2022 року, спричиненою вторгненням Росії в Україну, у світовому академічному середовищі загострився інтерес до наукових досліджень на теми економічної та енергетичної безпеки. З’явилося багато публікацій, присвячених цим проблемам. Руйнівні військові дії в Україні показали всю ненадійність та крихкість сучасної системи безпеки, крайню вразливість усіх систем енергозабезпечення та економіки, продемонстрували нагальну необхідність докорінних змін концепцій та принципів традиційного енергозабезпечення та подальшого розвитку науки про енергетичну безпеку. Ця робота присвячена дослідженню нової концепції більш надійної, економічної та суттєво менш уразливої енергетичної системи, що підвищує всі складові, що входять до поняття енергетичної безпеки та таким чином підвищують економічну безпеку України.

Актуальність теми дослідження обумовлена життєво важливою необхідністю безперебійного забезпечення постачання електроенергії для підтримки енергетичної та економічної безпеки. Будь-які затримки постачання енергії загрожують гуманітарними катастрофами. З цієї причини постачання енергоносіїв, як і весь енергетичний комплекс, є найважливішими аспектами економіки, які визначають можливості життя та розвитку суспільства в усіх аспектах – економічному, технологічному, соціальному та політичному. Все вищесказане про надзвичайну важливість системи енергобезпеки чітко підтвердилося після вторгнення Росії в Україну і після введення жорстких санкцій, коли були припинені або скорочені всі договори з РФ на постачання енергоносіїв до ЄС. Після цих подій ціни на всі енергоносії багаторазово підскочили і почалася світова паливно-енергетична криза. Таким чином, було підірвано європейську систему енергетичної та економічної безпеки. При цьому слід зазначити, що в даний час стан глобальних ринків нафти і газу досить складний і залежить від багатьох суперечливих і часто непрогнозованих наборів факторів – технологічних, економічних, політичних, логістичних, кон’юнктурних, а також від перманентно нестабільної величини зазору між пропозицією і попитом. У зв’язку з вищесказаним, енергетична безпека як важлива складова частина економічної та національної безпеки України стає вкрай вразливою до зовнішніх загроз, особливо після початку військових дій. Тому дане дослідження, присвячене створенню менш уразливої та надійнішої енергетичної системи, яка може реально забезпечити достатню енергетичну безпеку, безумовно, має високу актуальність і практичний зміст. Дуже актуальною є також розробка нової концепції енергетичної безпеки, в основі якої знаходиться система дистрибутивної генерації, яка дозволяє стабілізувати генерацію електроенергії на досить тривалий термін і при цьому скорочує споживання вуглеводнів, і таким чином зміцнює енергетичний та економічний суверенітет України.

У зв’язку з високою актуальністю питання об’єктом дослідження було обрано економічну та енергетичну безпеку в контексті їхньої залежності від типу енергетичної системи, а як предмет дослідження було обрано обґрунтування рішення щодо вибору системи дистрибутивної енергетики на базі модернізованих двигунів Стірлінга системи Муранова (УДМ) за критеріями економічної безпеки.

Метою цього дослідження є теоретичне обґрунтування рішення на користь вибору дистрибутивної енергетичної системи на базі модернізованих двигунів Стірлінга системи Муранова (УДМ), виходячи з критеріїв економічної безпеки.

Для розкриття предмета досліджень та досягнення мети дослідження було поставлено такі завдання:

- розкрити понятійно-категоріальний апарат на тему диплома для чого для чого було складено тезаурус (зокрема, розкрити поняття: економічна безпека, енергетична безпека, дистрибутивна генерація електроенергії, енергетична безпека, енергетичні загрози для економічної та енергетичної безпеки, екологічна безпека, модернізований двигун Стірлінга системи Муранова, сталий розвиток, ризик, фактор, індикатор, індикативний аналіз, факторний аналіз та ін.);

- розкрити проблеми енергетики, економічної, енергетичної та екологічної безпеки в умовах погіршення екології та клімату, регресу глобалізації та трансформації глобальних міжнародних відносин;

- дати теоретичне обґрунтування рішення вибору дистрибутивної енергетичної системи на базі модернізованих двигунів Стірлінга системи Муранова (УДМ), виходячи з критеріїв економічної безпеки.);

Наукова новизна роботи полягає в наступному:

- визначено та проаналізовано основні системні фактори, загрози та ризики, які критично знижують енергобезпеку України під час війни;

- сформульовано та розроблено концепцію поетапного підвищення енергетичної та економічної безпеки України шляхом створення системи дистрибутивної енергетики на базі модернізованих двигунів Стірлінга системи Муранова (УДМ).

Практична цінність роботи полягає в тому, що результати дослідження можуть бути використані в Україні для реального підвищення економічної та енергетичної безпеки шляхом поетапного створення дистрибутивної системи генерації на базі розробки Муранова І. С. у співавторстві з Мурановим С. В. «Універсального Двигуна Муранова із зовнішнім теплообміном» (УДМ).

Ступінь розробленості об’єкта була визначена на підставі аналізу наукових праць з цієї теми шляхом порівняння різних концепцій, шляхом виявлення та аналізу протиріч, а також визначення ключових проблем, які потребують вирішення. Слід зазначити, що зараз ступінь розробленості економічної безпеки, як і енергетичної безпеки в контексті енергетичних систем недостатньо глибока, а самі теоретичні знання в цій складній мультидисциплінарній галузі часто суперечливі і не цілком мають ту повноту, яка дозволяє вирішити весь комплекс проблем.

Інформаційною базою для написання дипломної роботи послужили наукові публікації в Інтернет-мережі, інформаційні та економічні сайти, форуми, а також дані, які були отримані автором у процесі дослідження.

У зв’язку з великою різноманітністю факторів та ризиків, що впливають на об’єкти енергетики як основні наукові методи, використовуються системний та підхід, багатофакторний аналіз та індикативний аналіз, а також діалектичний підхід, абстрагування, редукція, дедукція та висновки щодо індукції.

РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ ТА ОЦІНКА ТЕОРІЇ ЕКОНОМІЧНОЇ БЕЗПЕКИ, ТА ЇЇ ЗАЛЕЖНІСТЬ ВІД ЕНЕРГЕТИЧНОЇ БЕЗПЕКИ; ОЦІНКА СТАНУ ТА МЕТОДІВ ПІДВИЩЕННЯ ЕКОНОМІЧНОЇ ТА ЕНЕРГЕТИЧНОЇ БЕЗПЕКИ В ЄС ШЛЯХОМ АНАЛІЗУ РІЗНИХ КОНЦЕПЦІЙ ТА ПІДХОДІВ В УМОВАХ РЕГРЕСУ ГЛОБАЛІЗАЦІЇ ТА НАСЛІДКІВ ВІЙНИ В УКРАЇНІ

1.1. Сутність економічної та енергетичної безпеки, виникнення цих понять, теорія та основні визначення, способи аналізу та оцінок їх рівня, ключові фактори, ризики, основні проблеми на сучасному етапі

Визначимо основні категорії та поняття, пов’язані з економічною та енергетичною безпекою. Безпека є найбільш універсальною цінністю і часто визначається як категорія в соціальних науках та в природничих науках (від економіки до технічних наук). Це пояснюється тим, що будь-яка діяльність людини пов’язана з небезпеками, що загрожують або людині, або її оточенню, або її справам. Тому безпека зазвичай сприймається як пріоритетна екзистенційна мета. Будь-яка діяльність у сфері економіки чи енергетики теж завжди пов’язана з небезпеками та загрозами стосовно фінансової, юридичної чи матеріально-технічної сторони справи. Ось чому підвищення безпеки у сфері економіки та енергетики завжди було і залишається одним із провідних мотивів діяльності людини. Безпеку можна визначити, як відсутність загроз для нормального перебігу та розвитку життя та почуття впевненості у захисті від них. До основних видів безпеки можна віднести – національну, технічну, політичну, фінансову, економічну та військову, а також енергетичну безпеку. Вид небезпеки може бути конкретизований за допомогою опису можливих факторів, що впливають на неї та потенційних загроз. З появою нових видів факторів виникають нові види загрози і наука створює нові підрозділи теорії економічної та енергетичної безпеки. Наприклад, за останні три роки з’явився новий потужний фактор – епідеміологічний, унаслідок чого виникли нові різновиди загроз для забезпечення енергетичної та економічної безпеки. Основна мета економіки – задовольняти потреби людини, коли на них виникає попит.

Відповідно стан економічної безпеки держави можна оцінити за рівнем задоволення всіх існуючих потреб. При цьому, потребу можна визначити, як брак якоїсь цінності для людини чи суспільства, яка постійно відчувається людиною чи суспільством. Тому економічну безпеку можна ще визначити, як такий стан економіки, при якому дія деструктивних і факторів, та процесів, що загрожують нормальному функціонуванню економіки, не порушує звичайного рівня забезпечення потребами та існуючий попит задовольняється пропозицією за прийнятними цінами. Ринкова економіка, за своєю суттю, пов’язана з ризиками та кризами, тому у світі немає жодної економіки, яка має нульову чи близьку до нуля ймовірність відсутності загроз для економічної безпеки. З цієї причини всі держави постійно зміцнюють свою безпеку, шляхом цілеспрямованих дій на захист своїх інтересів – продуктивно розвиваючи економіку та енергетику, зміцнюючи фінанси, політику та екологію. На підставі вищесказаного можна зробити висновок, що фактори, що впливають на безпеку економіки та енергетики, можна підрозділити на дві великі групи – продуктивні, які зміцнюють безпеку та на деструктивні, які дестабілізують або підривають безпеку. Таким чином, безпека економіки будь-якої держави залежить від її фінансового, енергетичного, політичного, епідеміологічного, а також екологічного стану.

Поняття «економічна безпека» виникло у США за часів «великої депресії» у 30-ті роки минулого століття. Цим поняттям оперував президент Ф. Рузвельт під час обговорення способів виходу з економічної кризи [1]. Поняття енергетичної безпеки набагато пізніше, після першої великої енергетичної кризи у жовтні 1973 року, коли всі арабські країни, члени ОАПЕК оголосили ембарго на постачання нафти країнам, які підтримали Ізраїль під час війни Судного дня. В результаті Нідерланди, США, Великобританія, Канада, і Японія опинилися без постачання нафти. Ціни на нафту підскочили вчетверо – з трьох до дванадцяти доларів за барель. Таким чином, несподівано було створено прецедент політичного тиску на світову спільноту через припинення постачання енергоносіїв. До цих подій фахівцями та вченими вивчалася здебільшого військові фактори безпеки держави, а проблеми на кшталт енергетичної безпеки вважалися несуттєвими. Однак невдовзі після прецеденту з нафтовим ембарго у всьому світі почалися активні наукові дослідження з енергетичної безпеки. Було розроблено перші концепції та сформовано основні принципи, в основі яких лежали ідеї скорочення залежності від імпорту, а також більш економного витрачання ресурсів. У зв’язку з цим розвинені країни негайно приступили до розвідки та розробки власних родовищ сланців, вугілля, газу та нафти, а для компенсації постійних коливань на ринку постачань почали створювати стратегічні запаси нафти та будувати резервні газосховища. Крім того, з метою скорочення споживання енергії було розроблено концепції та методи підвищення енергетичної ефективності. У зв’язку з виникненням нових вимог ринку багато енергетичних і машинобудівних компаній розпочали розробку обладнання та машин з більш високим ККД, а також почали розробляти інноваційні енергозберігаючі технології. Незабаром було запропоновано нові технічні концепції поновлюваної та альтернативної енергетики [2].

Над проблемами енергетичної та економічної безпеки через актуальність цих тем працюють сотні вчених та практиків у всьому світі: в Європі, в Україні, США та в багатьох інших країнах. Можна перерахувати десятки вітчизняних вчених, таких як Гусєв В.А. Суходоля О.М. Брітченко І..Г., Жаліло Я. А., Живко З.Б., Черевко О.В., Копитько М.І., Зачосова Н.В., Живко М.О., Середа В.В., Занора В.О., Бієвець О.В. Бобрів Є. А., Ульма, В.М. Половінкін, Кретова А. Ю., Козівкін В. В., Чужмаров А. І. А також зарубіжних таких як – Джордж Ковальскі, Сід Вілогорац, Бенджамін Совакул, Каміла Ронінська, Хосе Пардо де Сантаяна. і багато інших. Величезний внесок зробили лауреати Нобелівської премії в галузі економіки, такі як Лоуренс Клейн, Джеймс Хекман, Джордж Акерлоф, Майкл Спенс, Джозеф Стігліц, Пітер Даймонд, Дейл Мортенсен, Крістофер Пісарідес, Томас Сарджент, Крістофер Сімс, Юджин Фама, Ларс Пітер Хансен, Жан Тіроль, Ангус Дітон, Олівер Харт, Бенгт Хольмстрем, Річард Талер, Пол Ромер, Вільям Нордхаус, Майкл Кремер, Абхідджіт Банерджі та Естер Дюфло, Пол Мілгром та Роберт Уілсон та ін.

Інтерес до цієї теми сильно зріс останніми роками, оскільки світ зараз перебуває у надзвичайному становищі. Події розвиваються швидко, небезпечно та несподівано. Їх важко зрозуміти, осмислити і тим більше важко передбачити можливі наслідки, особливо у сучасному контексті глобалізації, яка пов’язала економіки та переплела взаємні інтереси. Жодна країна неспроможна себе повністю забезпечити всіма необхідними ресурсами, отже, всі потребують одне одного і все взаємозалежні. У цьому полягає парадокс та абсурдність ситуації. У такому взаємопов’язаному світі, який став схожим на великий організм, будь-які військові конфлікти є вкрай небезпечними. Негативні наслідки від воєнних дій в Україні подібно до ланцюгової реакції поширилися світом. Вони вже завдали значної шкоди світовій економіці та тим більше економіці України, її енергетиці та енергетичній безпеці. Безумовно, наслідки позначатимуться протягом десятиліть. В умовах війни стало особливо зрозуміло, наскільки цінною та стратегічно необхідною є система енергетичної безпеки.

Проблема енергобезпеки тісно пов’язана із проблемою енергетичних ресурсів. Поняття енергоресурсів зародилося на початку минулого століття, коли Черчілль у 1913 році ухвалив історичне рішення замінити на флоті вугілля на нафту. Черчілль мотивував це тим, що нафта може забезпечити «велику вогневу міць та швидкість за мінімальних витрат». З цього переломного моменту нафта стала важливим стратегічним та енергетичним ресурсом та успішним комерційним товаром. З іншого боку, виникло нове поняття – «енергетичний ресурс». Нафта серйозно вплинуло протягом Першої та Другої світової війни [3]. У зв’язку з цим виник навіть особливий вираз – «війна двигунів». Розуміння великої важливості нафти спонукало західні країни скоординувати свої зусилля завоювання впливу Близькому Сході. Для США та всіх європейських країн, які купували близькосхідну нафту, поняття «енергетична безпека» стало синонімом критичної залежності від арабських країн. І невдовзі це реально стало серйозною проблемою після того, як арабські країни ОПЕК ввели ембарго в 1973 році. Це призвело до світової енергетичної кризи та спекулятивного зростання цін на нафту. Стало очевидним, що з метою забезпечення прийнятної енергобезпеки ціноутворення необхідно регулювати на державному рівні. У вісімдесяті роки було також вжито обмежувальні заходи щодо скорочення свободи монополій і на посилення конкуренції в секторі поставок носіїв. Слід врахувати, що вуглеводні видобуваються переважно у досить нестабільних регіонах, схильних до внутрішньополітичних чи військових конфліктів, а це значно підвищує ризик безпеки поставок.

Перші основи теорії енергетичної безпеки зародилися наприкінці 40-х. Спочатку концепції безпеки мали виключно військову спрямованість. Однак, після криз сімдесятих років стало очевидним, що порушення постачання нафти часто завдає шкоди економіці не менш значної, ніж від війни. Тому енергетична безпека виділилася окрему самостійну науку. Виникло також розуміння того, що будь-які держави не можуть самі повністю забезпечити свою безпеку та що взаємозалежність держав, а також побудова системи міжнародної економічних відносин є дуже важливою для зміцнення безпеки. Аспект безпеки енергетики виявився тісно пов’язаний з такими економічними проблемами як зростання безробіття, інфляції та зростання внутрішньої та зовнішньої закладеності. Крім того, стало очевидним, що наявність сировинних ресурсів та ринків збуту відповідає спільним інтересам усіх держав і що необхідно створювати різні форми міжнародного співробітництва.

У вісімдесятих роках, коли прийшло розуміння великої серйозності кліматичних змін, концепцію енергобезпеки було доповнено розділом «захист навколишнього середовища». Наразі концепція безпеки стала складним комплексним поняттям. Одночасно з теорією розроблялася інноваційна енергетика на поновлюваних джерелах енергії (ВІЕ) як екологічна потреба і як підвищення енергобезпеки. Теоретично енергобезпеки з’являється новий науковий напрям, який досліджує енергетику у сфері міжнародних відносин та світового ринку енергоресурсів, а також питання співпраці у великих міжнародних енергетичних проектах. Цими питаннями зазвичай займаються паливно-енергетичні ТНК. Так завдяки ТНК теорія енергобезпеки набула нового великого розділу – «геоекономіка енергетики». В цілому, теорія енергетичної безпеки включає безліч аспектів – політичний, юридичний, економічний, технічної, екологічної, технологічний, міжнародний, а також геологічної (наявність і тип родовищ тощо). Теорія включає різні методології та термінології з багатьох наукових дисциплін, з комплексами їх проблем, концепцій і теорій, або іншими словами – вона носить міждисциплінарний характер [4].

На підставі аналізу публікацій можна констатувати, що досі не склалося загальноприйнятого визначення енергобезпеки. Конкретне формулювання залежить від умов конкретної країни та від енергетичної, економічної та логістичної ситуації у ній. Визначення енергетичної безпеки варіюється в залежності від місця розташування, від наявності або відсутності викопних ресурсів, від наявності в достатній кількості постачальників, від наявності виходів до моря, від портів, нафтових і газових терміналів, а також від політичної системи та від інших менш значущих факторів.

Деякі дослідники визначають енергетичну безпеку як безперервний процес забезпечення енергією у необхідній кількості, належної якості, без порушення екології та за прийнятною ціною для підтримки життя людей у їхній повсякденній діяльності. Міжнародне енергетичне агентство (МЕА), яке давно займається цією проблемою, підрозділяє енергобезпеку на довгострокову та короткострокову. Довгострокова стратегія безпеки передбачає перспективні плани розвитку та інвестиції в енергетику, енергопостачання та енергозбереження для надійного забезпечення всіх потреб промисловості та життєзабезпечення без шкоди для екології. А короткострокова стратегія енергобезпеки передбачає швидке, оперативне реагування на раптові зміни в регулярності поставок через три можливі причини:

- ринково-економічних;

- випадкових чи природних катаклізмів;

- навмисних чи зловмисних дій деструктивних сил.

Різні автори у своїх визначеннях роблять різні акценти на різних складових та факторах. Деякі автори підкреслюють особливу важливість наявності та доступності енергії, тоді як інші надають значення сталому розвитку, треті наголошують на охороні навколишнього середовища та на соціальному забезпеченні, а для деяких має значення безпека транзитних маршрутів та наявність доступу до різних джерел постачання. Зустрічаються також дуже прості, але ємні визначення енергобезпеки: «Енергетична безпека – це своєчасне, безперебійне та повне забезпечення за доступними цінами паливом та якісною енергією економіки та населення держави без шкідливого впливу на довкілля». З нашої ж точки зору найбільш загальним визначенням буде наступне авторське визначення: «Енергетична безпека – це такий стан держави та її енергетичної системи, яка дозволяє стабільно та безперебійно забезпечувати за прийнятними цінами екологічно чистою та якісною енергією всі необхідні потреби економіки та всі потреби населення, за умови цьому держава та її міжнародні, політичні, а також економічні зв’язки, її інфраструктура, економіка, енергетика та системи забезпечення енергоресурсами дозволяють надійно протистояти, адаптуватися та швидко, з мінімальними втратами, відновлюватися після будь-яких катаклізмів, викликаних як випадковими причинами, так і навмисними діями внутрішніх або зовнішніх деструктивних сил (природні та техногенні катаклізми, військові дії, акти терору, диверсії, кризи тощо)». А британський професор Б. Совакул описав цілих 45 визначень, у яких є загальні моменти, але є багато відмінностей [5].

Вчений із США К. Дрексель створив розширену структуру системи енергобезпеки, до якої додав живучість системи, – так звана теорія «5s» [6].

1. Постачання енергії; має бути забезпечене стабільне постачання всіма джерелами енергії;

2. Достатність обсягів постачання; має бути надійно забезпечена достатня кількість палива та енергетичних послуг, що виробляються з нього;

3. Гарантія доступу до енергетичних послуг; має бути забезпечений доступ до енергетичних ресурсів;

4. Живучість енергосистеми; має бути забезпечений стійкий та довгостроковий доступ до енергетичних ресурсів;

5. Екологічна стійкість; має бути забезпечене дотримання екологічних вимог за допомогою технічних заходів за допомогою очищення та фільтрації викидів шкідливих речовин.

Аналіз літератури показав, що в цій галузі науки ще не склалося чіткого, однозначного та несуперечливого наукового знання, що має достатню повноту для вирішення проблем та завдань з енергобезпеки. Це, передусім, міждисциплінарністю і складністю цієї науки, внаслідок різнорідності і розмаїття різнорідних чинників, особливо – технологічних, які впливають енергетику і енергетичну безпеку. Велика різноманітність наукових дисциплін, пов’язаних з цією темою, породжує також значні термінологічні труднощі, пов’язані з різнорідністю понять та предметів дослідження з різних галузей знання. Враховуючи багате різноманіття підходів та напрямів, авторів досліджень можна розділити на кілька великих груп:

- прихильників копенгагенської школи безпеки, зосереджених на поточних питаннях безпеки: Wæver O., Stone M., Buzan B., Charrett C., Терещенко А. та ін [7].

- прихильників довгострокових стратегічних підходів, розрахованих на фундаментальні вирішення проблеми та пропонують радикальні рішення проблеми енергобезпеки. Вони теж поділяються на кілька груп:

- прихильників ядерної енергетики, які вважають, що інші види енергетики недостатньо серйозні і перспективні, оскільки вони зможуть у принципі забезпечити все зростаючі потреби людства;

- прихильників відновлювальної та альтернативної енергетики, які переконані, що на відміну від викопного палива, яке зосереджено в обмеженій кількості країн, відновлювані ресурси є практично скрізь та на всіх континентах; вони вірять у те, що відновлювана енергетика зможе перекрити більшу частину потреби людства в енергії;

- прихильників викопного палива та змішаного ресурсного забезпечення енергетики, які вважають, що ще довго застосовуватимуться всі три види енергетики, оскільки реальні запаси вуглеводнів ще далеко не розвідані та до кінця не вичерпані.

У свою чергу прихильники ядерної енергетики поділяються на три підгрупи:

- класиків, які прогнозують розширення використання звичайних АЕС та надалі повний перехід на реактори на швидких нейтронах; ця технологія дозволяє на реакторах-розмножувачах перетворювати відпрацьований уран-238 та торій-232 на плутоній-239 – нове паливо для АЕС. Таким чином, утворюється повний замкнутий цикл використання ядерного палива, що дає можливість використовувати близько 30% потенціалу ядерного палива, а не 3%, як зараз у звичайних реакторах; даний підхід забезпечує перспективу для ядерної енергетики на багато тисячоліть; заради справедливості, слід зауважити, що у реакторів-розмножувачів, є свої серйозні проблеми. Реактори на швидких нейтронах дуже ненадійні та небезпечні в експлуатації, технології ще не відпрацьовані. Під впливом потужних потоків нейтронів швидко охрущуються і руйнуються найміцніші сталі, а азот, що міститься в сталі та в інших матеріалах реактора перетворюється на радіоактивний вуглець;

- прихильників керованого термоядерного синтезу, які вперто вірять у таку можливість у найближчому майбутньому; термоядерний синтез цілком безпечний, екологічно чистий та невичерпний; автори ідеї – радянські фізики Курчатов, Лаврентьев, Сахаров та інших. Нині ідею розвиває і підтримує академік Веліхов, який вважає, що це – єдино правильний напрям; проте на думку професора Ігоря Острецова, фізика термоядерного реактора досі неясна, тому цей напрямок, очевидно, – тупиковий;

- прихильників альтернативної ядерної енергетики, які пропонують ядерно-релятивістські АЕС, побудовані на так званих лінійних прискорювачах протонів на зворотній хвилі, які породжують керований потік нейтронів, що дозволяє примусово ділити уран-238 і торій-232; автор цього напряму професор Острецов переконаний, що це єдиний правильний і найперспективніший напрямок розвитку ядерної енергетики, оскільки цей підхід дає можливість перетворювати брудні радіоактивні відходи урану 238 та плутонію 239 у чисту та безпечну енергію [8].

На наш погляд: найбільш невідворотними та непереборними викликами для глобальної енергетичної безпеки є три загрози – зміна клімату під впливом парникового ефекту, незворотне забруднення навколишнього середовища та виснаження викопних ресурсів. У зв’язку з цими серйозними проблемами, наразі найстійкішим світовим трендом є поступовий перехід на відновлювані джерела енергії. Крім того, АЕС і ядерна енергетика при всіх її плюсах має два непереборні мінуси. По-перше, ядерна енергетика побудована виділенні тепла, яке розсіюється у атмосфері. Це – неминуче теплове забруднення, яке нітрохи не краще, ніж парниковий ефект. По-друге, ядерна енергетика є міною уповільненої дії. У разі військових дій, техногенної чи природної катастрофи вони несуть серйозну загрозу, оскільки наслідки від руйнування навіть однієї АЕС перевищують ефект зараження від десятків атомних бомб (в атомній бомбі містяться кілограми урану, а атомної станції перебувають багато сотень кілограм). Багато вчених, у тому числі академік А. Яблоков, вважають, що атомна енергетика – найнебезпечніша з усіх існуючих технологій, а наочний приклад – аварії в Чорнобилі та Фукусімі. Розрахунки американських учених показали, що аварія лише одного з блоків АЕС завдасть економічних та екологічних збитків понад 100 млрд. долл., при цьому захворіють на рак та інші небезпечні захворювання десятки тисяч людей, а також будуть заражені значні території [9]. Слід зазначити, деякі положення, висловлені тут, мають дискусійний характері і не виключають інших точок зору підняті питання.

У розвиток вищесказаного з огляду літератури, слід зазначити, що характерною особливістю теорій енергобезпеки є дуже однобокий розгляд проблем: більшість досліджень розглядають безпеку лише з погляду імпортерів енергії, і є дуже мало концептуальних визначень, що розглядають і чинники, які становлять ризик експортерам. У більшості випадків підходи до енергобезпеки з економічної точки зору наголошують на факторі прийнятної ціни та факторі доступності енергоносіїв та енергії від надійного постачальника, оскільки це є головним пріоритетом для всіх споживачів енергії. Комплекс всіх цих факторів забезпечує стійкий економічний розвиток та соціальний благополуччя в країні. Тут слід зазначити, що поняття фактора та індикатора дуже широко застосовується при аналізі економічних систем, але вони застосовні і при аналізі систем енергетичної безпеки. Для більшої ясності та чіткості викладу визначимо та уточнимо ці важливі поняття, які широко використовуються в економічних аналізах як робоча термінологія.

Фактор – змінний параметр, зазвичай виражений кількісно, перебуває у взаємозв’язку з іншим змінними, які називаються результативним. Фактор може також позначати суттєву властивість параметра бути причиною в будь-якому процесі або явищі, перебувати на початку причинно-наслідкового зв’язку, бути рушійною силою процесу, визначати його характер і його специфіку. Фактор – ключове поняття, на якому засновані статистичні методи факторного або регресійного аналізу, які дозволяють кількісно, та якісно оцінити безліч змінних за допомогою дослідження структури коваріаційних або кореляційних матриць [10].

Індикатор – це кількісний (абсолютний чи відносний) показник, що у індикативному аналізі. Індикатори кількісно відображають стан енергетики, стан енергоринку та загрози для енергетичної безпеки. Характерно те, що індикатори сильно взаємопов’язані і постійно змінюються за найменших змін інших індикаторів і факторів. По індикаторах проводяться оцінки стану та рівня енергонезалежності.

Існують дуже потужні комп’ютерні методи як індикативного, і факторного аналізу. Ці методи аналізу використовують у комп’ютерних експертних системах як потужні дослідницькі інструменти. Дані види аналізу дозволяють описати об’єкт компактно і водночас достовірно та всебічно. Факторний аналіз дозволяє виявити з безлічі факторів конкретні фактори, які відповідають за наявність лінійних статистичних кореляційних зв’язків між змінними, що спостерігаються. Таким чином, факторний аналіз дозволяє визначити кореляційні взаємозв’язки між змінними, класифікувати їх, виключити несуттєві змінні і, таким чином, виділити найголовніше з маси другорядного шляхом скорочення числа змінних. Структурно фактори можна поділити на кілька груп – на внутрішні та зовнішні, на довгострокові та короткострокові, на системні та на локальні, політичні та технологічні, економічні та технічні, фінансові та соціальні тощо. Існує величезна кількість та різноманітність факторів, бо вони лежать в основі будь-якого явища. Наприклад, до геополітичних та зовнішніх факторів, наприклад, можна віднести:

- стан світової економіки та інвестиційного міжнародного клімату;

- ціни на енергоносії та стабільність політичної атмосфери, що не перешкоджає постачанню енергоносіїв;

- членство у Європейському союзі або участь в інших альянсах, участь у міжнародних організаціях;

- наявність дружніх економічно та технологічно розвинених сусідніх держав або наявність сусідніх держав з багатими сировинними енергоресурсами, але не стабільних у політичному та економічному плані;

- політику ЄС у галузі енергетики та клімату; політику Росії та інших країн, що мають значні ресурси сировини, а також політичні процеси, що відбуваються в цих країнах;

- наявність або відсутність пандемій та світових економічних криз;

- географічну специфіку розташування великих місцезнаходжень нафти та газу; і т.д.

До внутрішніх чинників можна віднести всі державні інститути, систему управління, законодавче, податкове та ділове середовище, а також всі обставини та дії, які сприяють більш, надійній роботі комплексу енергетичної системи. Наприклад:

- підтримання стабільної та ефективної економічної, внутрішньої, зовнішньої та соціальної політики, яка забезпечує функціонування державної системи;

- створення сприятливого податкового, фінансового та інвестиційного клімату в країні, що сприяє технологічному розвитку енергетики та пов’язаних з нею сфер діяльності;

- забезпечення економічної рентабельності та конкурентоспроможності енергетичного сектора;

- забезпечення стабільної роботи генеруючих станцій та системи транспортування та розподілу енергії, а також умов, що сприяють стабільності виконання поставок та дотримання екологічних вимог до виробництва енергії;

- забезпечення належного обсягу та робочого стану енергетичної та транспортної інфраструктури, а також рівня її пропускної спроможності та рівня безпеки систем обслуговування;

- забезпечення ефективної системи виробництва та транспортування електроенергії, а також видобутку, доставки та розподілу та викопного палива;

- забезпечення необхідного та достатнього рівня диференціації енергоресурсів, а також підтримання оптимального паливного балансу, що мінімізує шкідливі наслідки для екології, без заподіяння шкоди економіці;

- забезпечення оптимальної диверсифікації джерел та напрямів поставок сировини;

- забезпечення безперервності постачання енергії з метою безпеки кінцевих споживачів;

- розробка перспективних регіональних та муніципальних планів щодо розвитку інфраструктури газового та енергетичного забезпечення, а також системи генерації енергії на основі ВДЕ відповідно до місцевих та національних планів.

Фактори енергетичної безпеки у короткостроковому періоді:

- наявність енергоресурсів на складах стратегічного резерву;

- вартість енергоресурсів;

- надійність постачання енергоресурсів;

- кількість постачальників.

Можна виділити також ключові фактори енергетичної безпеки у довгостроковому періоді:

- рівень сировинної орієнтації експорту країни та рівень товарного покриття національної валюти;

- обсяги інвестицій в енергетику та паливно-енергетичний комплекс (ПЕК);

- рівень ефективності використання енергетики на основі ВІЕ;

- наявність власних технологій та виробництва обладнання для енергетики;

- наявність власних технологій для розвідки та видобутку викопних ресурсів;

- рівень технологічної залежності від імпорту обладнання для енергетики;

- енергетична залежність від зовнішніх постачальників енергоресурсів;

- частка імпортованих енергоресурсів;

- рівень диверсифікації імпортованих енергоресурсів;

- наявність нових технологій транспортування та видобутку викопних ресурсів.

Зважаючи на той безумовний факт, що фактори – це такі агенти, які впливають на рівень енергобезпеки, неважко дійти висновку, що будь-який із факторів може стати або елементом ризику, чи загрозою. Тому неважко зробити висновок, що якщо немає відповідного фактора, що впливає на енергетичну безпеку, то немає і ризику чи загрози для енергосистеми та її безпеки. Таким чином, перелік усіх можливих загроз та ризиків завжди збігається із переліком існуючих факторів. При цьому ризик можна визначити, як стан невизначеності, для якого характерна ймовірність можливого негативного розвитку подій або навіть катастрофічного результату. Ризик можна також оцінити кількісно як ймовірність настання несприятливої події при настанні іншої події, яка впливає на відповідний фактор енергобезпеки і запускає деструктивний процес.

Слід зазначити, що енергетична безпека країни оцінюється за допомогою індикаторів. У принципі може існувати значна кількість видів індикаторів, тому важливо їх структурувати та згрупувати за групами та типами, а також виділити найістотніші, найголовніші з них. Структурно індикатори можна розділити на кілька груп. Наприклад, поділити на внутрішні та зовнішні, на короткострокові та довгострокові, на системні та на локальні, а також виділити індикатори, що відображають функціональний стан енергетики та енергетичної безпеки. Для проведення порівняльного аналізу та кількісних оцінок рівня енергетичної безпеки зазвичай використовується така сукупність індикаторів, за допомогою яких можна судити про стан або рівень розвитку окремих компонентів або суб’єктів системи. У складі таких індикаторів необхідно особливо виділити індикатори забезпечення носіями та електроенергією, які, як правило, включають безліч відносних кількісних показників. У складі показників енергетичної безпеки зазвичай розглядаються ключові індикатори типу:

- індикатори рівня незалежності від зовнішніх постачальників енергоносіїв:

- індикатори рівня забезпеченості власними енергоресурсами:

- індикатори рівня забезпечення електроенергією економіки та населення;

- індикатори рівня забезпечення населення тепловою енергією;

- індикатори рівня забезпечення паливом населення та регіонів;

- індикатори рівня забезпечення енергетики виробничими фондами;

- екологічні індикатори роботи енергетичної системи;

- фінансові індикатори економічного та фінансового стану галузі;

- індикатори рівня інвестицій, в енергетику, енергоефективність, в інфраструктуру та в інноваційний та технологічний розвиток машин та обладнання, у розвиток генерації на основі ВДЕ тощо;

- індикатори рівня поточного стану енергоефективності, енергозбереження та розвитку технологій в енергетиці тощо.;

- індикатори рівня споживання енергії душу населення;

- індикатори частки споживання електроенергії у межах даного регіону стосовно загальному обсягу споживання;

- індикатори частки обмежень у постачанні електроенергією по відношенню до повного споживання;

- індикатори частки виробітку електроенергії в регіоні до обсягу споживання електроенергії за рік тощо [11].

Ми тут вказали лише невелику кількість з можливих індикаторів, які оцінюють і характеризують рівень енергетичної безпеки держави.

Важливо також оцінювати фінансову стійкість енергетики, а також її клієнтів та партнерів із постачання енергоресурсів. Для цього запроваджуються фінансові індикатори безпеки, які характеризують фінансову стійкість енергетики, рівень платоспроможності населення, великих споживачів, а також їхню закредитованість та інші фінансові індикатори. Фінансові індикатори є дуже важливими показниками для оцінки стійкості системи енергобезпеки. У фінансові індикатори зазвичай включають:

- частку перевищення кредиторської заборгованості над дебіторською у річному обсязі поставленої енергії;

- частку сумарної (дебіторської та кредиторської) або взаємної заборгованості підприємств енергетики та їх партнерів у річному обсязі поставленої енергії;

- частку збиткових підприємств енергетики. [12].

Тут доречно наголосити, що проведення аналізу навіть лише однієї енергетики є настільки складним завданням, що дати точну оцінку рівня її безпеки за допомогою лише експертних оцінок практично неможливо. Тим більше буде важко провести об’єктивний аналіз такого складного та багатогранного комплексного об’єкту як енергетична безпека країни. В даний час для цього застосовуються експертні системи на базі суперкомп’ютерів. Для цього попередньо проводиться повна формалізація вхідних даних та відповідна алгоритмізація їх обробки. При цьому важливо відзначити, що чим більш формалізовані та стандартизовані будуть вихідні дані, тим точніше та об’єктивніше буде виконано аналіз. Дуже важливо, що процес отримання системи індикаторів також може бути формалізований та автоматизований на основі бухгалтерських, фінансових, технічних, технологічних, соціальних та інших даних. Індикативний аналіз дозволяє провести зіставлення формалізованих показників та за заданими алгоритмами дати об’єктивну оцінку рівня енергобезпеки. Слід зазначити, що з якісного аналізу дуже важливо використовувати весь сукупний комплекс індикаторів, оскільки вони функціонально досить пов’язані і синергетично взаємодіють друг з одним. Індикативний аналіз здатний відображати навіть невеликі зміни, оскільки має високу чутливість. Крім того, він має високу інформативність і гарну наочність. За допомогою потужних експертних систем індикативного аналізу можна досить точно оцінювати зростання ризиків і загроз для безпеки, а також оцінювати наближення до критичних ситуацій, коли процес розвитку набуває загрозливого або екстремального характеру і може вийти за допустимі межі. Крім індикативного аналізу, може паралельно застосовуватися ще й комп’ютерний регресійний аналіз або багатофакторний аналіз, який враховує більш тонкі та неочевидні статистичні зв’язки та кореляції між слабозв’язаними даними. Регресійний аналіз дає важливу можливість визначити розмір впливу факторів (регресорів) на кретеріальний показник або, інакше, на результативний показник. І тому підбираються необхідні рівняння зв’язку залежно від характеру аналітичної стохастичної залежності між досліджуваними аспектами. Рівняння регресії показує, як у середньому змінюється результативний ознака під впливом зміни багатофакторних регресорів, змінних, яких може бути кілька, але кретеріальний показник завжди лише один. Регресійний аналіз на основі множинної регресії також називається багатофакторним аналізом. Якщо при аналізі даного об’єкта дослідник відзначає подібність поведінки між собою різних аспектів об’єкта, то можна припустити, що вони мають високий коефіцієнт кореляції, а це означає, що існує деяка латентна змінна, за допомогою якої можна пояснити схожість отриманих оцінок, що спостерігається. Така латентна змінна і називається фактором, який впливає на багато показників інших змінних, і його можна відзначити як загальний фактор, як фактор вищого порядку. Факторний аналіз зазвичай має дві мети:

- визначення важливих взаємозв’язків між змінними та проведення їх класифікації;

- проведення можливого скорочення числа змінних, з метою визначення основних факторів з маси другорядних, для спрощення розуміння складних взаємозв’язків.

Таким чином, факторний аналіз за своєю суттю є потужним аналітичним інструментальним методом для вивчення та вимірювання впливу суми факторів (регресорів) на величину результативного (кретеріального) показника. Багатогранність системи енергетичної безпеки визначає велику різноманітність показників, що використовуються для оцінки її ефективності. Для аналізу та оцінки рівня енергетичної безпеки необхідно провести аналіз енергетичної системи та всіх пов’язаних підсистем безпеки (постачальники ресурсів, обладнання, транспортні системи та ін.):

- провести загальний аналіз стану енергетики;

- провести загальний аналіз стану постачальників вуглеводнів;

- визначити комплекс найважливіших індикаторів, які відображають стан енергетики та суміжних галузей, з якими вона взаємодіє; (індикатори повинні відображати динаміку всіх змін, що відбуваються в системі енергобезпеки під впливом низки внутрішніх та зовнішніх факторів;

- провести системний аналіз за ступенем небезпеки комплексу загроз;

- визначити порогові значення індикаторів, вихід за які створює загрози для енергобезпеки;

- провести розрахунок фактичних значень індикаторів енергетичної безпеки та зіставити їх з пороговими константами;

- визначити значення інтегральних показників енергетичної безпеки.

Енергетична безпека є важливою підсистемою загальної безпеки, яка включає:

- державну безпеку (захист від зовнішніх та внутрішніх загроз);

- суспільно-соціальну безпеку (захист особистості та суспільства від внутрішніх загроз);

- техногенну безпеку (захищеність від загроз техногенного характеру);

- екологічну безпеку (захист від кліматичних загроз та стихійних лих);

- економічну безпеку;

- енергетичну безпеку;

- інформаційну безпеку;

- безпека особистості;

- цивільну процесуальну безпеку;

- хімічну та біологічну безпеку;

- демографічну безпеку;

- культурну безпеку.

Проведення дослідження та оцінки енергетичної безпеки зазвичай починається з проведення системного аналізу з метою визначення та оцінки загального стану енергетики. Далі проводиться ряд процедур, під час яких виконується таке:

- визначаються головні індикатори (показники), за якими можна оцінити стан енергетики та динаміку процесів зміни та її розвитку; ці показники аналізуються та систематизуються за шкалою рівня загроз;

- визначаються порогові або граничні величини всіх найважливіших індикаторів, значення яких не слід перевищувати через можливі руйнівні наслідки для енергетики;

- визначаються значення фактичних реальних індикаторів, які характеризують поточний стан енергетики і далі вони зіставляються з граничними величинами;

- визначаються значення найважливіших інтегральних показників енергетичної безпеки;

- проводиться аналіз фактичного стану рівня енергетичної безпеки, робляться відповідні висновки та рекомендації, а також розробляються план заходів щодо зміцнення енергобезпеки та щодо мінімізації загроз.

Для короткого узагальнення цього питання слід зазначити, що сукупність чинників впливає стан безпеки і наявність загроз, а сукупність індикаторів дозволяє оцінити рівень безпеки. Таким чином, на підставі суми результатів проведеного багатофакторного та індикативного аналізу робиться висновок про поточний рівень енергетичної безпеки. При цьому ясно, що необхідний рівень безпеки може бути досягнутий лише за умови, що всі індикатори знаходяться в допустимих межах і не перевищують порогових величин, а відповідні фактори енергобезпеки знаходяться в безпечному, стійкому стані і не піддаються деструктивним впливам.

1.2. Проблеми енергетики та економічної, енергетичної та екологічної безпеки в умовах погіршення екології та клімату, регресу глобалізації та трансформації глобальних міжнародних відносин

Глобалізація вплинула на всі сфери життя людей: на зростання технологій, на виробництво життєвих благ, на соціальний прогрес, на міжнародні відносини. В результаті за останні 30 років склалася глобальна економічна система, заснована на глибокому міжнародному поділі праці, на глобальній системі фінансів, у якій засобом взаєморозрахунків та резервною валютою, в основному, є долар США. При цьому міжнародний поділ праці в цій глобальній економіці, загалом, виглядає наступним чином:

1. ФРС США забезпечує емісію та облік обороту долара як світової валюти для глобальних взаєморозрахунків за енергоресурси (нафту і газ), а також для більшості інших взаєморозрахунків у мережі міжнародних та офшорних банків. Долари нічим не забезпечені, їхня економічна основа базується виключно на попиті, а їхня емісія є пропозицією у відповідь на попит у зв’язку з обов’язковою умовою для країн ОПЕК проводити розрахунки за нафту тільки в доларах. У зв’язку з вторгненням Росії в Україну і наступом світової енергетичної кризи, різко зріс попит на долари. Долар безпрецедентно зміцнився по відношенню до всіх світових валют, а євро пережив шокову девальвацію. За нашими оцінками, таке ситуаційне зростання попиту зробило долар в даний момент найбільш ліквідним товаром у світі і дозволить ФРС зробити без побоювання девальвації емісію в розмірі 1-1,5 трильйона доларів. Не важко бачити, що ФРС США є головним бенефіціаром від війни в Україні та світової енергетичної кризи.

2. США, ЄС, Японія, Тайвань та Південна Корея є базовими розробниками нових технологій та генераторами інновацій, які забезпечують науково-технічний прогрес, у тому числі у сфері видобутку енергоресурсів та нових енергетичних технологій. Це – дуже позитивний фактор, що підвищує економічну та енергетичну безпеку в Європі та в Україні.

3. Китай забезпечує основне товарне виробництво як світову фабрику з малими витратами, незначними податками та дешевою робочою силою; Тут слід зазначити, що Китай є головною загрозою для екології планетарного масштабу. Китай споживає величезну кількість вуглеводневого палива та викидає в атмосферу найзначнішу частину загальної сукупності діоксиду вуглецю та токсичних забруднень. Таким чином, Китай відволікає на себе значну частину енергетичних ресурсів і створює ризики для економічної та енергетичної безпеки Європи та України.

4. Україна, всі країни пострадянського простору та багато країн третього світу є постачальниками, переважно аграрної продукції, сировини, вуглеводнів, а також продукції першого переділу та товарів з низькою доданою вартістю. У зв’язку з цим вони споживають дуже багато енергії та сильно забруднюють атмосферу, створюючи загрози системі енергетичної безпеки для своїх та сусідніх країн.

5. Глобальні паливно-енергетичні ТНК, що займаються видобутком, розробкою та торгівлею паливними ресурсами по всьому світу, у зв’язку з податковими пільгами, дешевою та кваліфікованою робочою силою, а також з великою потребою Китаю та Індії в електроенергії на даний момент зосередили значну частину своїх активів у цих країнах. Зараз у зв’язку з подіями в Україні Росія перенаправила з Європи до Китаю та Індії свої основні паливні ресурси, що додатково посилює енергетичні проблеми, а також проблеми економічної та енергетичної безпеки в Європі та в Україні. Ці події змушують ЄС повертати частину свого виробництва до Китаю. З цього неважко зробити висновок, що основним, бенефіціаром війни в Україні є Китай.

Таким чином, у даний час всі основні глобальні процеси переживають період сильної турбулентності. Незважаючи на те, що ця система глобального поділу праці успішно проіснувала понад 10 років і досягла свого максимуму, вона увійшла до смуги системних криз. Процеси глобалізації різко сповільнилися і почався регрес із багатьох об’єктивних причин. Крім того, почали виявлятися явно негативні наслідки та серйозні проблеми. Перелічимо основні проблеми, пов’язані із глобалізацією.

1. За період з 2000 по 2010 рік дуже значний обсяг доданої вартості перемістився до таких країн, як Китай, В’єтнам, Бангладеш, Індія та Мексика, куди перемістилося виробництво готової продукції для ринків США та ЄС. Настільки глибокий ступінь світового поділу праці, призвела до сильного перерозподілу потоків енергоресурсів. Відповідно зріс попит на ресурси, а глобальні маршрути поставок розтягнулися на великі відстані, і логістика стала складною та дорогою, це призвело до подорожчання енергоносіїв та наклало негативний відбиток на всю світову систему енергобезпеки. В результаті Європа та Україна відчувають хронічну нестачу енергоресурсів.

2. Бурхливе зростання Інтернету призвело до прискорення глобальних платежів, що у свою чергу породило бум фінансових спекуляцій. Це спричинило відтік капіталів із реального сектора, що призвело до зниження інвестиційної активності в енергетичний сектор та серйозно уповільнило науково-технічний прогрес, необхідний для вирішення проблем енергетики на ВДЕ. Згідно з аналізом білоруського вченого, академіка П. Лемещенка у сучасній світовій економіці лише 2% із усіх транзакцій припадає на транзакції на реальну економіку, а решта 98% припадає на спекулятивні угоди [13].

Крім того, швидке, майже миттєве поширення негативної інформації, пов’язаної з незадоволеним попитом на ресурси, призводить до посилення позитивного та негативного зворотного зв’язку, що породжує паніку на сировинних біржах та різких стрибків цін. Це, у свою чергу, підриває стан економічної та енергетичної безпеки В ЄС та в Україні.

3. Глобальна валюта долар із центром неконтрольованої емісії у ФРС США постійно породжує глобальні економічні та фінансові проблеми, внаслідок масштабних спекуляцій та корупції, а найголовніше породжує регулярні глобальні кризи (1998, 2008, 2020). Кризи породжують спади в економіці, що призводить до проблем в енергетиці, перебоїв поставок сировини і створює загрози для енергетичної безпеки в усіх країнах.

4. Масштабна роботизація та автоматизація створює принципово нові можливості для автономного товарного виробництва, оскільки ціна роботів практично зрівнялася з ціною людської праці, це призвело до активізації процесів решорінгу та процесів регресу глобалізації. Ці процеси призведуть до чергового перерозподілу потоків енергоресурсів та створять нові проблеми для світової енергобезпеки. Тут важливо відзначити, що після початку енергетичної кризи в Європі процеси, пов’язані з планами Індустрії 4.0, призупинені і частина німецького виробництва знову повертається до Китаю. Це серйозно посилить споживання енергоресурсів у Китаї з відповідним зниженням економічної та енергетичної безпеки в Європі та Україні [14].

5. Глобалізація ініціювала дуже сильний розвиток міжнародного туризму та міжнародних контактів. Це призвело до регулярних і затяжних пандемій, які спричинили суттєвий спад світової економіки, і призвели до деякого спаду в енергетиці та відповідно до деякого зниження рівня енергетичної безпеки; дистрибутивна система генерації набагато менш чутлива до аналогічних катаклізмів.

6. Геополітичні потрясіння, пов’язані з пандемією та війною в Україні призвели до серйозних змін у забезпеченні енергоресурсами, викликали світову економічну кризу та створили серйозні проблеми для економічної та енергетичної безпеки в Європі та в Україні.

7. Після ведення санкцій проти Росії через її агресію, багато міжнародних економічних інститутів втратили легітимність. Принципи СОТ більше не дотримуються. Ці санкції кинули виклик основним принципам та цінностям глобалізації, включаючи цінність офшорінгу. А після того, як Мінфін США офіційно ввів санкції проти Банку Росії і фактично знерухомив усі активи ЦБ, номіновані в доларах, а також заморозив активи резервного фонду РФ у розмірі 300 млрд. доларів, віра в надійність вкладів у долари США була остаточно підірвана. Низка країн тепер воліє розраховуватися одна з одною в національних валютах, минаючи конвертацію в долари. В результаті процеси регресу глобалізації тільки посилилися, а локалізація виробництва та протекціонізм переживають період ренесансу (за винятком ЄС та Німеччини, де промисловість перебуває у кризовому становищі та почалися процеси повернення виробництв до Китаю) [15].

8. У світі швидко наростають проблеми, пов’язані з тим, що населення Землі найшвидше росте в зонах із найбільшим забрудненням повітря, у зонах з відсутністю родючих земель та у зонах із проблемами забезпечення чистою водою. Це створює підвищену потребу в продуктах харчування та в енергоресурсах з усіма наслідками для енергетичної безпеки [16].

Зараз можна констатувати, що глобалізація, незважаючи на початковий бурхливий прогрес у галузі зростання світового ВВП та зростання добробуту, зрештою породила безліч нових проблем, які призвели до серйозної корекції всіх міжнародних економічних відносин. Глобалізація не принесла очікуваних результатів та очікуваних благ для всіх. Вона не змогла забезпечити значного вирівнювання рівнів життя між розвиненими країнами та країнами, що розвиваються. У цьому науково- технічний прогрес, інтенсивна автоматизація і роботизація зробили світовий розподіл праці не оптимальним. Тому після 2010 року глобальна система поділу праці стала помітно трансформуватись. Процеси решорінгу стали набувати масового характеру, а економіки стали менш відкритими і протекціоністськими. Роботизація, автоматизація, системи Штучного Інтелекту, Інтернет речей, адитивне виробництво та інші досягнення швидко та радикально змінюють характер масового виробництва, роблячи його дедалі більш демократичним та доступним для країн третього світу та систем малого бізнесу. Система світового поділу праці швидко трансформується і набуває нової якості. З’явилися інноваційні системи адитивного виробництва товарів та виробів. Причому термін «адитивне виробництво» (Additive Manufacturing) став реальним галузевим терміном у стандартах ASTM та ISO (термін «3D-друк» теж фактично став стандартом). У недалекій перспективі товари з високою доданою вартістю залишаться лише в кількох областях: у мікроелектроніці та автомобілебудуванні, а також у сфері засобів виробництва та верстатобудування. Ці процеси призведуть до чергового перерозподілу потоків енергоресурсів і, відповідно, відволікання певної частини від ЄС у бік Південно-Східної Азії, Індії та Африки. Це призведе до зниження енергозабезпечення та енергобезпеки Європи та України [17].

Оскільки основні енергоносії, нафта, мазут, газ та зріджений газ є біржовими товарами, вони мають високу волатильність цін. Світова економіка в цілому вже встигла пристосуватися до постійних коливань і всупереч загальним очікуванням, значне і стійке зростання цін на енергоносії, що відбулося за останні два з половиною роки, не викликало суттєвих проблем для економік США, Китаю, ЄС та інших країн. Однак війна в Україні і наступні санкції проти Росії настільки серйозно вплинули на забезпечення Європи газом і нафтою, що викликало неадекватне зростання біржових цін на енергоносії. Це створило серйозні економічні проблеми у Європі. Остаточно справу посилили вибухи газопроводів Північного потоку. Внаслідок цього світова система економічного глобального співробітництва (СОТ та інші міжнародні економічні інститути) опинилися під серйозним ударом.

Якщо розглянути рівень споживання енергії у пострадянських країнах, то з’ясовується, що незважаючи на відносно невисоку ринкову вартість продукції, найбільш енергоємними є сировинні галузі, та технології першого переділу – металургія, добрива, виробництво цементу, круглої деревини, сільськогосподарська продукція тощо. ж виробництва якраз і дають основну частку викидів діоксиду вуглецю та інших парникових газів. Особливо цим відрізняються кольорова металургія, паливна промисловість та електроенергетика, по суті, є єдиним комплексом. У той же час товари з так званою високою доданою вартістю такі як машинобудування, фармацевтика, автомобілебудування, електроніка, і виробництво товарів побутового споживання є істотно менш енергоємними і дають менше викидів. Для того, щоб отримати сировину або продукцію першого переділу на 1 тис. доларів, потрібно витратити на їх виробництво приблизно 1 тонну нафтового енергетичного еквівалента. У той же час, використовуючи лише 1 тонну нафтового еквівалента, можна отримати товарів з високою доданою вартістю на 15 тис. доларів. Саме на цій системі нееквівалентного ціноутворення та побудовано всю сучасну систему прихованого сировинного неоколоніалізму. Подібна нерівномірність розвитку створює напруженість та нестабільність у сировинних країнах, що призводить до неминучого зриву постачання енергоносіїв і таким чином підриває енергобезпеку в ЄС та Україні. Як було зазначено вище, до визначення енергетичної безпеки входять екологічні, технічні та ресурсні складові. Проблеми енергетики значною мірою пов’язані саме з проблемами технічної та паливної забезпеченості, а також із проблемами серйозної екологічної обмеженості. Від стану цих трьох складових залежить і загальна економічна безпека. При цьому ресурсна проблема стала актуальною у зв’язку з явним недоліком електроенергії на обслуговування всіх потреб людства. За останні 50 років виникло фундаментальне та практично нерозв’язне протиріччя між зростанням населення Землі, зростанням рівня життя та явним недоліком енергетичних та екологічних ресурсів для їх повного забезпечення. Експерт Peak Oil Майкл Руперт оцінив, що на кожну кілокалорію продуктів харчування, вироблених у промисловому світі, 10 кілокалорій енергії нафти та газу витрачаються на добрива, пестициди, упаковку, транспортування та експлуатацію сільськогосподарського обладнання [18]. Ця суперечність вже не може бути вирішена в рамках ліберальної ринкової системи, що склалася, яка заснована на попиті, пропозиції та конкуренції. Ця несумісність пояснюється тим, що ситуація в біосфері, вичерпання ресурсної бази, а також критичні кліматичні проблеми потребують ретельного довгострокового державного планування та обліку витрат ресурсів, складання, відповідних балансів та чіткого контролю, а це категорично не сумісне з принципами ринкової економіки. За словами всесвітньо відомого вченого, американського соціолога та економіста, основоположника наукового напряму світ-системного аналізу Іммануїла Валлерстайна: «Сучасна система вступає в критичну фазу, капіталістична система перебуває в кризі, яка призведе до появи чогось іншого» [19].

Сучасна ринкова економіка використовує три фундаментальні види ресурсів: матеріали, енергію та інформацію. Вони тісно між собою пов’язані і що неспроможні існувати друг без друга. Причому перші два види ресурсів – матеріали та енергія мають явні природні обмеження через неминуче їхнє вичерпання, а також через їх вплив на навколишнє середовище. У зв’язку з цим виникають проблеми сталого розвитку. У цій скрутній ситуації особливого значення набуває інформаційний ресурс, який у принципі не має обмежень. Він має величезні можливості щодо аналізу проблем за допомогою агентного моделювання на базі суперкомп’ютерів, яке дозволяє надійно прогнозувати реальний хід розвитку подій і заздалегідь усувати будь-які можливі критичні проблеми в галузі економіки енергетики та енергобезпеки.

Як відомо, промисловість, а також системи життєзабезпечення є головним споживачами матеріальних ресурсів та енергії та породжують усі відомі проблеми. Тому інформаційний ресурс як невичерпний резерв людства дозволяє сподіватися на розвиток принципово нових технологічних досягнень, які дозволять вирішити всі проблеми, що накопичилися, і повністю перейти на замкнутий цикл споживання матеріалів із залученням інновацій і нанотехнологій (аж до молекулярного та атомарного рівня) та 3D-друку. Крім того, надзвичайно важливим та невідкладним технологічним завданням є підвищення ефективності використання викопних ресурсів та перехід на ВІЕ. Особливо це важливо в умовах постійного зростання населення та економіки, що постійно вимагає дедалі більшої кількості дешевої та якісної енергії, причому з урахуванням строгих екологічних обмежень щодо вуглекислого газу. Проблема в тому, що вуглекислий газ міститься у всіх частинах планети – в атмосфері, у воді світового океану, у земній корі та біосфері. В основному, всі вуглецеві обміни між цими середовищами відбуваються рахунок окислення вуглецю з отриманням двоокису вуглецю. У 2015 році в атмосфері містилося приблизно 830 мільярдів тон вуглецю у формі двоокису вуглецю. Крім того, величезні кількості вуглецю зберігаються в районах тундри та вічної мерзлоти, а також в арктичних та полярних антарктичних регіонах, у хвойних лісах та на болотах. Тому потепління клімату може спричинити ланцюгову реакцію парникового ефекту. Це тим більше небезпечно, у зв’язку з тим, що техногенні та негативні природні процеси теж акумулюються і розвиваються в найзагрозливіших і найнепередбачуваніших напрямках. У цьому полягає основне протиріччя між необхідністю розвитку та стелею ресурсних та кліматичних обмежень при цьому рівні енергетичної безпеки. Проблема посилюється ще й тим, що в міру ускладнення технологій та глобальної системи кооперації, у міру використання все більших обсягів ресурсів та споживаної енергії зростають системні ризики планетарного масштабу. Це накладає обмеження, які не дозволяють швидко перейти до оптимальних варіантів розвитку, оскільки завжди існує загроза запізнитися з превентивними заходами щодо купірування розвитку ланцюгової реакції незворотних кризових наслідків.

Для вирішення цього завдання розроблено європейську доктрину сталого розвитку економіки в постіндустріальному мережевому суспільстві. Вона заснована на раціональному регулюванні та збалансованому підході, на знаннях та інноваціях [20]. У той же час ліберальна ринкова доктрина не передбачає втручання в економіку, вона націлена на перемогу в конкурентній боротьбі, а в основі економічних відносин передбачає не планування та баланс, а виключно фінансові ринкові інструменти управління потоками матеріалів та енергії з метою отримання максимального прибутку. У цих умовах, коли капіталізм уперся у стелю межі розширеного відтворення, а глобалізація досягла свого піку, і вже почалися процеси деглобалізації і решорінгу, потрібен серйозніший і відповідальний плановий підхід до економічного розвитку. Таким чином, світ стоїть на порозі глибоких соціальних змін, і ідеологи західного світу намагаються врятувати капіталізм шляхом реформування. Вже оприлюднено й нові концепції: посткапіталізм та інклюзивний капіталізм.

На підставі вищесказаного, приходимо до висновку, що одним із найважливіших варіантів стабільного прогресу є підвищення промислової енергоефективності, а також розвиток енергозберігаючих технологій, які різко знижують споживання енергоресурсів.

1.3. Проблеми економічної та енергетичної безпеки і методи їх вирішення в Європейському Союзі шляхом дистрибутивної енергетики на базі відновлюваних джерел енергії (ВДЕ)

Складність питання енергетики, системи енергобезпеки, їх розвиток та проблеми особливо показові на прикладі Європейського Союзу, який активно розвивався, будував плани розвитку Індустрії 4.0, будував та успішно здійснював плани щодо ефективного захисту екологічного середовища, вживав превентивних заходів щодо зміцнення безпеки та розвитку зеленої енергетики [21]. Проте нещодавні форс-мажорні події все різко змінили. В даний час у Європейському союзі виникла дилема складного вибору між розвитком принципово нових відновлюваних видів енергії та традиційних енергосистем на традиційних енергоносіях. Які, до речі, різко зросли в ціні настільки, що стали рентабельними постачання зрідженого сланцевого газу зі США. Як було зазначено, бурхливе зростання глобалізації призвело до небувалому економічного зростання економіки в усьому світі. Особливо зростання було помітне у Європейському Союзі. Промисловість та економіка ЄС інтенсивно розвивалися і при цьому безпрецедентно зросли витрати на соціальні потреби – на охорону здоров’я, на пенсії, на допомогу багатодітним сім’ям, на програми з будівництва соціального житла, на допомогу з безробіття та непрацездатності та створення робочих місць тощо. Зростання витрат на соціальні програми у відсотковому відношенні від розміру ВВП склало від 22% – у Нідерландах, і до 32% – у Франції [22].

Це призвело до підвищених витрат енергії, що, своєю чергою, призвело до значного зростання виробництва енергії. Причому споживання енергії сильно випереджало зростання ВВП. Після того, як Європейський Союз поповнився країнами східної Європи, розширилися ринки і відповідно зросло виробництво та споживання матеріальних благ, а отже, зросло споживання електроенергії, нафтопродуктів та газу. Значну частину енергоносіїв у ЄС традиційно постачала Росія. Росія була великим (п’ятим за величиною) торговим партнером ЄС із загального експорту, і третім за величиною імпорту енергоносіїв та іншої продукції. Внаслідок цього ЄС критично залежав від російських вуглеводнів. Однак дешевизна енергоносіїв, що поставляються Росією, сприяла зростанню економіки і, таким чином, зміцнювала залежність від Росії. У 2021 році дві п’яті всього споживаного газу та понад чверть імпортованої сирої нафти надходило з Росії, яка була найбільшим постачальником викопного палива до Європейського Союзу. При цьому керівництво Європи завжди розуміло, що сильна залежність від одного постачальника загрожує ризиками та небезпечними наслідками. У зв’язку з чим ЄС постійно прагнув скоротити постачання носіїв із Росії, щоб зменшити енергетичну залежність від цього потенційно ненадійного партнера. Тому обсяг імпорту із Росії скорочувався з кожним роком. Так, наприклад, імпорт вуглеводнів з Росії у 2021 році становив лише 108 мільярдів доларів, що було суттєво менше порівняно зі 173 мільярдами доларів у 2012 році [23].

Після введення обмежень на імпорт енергоносіїв із Росії постачання газу різко скоротилося. У 2022 році на енергетичних ринках ЄС спостерігалася турбулентність та волатильність цін та різке зниження енергетичної безпеки по всьому Євросоюзу. Це викликало надзвичайну ситуацію з енергоресурсами та швидко призвело до масштабної економічної та соціальної кризи. ЄС зазнає значних збитків. Лише одна компанія Uniper втратила близько 40 млрд євро. Тепер ця найбільша комунальна компанія Німеччини та Європейського Союзу виборює своє виживання [24].

З усіх країн ЄС найменше постраждала Франція, яка має високорозвинену атомну промисловість та велику мережу АЕС – 56 робочих атомних реакторів сумарною потужністю 61,4 ГВт. Головна перевага АЕС – повна незалежність від постачання вуглеводнів і дуже невеликі обсяги використовуваного ядерного палива в тепловиділяючих елементах (ТВЕЛ). Сумарно атомна енергетика Франції виробляє понад 70% всієї електроенергії країни. За кількістю енергії АЕС Франція посідає друге місце у світі, а за часткою атомної енергетики – перше місце у світі. Франція є найбільшим експортером електроенергії у світі і веде активні дослідження в цій галузі, має сучасні технології з виробництва та утилізації палива. Однак незважаючи на відносну забезпеченість енергією державний та приватний сектори відчувають великий дефіцит та намагаються адаптуватися до нових умов – масово закриваються розважальні центри, басейни, ковзанки, спортивні зали, гірськолижні курорти та ін. За даними Європейської енергетичної біржі, ціни на електроенергію у Франції на рік вперед зросли на 25% до 1130 євро за мегават-годину, вперше ціна на французьку енергію перевищила 1000 євро. Франція готова ввести в зимовий період нормування споживання енергії, Зростання цін на енергоносії лягло важким тягарем на бюджети багатьох муніципалітетів. За даними APVF, витрати на електроенергію у деяких муніципалітетах підскочили на 50%. В результаті під загрозою закриття, опинилися міські заклади та служби – бібліотеки, школи, музеї та спортивні зали. Сенат Франції навіть заявив, що зростання цін на енергоносії може поставити під загрозу основні державні послуги та може змусити спільноти відмовитись від своїх інвестицій у перехід на зелену енергетику. Високі ціни на газ та енергію різко збільшують експлуатаційні витрати як державних, так і приватних підприємств та домогосподарств, більше того, вони можуть призвести до збільшення місцевих податків, що вплине на купівельну спроможність домогосподарств. Як заходи економії всі мерії знижують температуру в громадських будівлях, закривають розважальні центри та зменшують нічне міське освітлення. Вживаються заходи щодо скорочення на 10% споживання на побутовому, державному та промисловому рівні. Прогнозується зростання безробіття та скорочення рівня виробництва, а також значна інфляція та стрімке зростання цін. В енергоємних галузях відбувається серйозне скорочення виробництва – алюмінію, чорних металів, скла, добрив, видобутку сировини та ін. Але найважчий період для Франції очікується взимку 2023 [25].

Слід зазначити, що ця форс-мажорна ситуація в Європі має свою довгу передісторію і глибші причини, ніж криза санкцій. Справа в тому, що в Європі вже давно виникла серйозна суперечність між значним ВВП, рекордно високим рівнем добробуту громадян та недостатнім ресурсним забезпеченням, яке не давало можливості гарантувати відповідний ступінь енергетичної безпеки. У зв’язку з таким розвитком подій проблеми енергетичної безпеки стали надзвичайно актуальною темою в ЄС. З’явилося безліч наукових та практичних публікацій, які аналізують цей безпрецедентний ексцес з погляду можливої мінімізації наслідків та виключення подібних випадків у майбутньому. Однак ще задовго до цих кризових подій у ЄС розуміли важливість модернізації енергетики, у зв’язку з тим, що швидке промислове зростання в регіонах спричинило зростання споживання енергії та негативних екологічних наслідків. Для вирішення комплексу всіх цих проблем у Євросоюзі було вжито рішучих заходів – створено спеціальні фонди, банки, а також різноманітні фінансові інструменти для ефективної підтримки екології та програм розвитку DG. Їх завданням було залучати та стимулювати місцеві громади та бізнес до захисту та покращення навколишнього середовища за допомогою прискореної модернізації та впровадження локальної енергетики. Поряд із цим було здійснено низку фінансових заходів щодо інвестицій в інноваційні дослідження енергетики з використання ВДЕ, а також у підготовку кадрів. Використовувалися й інші фінансові інструменти ЄС – випуск облігацій та позик під гарантії фондів, банків тощо. Були розроблені та започатковані різні фінансові інститути, які мали забезпечити розвиток дистрибутивної генерації в регіонах. Паралельно розроблялися закони та норми, що підвищують відповідальність за шкоду, завдану навколишньому середовищу. Постійна турбота про екологію це не просто європейська мода, це була серйозна проблема, внаслідок високої концентрації промисловості, теплоелектростанцій, підприємств з переробки сміття, а також високої щільності населення. За останні 50 років було досягнуто вражаючих результатів, але Європа продовжує генерувати нові ідеї та будувати плани розвитку. Наприклад, до 2040 року планується припинити використання ДВС автомобілів і перейти на електромобілі. Париж вирішив вже до 2024 повністю відмовитися від дизельних моторів, а до 2030 і від бензинових автомобілів. Нідерланди заявили, що з 2030 року в країні будуть дозволені автомобілі лише з нульовим рівнем викидів. Великобританія також планує заборонити продаж бензинових та дизельних автомобілів з 2040 року. У Євросоюзі приділяється увага використанню відновлюваних джерел енергії (ВДЕ) для електропостачання, опалення, охолодження та транспорту. Було прийнято спеціальний закон ЄС з клімату та енергетики (Пакет 20/20/20), відповідно до якого, до 2024 року виробництво ВДЕ буде доведено до 20%. а також на 21% підвищено енергоефективність ЄС. Реалізація цього плану дозволить знизити споживання викопного палива, що імпортується, на 200-300 млн. тонн на рік. Однак це вимагатиме додатково 13-18 млрд. євро щорічних додаткових інвестицій. Ці заходи повинні були дати великий імпульс високотехнологічним галузям і створити нові робочі місця в ЄС. Згідно з дослідженнями Єврокомісії, ВДЕ вже забезпечує зростання ВВП на 58 млрд євро, а в галузі вже працює близько 1,4 млн осіб. За оцінками комісії, до 2020 року було забезпечено 2,8 млн. нових робочих місць та зростання ВВП ЄС на 1,1%. З 2021 року всі будівлі, що будуються, повинні мати «нульове енергоспоживання», тобто повинні виробляти самостійно всю електроенергію, необхідну для власного використання. При цьому всі держустанови з 2019 року мали розташовуватися в будинках з «нульовим енергоспоживанням». У зв’язку з цим планом, Європейська комісія оголосила про зняття всіх мит на сонячні панелі та фотоелементи, що імпортуються з Китаю, Тайваню та Малайзії. У зв’язку з припиненням постачання газу ЄС планує прискорити впровадження відновлюваних джерел енергії, щоб досягти не лише більшої енергетичної незалежності, а й серйозно скоротити викиди. На енергетичний сектор припадає основна частина (понад 75%) викидів парникових газів до ЄС. Це є ключовим напрямом для досягнення скорочення викидів парникових газів як мінімум на 55% (порівняно з 1990 роком) до 2030 року. Таким чином, Європа планує до 2050 року стати кліматично нейтральним континентом. Директива ЄС з ВІЕ встановила обов’язковий цільовий показник для ЄС на 2030 рік у розмірі не менше ніж 32% з можливим переглядом у бік збільшення до 2023 року. А у зв’язку з подіями в Україні Комісія ЄС скоригувала кліматичні цілі Європи на період до 2030 року на збільшення поточного цільового показника принаймні до 40% ВДЕ у загальному енергобалансі ЄС [26].

Поряд із вищевикладеними практичними досягненнями в Євросоюзі, слід зазначити, що стан теорії енергетичної безпеки залишається вкрай незадовільним. З метою оцінки автор ознайомився з досить великим обсягом публікацій та наукових праць з цієї теми і дійшов висновку, що багато важливих теоретичних проблем так і не було вирішено, а реальне наукове знання в галузі енергобезпеки не має всієї необхідної повноти, однозначності та несуперечності. Накопичені знання у цій галузі не відповідають складності проблеми. У процесі дослідження з великої множини другорядних проблем було виділено головні проблеми, які є загальними і тому характерні для будь-якої країни. Ці проблеми можна розділити на кілька груп:

- оціночні проблеми, пов’язані з оцінками ключових ризиків та з прогнозуванням загроз для енергобезпеки; для даного класу проблем характерні неповнота та неоднозначність даних; ці складні проблеми, що характеризуються тим, що вони відносяться до класу неформалізованих об’єктів, що мають ряд дуже специфічних особливостей, таких як неоднозначність, суперечливість та неповнота вихідних даних; крім того, для знань у цій галузі в силу їхньої міждисциплінарності також характерна неповнота, неоднозначність і суперечливість, а іноді й хибність; цей набір особливостей породжує велику варіативність і ненадійність можливих рішень з необхідною точністю, причому ця проблема не піддається формалізації; формальними методами можна вирішити лише окремі фрагменти, такі як індекси, фактори та деякі аспекти економетрики;

- довгострокові проблеми, які потребують стратегічного підходу, а отже – оцінки та обліку величезної кількості найчастіше суперечливих неоднозначних та неповних даних, що призводить до великої варіативності можливих рішень, а також до неможливості знайти рішення формальними методами;

- ситуативні короткострокові проблеми, які потребують невідкладних заходів та оперативних рішень щодо забезпечення енергоносіями в умовах дефіциту постачальників чи проблем з логістикою;

- політичні проблеми, які мають надзвичайно серйозний вплив на енергетичну безпеку, внаслідок високої ймовірності конфліктних ситуацій – санкцій, ембарго, або військових дій, що призводять до порушень енергопостачання та до знищення енергетичної інфраструктури чи електростанцій, що призводять до порушення системи енергетичної безпеки; тому дуже важливою проблемою зовнішньої та внутрішньої політики є створення добросусідської атмосфери, а також створення регіональних енергетичних спілок та альянсів;

- економічні проблеми, пов’язані створенням сприятливого середовища, що стимулює розвиток енергетичного сектора, з ефективною кредитною політикою та розвиненою системою підтримки інвестування в енергетику та програми енергозбереження;

- соціальні проблеми пов’язані з нестачею електроенергії для забезпечення всіх потреб народонаселення, а також проблеми, пов’язані з припиненням подачі енергії у великі міста, що може спричинити соціальні катастрофи;

- юридичні та законодавчі проблеми, які перешкоджають розвитку енергетичного сектору, недостатньо обмежують монополії та засилля паливно-енергетичних ТНК, а також не створюють сприятливий податковий клімат;

- інституційні проблеми, пов’язані з відсутністю потрібних чи ефективних інституцій в енергетичному секторі, які здатні розробляти довгострокову політику енергетичної безпеки, а також стратегії енергозбереження та здійснювати суворий нагляд за дотриманням законів, галузевих норм та вимог; проблеми відсутності реально ефективних антимонопольних інститутів та надійної судової системи;

- ресурсні проблеми, пов’язані з принциповою обмеженістю природних ресурсів та їх нерівномірним розподілом між країнами;

- логістичні проблеми, пов’язані з доставкою ресурсів у воєнний час; проблема диверсій та тероризму; приклад: підірвані два магістральні трубопроводи – «Північний потік-1» та «Північний потік-2»;

- екологічні проблеми, пов’язані зі зміною клімату; за даними ООН парникові гази продовжують накопичуватися в атмосфері, встановлено новий рекорд рівня концентрації трьох газів (двоокису вуглецю, метану та закису азоту); це неминуче призведе до подальшого нагрівання планети внаслідок чого майбутні покоління страждатимуть від аномальної спеки, затяжних посух, повеней, ураганів, смерчів, опромінення та інших небезпечних наслідків зміни клімату [27];

- недостатність науково-технічного прогресу для радикального вирішення технічних проблем щодо створення більш ефективної енергетики, енергозберігаючих технологій, ефективних та дешевих систем генерації відновлюваної енергетики та ін.

Технічні проблеми настільки численні та складні, що потребують окремого опису. Перерахуємо ключові технічні проблеми в галузі енергобезпеки:

- відносно низький ККД парових турбін;

- вразливість енергетичної інфраструктури для воєнних дій, терактів та кібератак;

- протяжні ЛЕП, що створюють великі транспортні втрати енергії; що використовують дорогі кольорові метали – алюміній у проводах та мідь у трансформаторах; вимагають дорогих металевих опор;

- дорогі централізовані великі електростанції, які укомплектовані величезними надскладними паровими турбінами та допоміжним обладнанням;

- висока неконкурентна ціна, велика вага і габарити двигунів Стірлінга, що перешкоджають їх застосуванню в дистрибутивних системах;

- висока вартість сонячних батарей, що обмежує їх широке застосування в дистрибутивних мережах, екологічно брудне виробництво та складність їхньої утилізації [28];

- висока вартість вітрогенераторів, що обмежує їхнє широке застосування в дистрибутивних мережах; створюють шкідливі інфразвуки, складні експлуатації, складна утилізація;

- висока вартість паливних елементів, що обмежує широке застосування в дистрибутивних мережах;

- проблеми накопичення та зберігання енергії, що створюють труднощі для побудови ефективної дистрибутивної мережі;

- проблеми диверсифікації поставок, пов’язані з обмеженою кількістю країн постачальників та виснаженням копалин;

- проблема енергетичного суверенітету як інтегральний показник всіх вищезазначених проблем.

Водночас, як зазначалося вище, енергетична політика ЄС активно спрямована на всебічний розвиток інноваційних технологій ВДЕ у системі дистрибутивної генерації (DG) у всіх державах Євросоюзу. У цьому контексті очікується, що технологія дистрибутивної генерації (DG) використовує ВІЕ, а також установки когенерації (Міні-ТЕЦ) відіграватимуть все більш важливу роль у всій Європі [29].

Тут доречно коротко описати систему дистрибутивної генерації. Вона, по суті, є варіантом децентралізованої гібридної енергетики, яка забезпечує виробництво та зберігання електроенергії системою з багатьох міні електростанцій різних видів – сонячних, вітрових, міні гідроелектростанцій, а також когенераційних установок на базі двигунів Стірлінга (Міні-ТЕЦ). Ці приватні локальні енергетичні установки підключаються до спільної мережі, яку також працюють всі традиційні ТЕС, ТЕЦ, ГЕС і АЕС. Суть такої системи полягає в тому, що ці міні-електростанції, як правило, працюють на відновлюваних джерелах енергії та, крім того, вони розташовані поряд із навантаженням. Зазвичай вони мають потужність у межах від 20 кВт до 10-20 МВт. Кожна з таких міні-електростанцій зазвичай має накопичувач енергії, що додатково підвищує надійність всієї мережі. Тут слід зазначити, що створення більш дешевих, більш ємних та надійних накопичувачів енергії є однією з надзвичайно важливих проблем технологічного розвитку дистрибутивної генерації. Таким чином, з різноманітних елементів генерації створюється гібридна мережа дуже високої надійності та економічності. Надійність такої мережі гарантується за рахунок масовості автономних елементів генерації, кількість яких може сягати кількох мільйонів. А висока економічність генерації забезпечується за рахунок того, що Міні-ТЕЦ на базі двигунів Стірлінга мають більш високу ККД, ніж традиційні ТЕЦ та ТЕС, крім того, Міні-ТЕЦ розташовані поряд з об’єктом споживання енергії, що унеможливлює втрати в лініях передачі та усуває значні транспортні витрати на доставку електроенергії, а також суттєво знижує витрати на обслуговування. До того ж, серйозно розвантажуються загальні мережі та витрати на їхнє обслуговування. Важливо відзначити, що для всебічної оцінки заходів щодо підвищення енергобезпеки слід також враховувати всі масштабні міжнародні суб’єкти, що діють на глобальному рівні. З них можна виділити шість ключових суб’єктів, які мають визначальний вплив на стан міжнародної енергетичної безпеки:

- промислово розвинені країни світу, об’єднані у Міжнародне Енергетичне Агентство (МЕА) – основні споживачі енергоресурсів та постачальники енергетичного обладнання та інноваційних технологій;

- країни-члени ОПЕК – ключові світові постачальники нафти;

- основні транснаціональні енергетичні корпорації (BP, Total, Equinor, Shell, OMV, Eni, Enel, Fortum, Uniper) – головні оператори на ринку енергоресурсів та технології розробок родовищ;

- Китай, як всесвітня виробник товарів; споживає значну частину енергії та найбільший емітент брудних викидів в атмосферу;

- США як власник ФРС та світової резервної валюти долара, що використовується для взаєморозрахунків за енергоресурси, США також великий споживач енергоресурсів та постачальник інноваційного енергетичного обладнання та технологій; найбільший емітент викидів у повітря;

- Росія, як великий постачальник енергоресурсів та сировини, а також постачальник атомних технологій, обладнання для АЕС, збагаченого урану та тепловиділяючих елементів (ТВЕЛ); великий емітент брудних викидів у повітря.

Усі вони зацікавлені у підтримці стабільності на ринках нафти та газу та у відсутності серйозних потрясінь, пов’язаних з порушенням поставок нафти та газу та значними стрибками рівня цін, незважаючи на крайню відмінність інтересів, проте, як показала практика, можливі несподівані ексцеси. Наочною є криза, пов’язана з Росією, яка запустила «ефект доміно» в системі глобальної безпеки і продемонструвала важливість превентивних заходів з енергетичної безпеки [30].

Тому довгострокова стратегія має передбачати систему швидкого реагування на спонтанні зовнішні деструктивні акти.

Загрози та виклики, пов’язані з постачанням енергоносіїв, для чого на наш погляд рекомендується:

- створити стратегічні запаси нафти та систему газосховищ;

- створити оптимальну мережу диверсифікації постачання в рамках усієї світової спільноти;

- стати учасником у Міжнародному енергетичному агентстві або регіональних економічних альянсах (ЄС, НАФТА, АСЕАН, АТЕС тощо). Такі міжнародні організації цілком забезпечують оперативну кооперацію у сфері енергетичної безпеки;

- купити пакет акцій великої паливно-енергетичної ТНК, які можуть забезпечити право голосу та приймати відповідальні оперативні рішення, пов’язані з безпекою постачання палива та технологій;

На закінчення розділу слід підкреслити важливий досвід Євросоюзу в організації системи фінансування інновацій, планування розвитку передової енергетики та вжиття відповідних організаційних та законодавчих заходів. Досвід ЄС показав, що реалізація державної енергетичної безпекової політики неможлива без належної фінансової, правової та законодавчої підтримки, без створення відповідних ефективних інститутів для інвестування інновацій та для регулювання відносин між суб’єктами ринку, а також для правового та нормативного контролю за їх діяльністю.

Висновки до першого розділу

На підставі аналізу теоретичної літератури та вищевикладених фактів автор дійшов таких висновків

- теорії економічної безпеки та енергетичної безпеки можна віднести до мультидисциплінарних наук, зважаючи на те, що до їх складу входять знання з багатьох інших наук; теорії знаходяться в стадії розвитку і не відрізняються повнотою і несуперечливістю, вони не дозволяють робити надійні прогнози, але мають досить розвинений інструментарій – індикативний та факторний аналіз, що дозволяє з певною ймовірністю оцінювати рівень безпеки та можливих ризиків;

- у зв’язку з тим, що глобалізація перебуває у стадії рецесії або навіть регресу (вихід Великобританії з ЄС, процеси решорінгу, криза СОТ, локалізація виробництва та політика протекціонізм), а також у зв’язку з агресією Росії проти України, загострилися міжнародні відносини, що негативно впливає на постачання енергоносіїв та призводить до неадекватного зростання їх цін; як результат – різке зниження рівнів економічної та енергетичної безпеки;

- внаслідок припинення поставок з Росії енергоносіїв до ЄС відбулося зростання цін на газ та нафту, що підірвало енергобезпеку Європи; у цих виняткових обставинах ЄС успішно справляється з проблемами енергетичного сектору, вже помітний деякий прогрес як у короткостроковій перспективі, так і у вирішенні довгострокових проблем таких як диверсифікація постачань та перехід на невуглецеву енергетику на ВДЕ, всі країни Євросоюзу збільшують інвестиції в енергоефективність та в енергоефективність , а також збільшують обсяги інвестицій у відновлювану енергетику за винятком Франції; у деяких країнах ЄС навпаки тимчасово збільшили використання дешевих та брудних технологій, таких як вугільні та мазутні електростанції.

РОЗДІЛ 2. АНАЛІЗ ВПЛИВУ ПРИНЦИПУ ПОБУДОВИ ТА СТАНУ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ СИСТЕМИ НА ЕНЕРГЕТИЧНУ ТА ЕКОНОМІЧНУ БЕЗПЕКУ УКРАЇНИ

2.1. Аналіз стану енергетики та економіки України в контексті проблем енергетичної безпеки та відповідних державних законодавчих мір в період військових дій

Війна на території України змінила позитивні тенденції розвитку та створила критичні проблеми для економіки та енергетики країни. У країні створилися надзвичайні умови, особливо у галузі енергетики. Однак, при цьому, виявився корисним досвід роботи енергетики у надзвичайних ситуаціях, який вже був накопичений на Донбасі в період з 2014 року до початку повномасштабних військових дій. Це особливо важливо нині в умовах поточного осінньо-зимового опалювального періоду, коли потрібно швидко та оперативно справлятися з проблемами забезпечення теплом та електрикою. Тому особливо важливим елементом енергетичної безпеки на даний момент є оперативна робота з безперервного відновлення працездатності всіх енергетичних інфраструктурних об’єктів у надзвичайних умовах воєнних дій, внаслідок яких в енергетиці постійно виникають нові види загроз. Наприклад, захоплення Запорізької АЕС та нанесення численних ракетних ударів по життєво важливій інфраструктурі енергетичних та газових мереж. В результаті було виведено з ладу значну частину енергосистеми (до 33%). Іншою обставиною, що ускладнює роботу енергетики – реакція ринку на умови. У зв’язку з цими проблемами, енергетика працює у надзвичайно напруженому та складному режимі. Крім того, Україна, як і Європа, переживає паливну кризу. У таких умовах важко провести без опалювального сезону, оскільки існує ймовірність припинення подачі енергії або тепла під час морозів. Це потенційно може призвести до заморожування централізованих систем опалення у містах України. У 2006 році сталася подібна системна аварія в Алчевську, коли після відключення електрики зупинилися котельні насоси і протягом години вода в системі опалення встигла замерзнути, і в місті виник надзвичайний стан. Цей досвід наголошує на важливості енергетичної безпеки для теплових систем та необхідності резервування джерел енергії в котельнях. У системах дистрибутивної генерації такі випадки виключені через багаторазове резервування системи енергетичного постачання.

Існує проблема безперервного відбору енергії від АЕС, які не можна зупиняти. Тому урядом було введено низку регуляторних змін, покликаних стабілізувати енергетику та вирішити критичні проблеми в умовах надзвичайного стану (у тому числі щодо вирішення експорту надлишків енергії – постанова № 775 від 07.07.2022 року). З літа 2022 року Україна почала продавати надлишки енергії до Румунії та Словаччини (250 МВт), а також до Польщі (210 МВт). У вересні Україна врятувала від експорту енергії 150 млн. доларів. Однак у жовтні постачання було припинено, оскільки виникла проблема дефіциту енергії, оскільки Запорізьку АЕС було призупинено. У лютому 2022 р. було прийнято важливий закон (закон № 2046-IX набрав чинності у червні 2022 р.) щодо зберігання енергії на ринку електричної енергії [31]. Цей закон має регулювати підприємницьку діяльність із зберігання енергії. Це – важливий крок створення широкої дистрибутивної енергетики, бо він надає системі додаткову гнучкість в аварійних ситуаціях. Системи зберігання електричної енергії – це принципово новий клас інноваційного обладнання, яке дає додаткові можливості розвитку дистрибутивної енергетики. Зберігання енергії дозволяє рознести у часі процеси генерації та споживання енергії, що забезпечує можливість безперебійного постачання у разі критичного падіння, зниження або повної відсутності напруги в електричній мережі [32].

У зв’язку з таким розвитком подій Верховна Рада України 29 липня 2022 р. ухвалила Закон «Про особливості регулювання відносин на ринку природного газу та у сфері теплопостачання під час дії військового стану та подальшого відновлення їх функціонування». (Законопроект №7427 від 01.06.2022), яким також врегульовано важливі зміни на ринку електричної енергії. Основні значущі зміни, передбачені законом, полягають у наступному. У зв’язку з особливо складною ситуацією в енергетиці виробникам енергії на поновлюваних джерелах енергії було надано право тимчасово виходити з групи «гарантованого покупця», що балансує. Крім того, таким виробникам, які не отримують спеціального стимулювання (наприклад, «зеленого» тарифу), надано право укласти зі споживачем договір про надання додаткової послуги із забезпечення стабільності ціни на електричну енергію (за цим договором виробник придбає у споживача послугу, якщо ціна на електричну енергію на ринку України перевищує якийсь верхній рівень встановленого сторонами показника, а споживач придбає у виробника послугу, якщо ціна на електричну енергію на ринку України нижча за нижній рівень відповідного показника) [33].

Ці інструменти стимулюють виробників сонячної енергії тимчасово працювати на ринкових засадах, без державної підтримки у вигляді зеленого тарифу. Крім того, уряд законодавчо та організаційно підтримав обіг біометану, для чого затвердив Порядок функціонування реєстру біометану (ухвала № 823 від 22.07.2022 р.), створюючи таким чином додаткову пропозицію цього енергоресурсу. Це заохочує інвестиції в альтернативну енергетику та у виробництво вітчизняного біогазу. Неважко бачити, що в Україні послідовно йде процес створення дистрибутивної енергетики, вона розвивається навіть у надзвичайних умовах війни, створюється відповідна законодавча база та відповідні умови. Усі ці розумні заходи сприяють енергетичній незалежності української економіки.

З вищесказаного, видно, що військові дії показали крайню вразливість системи традиційної енергетики. В результаті одного ракетного удару по електростанціях, лініях електропередач або підстанціям, подача енергії припиняється в цілі райони міста або навіть в регіони. Особливо це небезпечно взимку, коли електрика є критично необхідною для забезпечення роботи котельнь, лікарень та інших систем життєзабезпечення. А з іншого боку, вкрай позитивно зарекомендувала себе дистрибутивна енергетика, яка працює на відновлюваних джерелах енергії (переважно це – сонячна енергетика). У зв’язку з тим, що ціни на газ у 2022 році зросли, порівняно з 2021 роком, енергетика на ВДЕ в Україні і особливо в Євросоюзі стала майже рентабельною. Виявились усі переваги дистрибутивної енергетики:

- по-перше, вона не залежить від ненадійних закордонних поставок викопного палива, які дуже утруднені під час воєнних дій;

- по-друге, до такої системи включено тисячі автономних генераторів, які неможливо одночасно вивести з ладу;

- по-третє, у дистрибутивній генерації завжди передбачена система накопичення та зберігання енергії (на літієвих акумуляторах), що дозволяє підтримувати нормальні параметри загальної мережі навіть у разі системних аварій. Це забезпечує більшу надійність роботи такої енергосистеми і, відповідно, забезпечує найвищий рівень енергетичної безпеки.

Слідом за енергетикою дуже погіршилося й економічне становище в Україні. Воно корелює зі становищем в енергетичному секторі. Однак, незважаючи на дуже песимістичні очікування багатьох економістів, економіка не скоротилася вдвічі, а завдяки фінансовій підтримці Заходу продовжує працювати, хоч і на 30% гірше, але цілком стабільно. У перші два місяці війни економіка справді сильно скоротилася, майже на 50%, але після звільнення північних регіонів та Харківської області поступово вона вийшла з шоку та стабілізувалася. Зважаючи на те, що офіційна статистика після початку війни перестала публікувати дані, реальну ситуацію можна оцінити лише за непрямими показниками та такими індикаторами, як опитування бізнесу, та зовнішні оцінки роботи торгівлі та послуг, або роботи сфери громадського харчування, а також щодо інтенсивності перевезень, рівню інфляції та зростання цін на основні продукти харчування. На підставі таких оцінок більшість економістів схильні вважати, що в результаті обвалу економічної активності ВВП скоротився лише на 35-40% порівняно з минулим роком.

Однак це теж дуже поганий показник, якщо врахувати, що за часів Великої депресії в США теж було зниження економіки на 35-45%. Тим більше, становище в Україні сильно посилюється високими військовими витратами (майже половина бюджету). Внаслідок цього зростає зовнішній та внутрішній борг [34]. За підсумками другого кварталу було оприлюднено реальну величину спаду – на 37% порівняно з 2021 роком. Але є деякі позитивні ознаки на покращення ситуації у третьому та четвертому кварталі. Це значення спаду корелює із відсотком руйнування енергетики та інфраструктури та з тим, що близько 20% території України залишаються в зоні окупації. В Україні спостерігається щомісячний дефіцит бюджету близько 4-5 млрд доларів, пов’язаний з тим, що приблизно 50% поточних видатків йдуть на військові потреби. Доходи покривають трохи більше 60% бюджетних витрат. Є кілька причин. Внаслідок масових руйнувань інфраструктури, подорожчання палива, ускладнення логістики зросли витрати бізнесу. Така контпродуктивна обстановка посилює негативні фактори і спонукає бізнес уникати сплати податків і стимулює зростання тіньового сектора та корупцію. Це послаблює бюджет. Різко скоротився обсяг легальної ділової активності, впали доходи та прибутки компаній, впав обсяг перевезень та митні збори. Податки продовжують збиратися за рахунок ПДВ, доходів фізичних осіб, митних зборів та з прибутку підприємств, але у менших обсягах.

Дефіцит бюджету покривається за рахунок допомоги іноземних держав та міжнародних фондів, а також за рахунок розміщення державних облігацій на внутрішньому та зовнішньому ринку запозичень. Іноземна фінансова допомога здійснюється переважно у вигляді позик (і лише частина – у вигляді грантів). У зв’язку з цим зростає співвідношення боргу до ВВП і, згідно з оцінками експертів, до кінця року співвідношення збільшиться на 35% порівняно з минулим роком і може досягти 85%. Тому неминуча подальша девальвація гривні та зростання інфляції. Інфляція, за даними НБУ, становить близько 26,6%, проте, враховуючи зростання цін на споживчі товари, вона насправді як мінімум у півтора рази вища [35]. Крім того, заблоковано основні чорноморські маршрути як для експорту, так імпорту. Експортно-імпортні операції здійснюється лише наземним транспортом. Через складні логістичні проблеми зросли витрати бізнесу, розігналася інфляція, ослабла і девальвувалась гривня. В результаті піднялися споживчі ціни. Зростання цін могло бути і набагато більшим, але спрацювало кілька об’єктивних факторів:

- уряд заморозив тарифи на комунальні послуги та, спільно з Верховною радою, підготували мораторій на підвищення цін (тарифів) на ринку природного газу та у сфері теплопостачання (Законопроект № 7427):

- уряд заборонив експорт газу українського походження, зокрема газу з газосховищ;

- обвал внутрішнього попиту створив надмірну пропозицію товарів та послуг;

- блокада портів обмежила експорт зерна пшениці та соняшнику; в результаті надлишок пропозиції на внутрішньому ринку знизив ціни на зерно, олію, на комбікорми;

У той же час, незважаючи на те, що українська економіка перебуває у вкрай скрутному становищі, Національний банк працює добре і цілком справляється з проблемами курсу гривні. Після кризи 2015 року залишилися лише міцні, добре капіталізовані банки, тому вся банківська система, незважаючи на труднощі, функціонує чітко, платежі здійснюються без затримок. У цих непростих умовах МВФ продовжує кредитувати Україну та готує нову моніторингову програму щодо кредитів, а уряд України продовжує вести подальші переговори з МВФ, а також із дружніми країнами, плануючи запросити 38 мільярдів доларів допомоги на 2023 рік [36].

2.2. Аналіз еволюції енергетики України, ринку споживання електроенергії та її експорту за довоєнний період і аналіз впливу військових дій на енергетику та споживачів

Історія енергетики України бере свій початок з моменту спорудженням в Луганській області біля річки Міус першої української електростанції – Штерівської ГРЕС в 1926 році. Україна інтенсивно розвивалася, швидко зростала індустрія, відповідно зростала і енергетика, займаючи все більш важливе місце в економіці України. Основою генерації енергії були гідроелектростанції (ГЕС), теплові електростанції (ТЕС), а також теплоелектроцентралі (ТЕЦ). Відмінною особливістю ТЕЦ було те, що крім вироблення електроенергії вони виробляли також і гарячу воду для системи централізованого опалення, використовуючи принцип когенерації. Це дозволяло утилізувати непридатне тепло, отримане при виробництві електроенергії і істотно підняти енергоефективність – коефіцієнт використання тепла палива збільшувався з 40% до 90%. Ці ж якості когенерації притаманні системам міні-ТЕЦ на базі двигунів Стірлінга. У 70-ті роки в процесі модернізації промисловості було розгорнуто будівництво атомних електростанцій. І з другої половини 70-х років вводяться в дію перші енергоблоки Чорнобильської АЕС 1-й і 2-й енергоблоки в 1975 і 1978 роках відповідно і в 1981 році-3 – й, а в 1983 році 4-й енергоблоки [37].

У 1990 році енергосистема України досягла свого піку, при річному виробленні в 296,3 млрд. кВт/ч. однак незабаром після розпаду СРСР, з моменту здобуття Україною незалежності, почалися деструктивні процеси де-індустріалізації, скорочення виробничих потужностей і населення. Це, відповідно, спричинило за собою і значне скорочення генерації електроенергії. Скорочення вироблення головним чином торкнулося ТЕЦ і ТЕС, як найменш рентабельних. З 1991 по 2021 рік їх вироблення скоротилося вчетверо: з 211 млрд. кВт/год (70,8%) до 47,4 млрд. кВт/год (30,3%), див. рис. 2.1. Важливою особливістю енергетики України є її висока централізація: більше 55% Всього вироблення енергії припадає на 15 енергоблоків 4-х АЕС, в той час як більше третини виробництва енергії теплових електростанцій (близько 11% загального вироблення) припадає на 9 ТЕЦ і ТЕС потужністю в 1000 МВт (не рахуючи знаходяться на окупованій території після 2014 року) [38]. Така структура пояснюється економічною доцільністю побудови електростанцій великої потужності (ефект масштабу), що приводить до зниження загальних витрат на вироблення енергії і спрощення транспортної інфраструктури для доставки палива. Однак, централізація має і свої недоліки, які ми обговоримо нижче.

Для того, щоб оцінити обсяги виробітку за видами генерації електроенергії в Україні за роками розглянемо рис. 2.1. та рис. 2.2.:

Рис 2.1. Обсяги виробленої електроенергії за видами генерації, відносна частка (%), 1990-2022р. [39, 40].

На рис. 2.1. видно, що починаючи з 2015 року в Україні стала розвиватися альтернативна енергетика, і з кожним роком зростає її частка в загальному обсязі генерації. Частка виробітки ТЕЦ та ТЕС постійно скорочується, поступаючись частці виробітки з АЕС, в той час як частка ГЕС та ГАЕС здебільшого залишається незмінною.

Рис 2.2. Обсяги виробленої електроенергії за видами генерації (млрд. кВт/год.) 1990-2022р. [39, 40].

На рис. 2.2. видно, що з 1990-го року, історичного максимуму виробництва електроенергії в Україні, є чітка тенденція до зниження загального виробітку. Всього за 5 років, до 1995 року, вироблення енергії склало всього 175 млрд. кВт/год, або 58,7% від показника 1990 року. До 2005 року вироблення енергії на АЕС підвищилося у зв’язку з введенням в 2004 році двох енергоблоків на Рівненській і Хмельницькій АЕС. У 2015 році відбулося друге велике зниження потужності з 1990-го року, пов’язане подіями 2014 року і окупацією частини Донецької та Луганської областей, де були розташовані одні з найбільших ТЕЦ і ТЕС України. Далі, аж до 2021 року вироблення зазнавало незначних коливань, перебуваючи близько 150 млрд. кВт/год. Відповідно до довоєнних прогнозів на 2022 рік, вироблення мало залишатися приблизно в тих же значеннях – 152,3 млрд.кВт/год, проте вторгнення Росії порушило дані прогнози.

Для того, щоб оцінити загальні обсяги виробітку електроенергії в Україні за роками розглянемо рис. 2.3.:

Рис 2.3. Загальні обсяги виробленої електроенергії (млрд. кВт/год.) 1990-2022р. [39, 40].

На рис. 2.3. видно, що через розпочаті військові дії Росії проти України, прогноз виробітку електроенергії на 2022 рік впав до найнижчих значень з 1990 року – 104 ,6 млрд. кВт/год., що становить 68,7% від прогнозованих показників на 2022 рік, та 35,1% від історичного максимуму у 1990 році.

20221 – Прогноз на 2022 рік станом на 11.11.2021 [41].

20222 – Прогноз на 2022 рік з урахуванням падіння генеруючих потужностей на 30-40% станом на 28.03.2022 [42].

Також, слід розглянути показник енергоємності ВВП. Енергоємність ВВП – величина витрат енергії та/або палива на виготовлення продукції або послуг вартістю $1000 в контексті рівня розвитку технологій у державі. Енергоємність ВВП – один з ключових показників ефективності економіки, як видно на рис. 2.4., енергоємність України в 2016 році в 2,2 рази вище середньосвітового рівня і більш ніж в 3 рази вище ніж у Німеччини, одного зі світових лідерів в області енергоефективності, що свідчить про технічну відсталість української економіки. Висока енергоємність стримує зростання економічного потенціалу країни. З 2011 по 2016 рік спостерігається позитивна динаміка скорочення енергоємності, проте не за рахунок впровадження виробництва продукції з високою доданою вартістю або нових енергоефективних технологій виробництва, а в основному, за рахунок вибуття старих промислових потужностей. Також, слід відзначити, що близько 44% від виробленої та імпортованої енергії втрачається при пертворенні та транспортуванні [43].

Рис 2.4. Енергоємність ВВП в Україні, Німеччині та середньосвітовий показник у 2011-2016р. (кг нафтового еквіваленту/$) [44].

Проаналізуємо склад споживачів електроенергії в Україні. На рис. 2.5. представлено споживчий склад української енергетики за 2021 рік. Як можна помітити, найбільшим споживачем є промисловий сектор, з показником 41%; це значення скоріш обумовлено вкрай низькою енергоефективністю Української промисловості, ніж її розвиненістю та масштабами. Далі, з показником у 31% слідує споживання електроенергії населенням. Третім великим споживачем є сектор комунально-побутових послуг із показником 12%. Транспорт, сільське господарство, будівництво та інші споживачі становлять невелику частку з показниками у 5%, 3%, 1% та 7% відповідно.

Рис 2.5. Склад споживачів електроенергії в Україні у 2021р. (млрд. кВт/год.) [45].

У табл. 3.1. представлено склад споживачів та електроенергії та зміни за 2019-2021 роки. Після невеликого загального спаду в 2020 році на 1,1%, в 2021 році відбулося зростання на 6,4%. У 2020 році порівняно з 2019 роком найсильніше скоротилося комунально-побутове споживання, на 6%; найбільше за цей період зросло споживання електроенергії населенням – на 3,9%. У 2021 році в порівнянні з 2020 найсильніше скоротилося споживання в сільському господарстві – на 2,6%; найсильніше зросло споживання категорії інших споживачів – на 16,2%, і споживання в будівельному секторі на 10%. В цілому, склад споживання по секторах відносно стабільний, різкі зміни (більше 20%) відсутні.

Таблиця 3.1.

Склад споживачів електроенергії в Україні та динаміка абсолютних та відносних змін за 2019-2021р. (млрд. кВт/год.) [45, 46].

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Споживачі | Фактичні дані по роках | | | Абсолютне відхилення | | Відносне відхилення | |
| 2019 | 2020 | 2021 | 2019/2020 | 2020/2021 | 2019/2020 | 2020/2021 |
| Промисловість | 51,1 | 49,3 | 52,3 | -1,8 | +3 | -3,5% | +6,1% |
| Сільське госп. | 3,7 | 3,8 | 3,7 | +0,1 | -0,1 | +2,7% | -2,6% |
| Транспорт | 5,7 | 5,7 | 6,2 | 0 | +0,5 | 0% | +8,8% |
| Будівництво | 1 | 1 | 1,1 | 0 | +0,1 | 0% | +10% |
| Ком.-поб. | 15,1 | 14,2 | 15 | -0,9 | +0,8 | -6% | +5,6% |
| Населення | 35,2 | 36,6 | 38,7 | +1,4 | +2,1 | +3,9% | +5,7% |
| Інші | 7,5 | 7,4 | 8,6 | -0,1 | +1,2 | -1,3% | +16,2% |
| ВСЬОГО | 119,3 | 118 | 125,6 | -1,3 | +7,6 | -1,1% | +6,4% |

Проаналізуємо склад споживання електроенергії в Україні за галузями промисловості у 2021 році.

Рис 2.6. Склад споживання електроенергії в Україні за галузями промисловості в Україні у 2021р. (млн. кВт/год.) [45].

На рис. 2.6. показаний склад споживачів енергії по різних галузях промисловості. Найбільшим споживачем є металургійна промисловість, з показником в 55%. Інші галузі становлять меншу частку (менше 10%) у споживанні енергії: Харчова і переробна промисловість – 9%, Хімічна і нафтохімічна – 8%, машинобудівна – 7%, Паливна – 6% і виробництво будівельних матеріалів – 5%. Інші галузі сукупно складають 10% споживання.

Частина надходжень до бюджету України становить доходи від експорту електроенергії. На рис. 2.7. видно, що з 2011 по 2021 роки експорт не перевищував 10 млрд (приблизно 5-7% від загального виробітку залежно від року). кВт/год на рік. Піковими у плані експорту були 2012 та 2013 роки – 9,8 млрд. кВт/год. Починаючи з 2014 року, відбувається різке падіння спочатку до 8,1 млрд. кВт/год, а потім і до 3,6 млрд. кВт/год у 2015 році, чому послужили війна і нестабільність у країні. З 2016 року почалося поступове зростання показників експорту, яке закінчилося піковими 6,5 млрд. кВт/год у 2019 році, після чого з 2020 року почалося чергове зниження, спричинене тепер пандемією COVID-19.

Рис 2.7. – Обсяги експорту електроенергії з України у 2011-2021р. (млрд. кВт/год.) [47, 48].

На рис. 2.8. показані імпортери української електроенергії з 2011 по 2020 роки. З 2011 по 2012 роки головним імпортером була Білорусь. З 2013 по 2020 перше місце по імпорту безперервно утримувала Угорщина. Різке зниження імпорту української електроенергії в Угорщину в 2020 році пов’язане з протиковідними заходами в цій країні. Серед інших значущих імпортерів можна відзначити Польщу, експорт електроенергії в яку постійно зростає з 2015 року.

Рис 2.8. Обсяги експорту електроенергії з України у 2011-2020р. по країнам-імпортерам (млн. кВт/год.) [47].

Після нападу Росії на Україну в лютому 2022 року, об’єкти енергетичної інфраструктури стали регулярно піддаватися обстрілам за допомогою ракетного озброєння великої дальності і потужності. На рис. 2.9 видно, що не було жодного місяця щоб об’єкти енергетичної інфраструктури не піддавалися обстрілам. Однак, також видно, що аж до серпня інтенсивність обстрілів не перевищувала 5 об’єктів на місяць, тобто була відносно низькою, враховуючи масштаб військових дій. Починаючи з вересня інтенсивність обстрілів різко зросла, дійшовши до 12 уражених об’єктів енергетики, а в жовтні було уражено більше, ніж за всі місяці до цього – 51 об’єкт.

Рис 2.9. Статистика ураження об’єктів енергетичної інфраструктури України з лютого по жовтень 2022 року [49].

У жовтні активність ударів зросла з метою нанесення максимального збитку в осінній сезон, коли зростає споживання енергії для опалення осель населення України. Дана обставина робить питання децентралізованої дистрибутивної генерації ще більш актуальним.

Як видно з рис 2.10., споживання електроенергії в Україні носить сезонний характер: найменше споживання припадає на травень і вересень, коли температура помірна, підвищується в літній період через спеку і активне використання систем кондиціонування, а пік споживання припадає на зимовий період, коли через холодну погоду масово застосовуються обігрівачі.

Рис. 2.10. Місячна динаміка споживання електроенергії в Україні за 2019-2021р. (млрд. кВт/год.) [50].

Україна відчуває нестачу в енергоносіях і сильно залежить від поставок газу, вугілля і нафтопродуктів з Росії. Холодний клімат, вкрай застарілі технології і великі відстані істотно підвищують витрати енергії на ведення господарської діяльності. Це підвищує собівартість товарів і енергоємність ВВП. Для того щоб Україна могла ефективно брати участь у світовому поділі праці за рахунок виробництва товарів з високою доданою вартістю, необхідно забезпечити більш дешевий транспорт і дешеву енергію. Цього можна досягти тільки поступовим переходом на нові методи генерації і розподілу енергії за рахунок впровадження інноваційної техніки. Однак для України характерна постійно наростаюча напруженість у контексті стабільного забезпечення енергоресурсами. Коротко викладемо основні проблеми і причини цього:

- сформована система взаємовідносин між споживачами і виробниками енергії на Україні не відповідає ринковим вимогам конкурентного механізму ціноутворення;

- значні коливання сезонного енергоспоживання і коливання попиту призводять до неадекватного зростання цін на електроенергію;

- застаріла інфраструктура, що не дозволяє оперативно реагувати на зміну регіональних пропорцій енергоспоживання;

- висока частка споживання викопного вуглеводневого палива;

- проблеми забезпечення інвестицій у розвиток енергетичного сектору, що уповільнюють темпи модернізації та впровадження інновацій;

- зміна структури пропозиції енергоресурсів і підвищення ролі окремих постачальників у зв’язку з політичним проблемами з Білоруссю і Росією;

- зростання обсягу світової економіки, міжнародної торгівлі та зростання обсягів транспортних перевезень призводять до зростання цін на енергоносії;

- ціни на вуглеводні вкрай нестабільні і дуже чутливі до коливань світової біржової торгівлі;

- високий попит на енергоносії та зростання обсягів міжнародних перевезень енергоносіїв неадекватні сформованій системі транспортної інфраструктури, це підвищує ризики зриву поставок;

- нестабільність міжнародної обстановки, посилює політичні ризики і призводить до порушення транзиту енергоресурсів.

На підставі вищевикладеного ясно, що українська енергетика явно потребує серйозного реформування. Для вирішення проблем, що накопичилися необхідні нові більш ефективні методи отримання електроенергії, а також Радикальна диверсифікація постачальників для створення реальної конкурентного середовища на оптовому і роздрібному ринку. Це сприятиме природному і більш ефективному регулюванню цін шляхом ринкових механізмів і дозволить знизити темпи зростання вартості електроенергії. Основні труднощі реформування електроенергетики, пов’язані з тим, що-це дуже громіздка і дуже консервативна інфраструктурна галузь. Однак, у зв’язку з тим, що вартість електроенергії закладається в основу собівартості всієї товарної продукції і всіх послуг всередині країни і фактично визначає конкурентоспроможність України на світовому ринку, то реформи просто неминучі. Питання полягає в ціні, методах і термінах проведення, а також в способах реалізації реформ без революційних змін і зайвих витрат для всіх учасників енергоринку, і перш за все, малотравматично для населення країни. Очевидно, що для цього необхідні якісь системні та технічні інновації, які підвищують ККД використання енергоресурсів і таким чином серйозно підвищують енергоефективність економіки України. В силу свого клімату Економіка України просто зобов’язана бути лідером в області енергоефективності, а не знаходиться в числі аутсайдерів.

Енергетична ефективність відіграє істотну роль в сучасній економіці, оскільки енергоспоживання на душу населення і енергоємність валового внутрішнього продукту (ВВП) є найважливішими показниками рівня економіки. Енергоємність ВВП об’єктивно відображає стан економіки. Європейські держави відрізняються високим рівнем енергоспоживання на душу населення і низькою енергоємністю ВВП, а країни з більш низькими доходами на душу населення і технологічно відсталі, завжди мають більш високу енергоємність і більш низький рівень енергоспоживання на душу населення. Світова тенденція розвитку така, що зростання промислового виробництва повинен випереджати темпи зростання споживання енергії. На думку ряду експертів, до 2030 року світовий обсяг валового продукту зросте в 2.2 – 2.5 рази, а енергоспоживання збільшиться лише в 1,5 – 1,7 рази [51].

За споживанням енергії на душу населення за рік у 2021 році Україна перебувала на 88 місці 21 311 (кВт/год.) рік, це нижче, ніж у Лаосі та Гваделупі. Зате за рівнем енергетичних витрати на виробництво ВВП Україна знаходиться на лідируючих позиціях. Станом на 2014 рік в рейтингу країн з енергоефективності (витрат кілограм нафтового еквівалента на кожні 1000$ ВВП) Україна, витрачаючи 336 кг на кожні $1000 знаходиться в числі лідерів, поступаючись тільки таким слаборозвиненим країнам як: Туркменістан – 394.0 і Зімбабве – 360.7. У той час як європейські країни мають істотно більш низькі витрати енергії на виробництво ВВП і, отже, – б ільш високу енергоефективність: Данія – 53.3, Німеччина – 74.6, Нідерланди, – 79.9, Франція – 85.2, Польща – 96. Навіть Росія з 186.7 кг. має меншу питому енергоємність економіки, при більш суворому кліматі [52]. Основними причинами такої низької енергоефективності є наявність застарілого енергетичного обладнання та промислових технологій, значна протяжність ліній електропередач і холодний клімат. У зв’язку з цим, вельми дуже своєчасно був прийнятий закон від 08.06.2017 № 2095-VIII «Про Фонд енергоефективності» ВР України. Закон діє з 23.07.2017. Основною метою цього закону є створення правових і економічних основ з енергозбереження, та підвищення енергетичної ефективності економіки, та щодо здійснення державної політики в галузі енергозбереження та підвищення енергоефективності. Цей закон передбачає системні заходи щодо ефективного і раціонального використання енергетичних ресурсів, щодо значного зниження енергоємності промисловості, енергетики, житла, транспорту, засобів комунікації, електрообладнання побутових пристроїв, і т.д. відомо, що планове підвищення енергоефективності може в середньому давати близько 2,5% щорічного приросту ВВП. Особливо це помітно в автотранспорті, де при використанні інноваційних двигунів і двигунів гібридного типу можна домогтися в середньому до 30 – 40% економії палива. При успішному впровадженні пропонованого нами двигуна основним напрямками розвитку для України може стати:

- створення масового виробництва і освоєння більш екологічно чистих технологій генерації енергії на базі УДМ;

- широке використання будь-яких місцевих джерел біологічних паливно-енергетичних ресурсів;

- впровадження ефективних децентралізованих та індивідуальних систем когенерації (електричного та теплового забезпечення) на базі міні-ТЕЦ;

- модернізація вугільної промисловості на базі застосування на вугільних шахтах автономних міні-ТЕЦ на базі двигунів УДМ забезпечує збільшенням рентабельності на 10-15%.

Однак слід зазначити, що з початку 2000-х років в Україні почалися процеси зі створення альтернативної енергетики та відповідного законодавства. До альтернативної енергетики на ВДЕ зазвичай відносять:

- енергетику на фотоелементах, що використовують сонячну енергію;

- енергетику утилізуючу енергію вітру;

- енергетику утилізуючу гідроенергію річок, морських припливів і відливів;

- геотермальну енергію гарячих джерел;

- горючі гази отримані з переробки сміття:

- енергію біопалива, біогазу та ін.

У зв’язку з тим, що фотоелектричні елементи дуже дорогі, і поки не окупаються за весь термін служби, було прийнято рішення стимулювати їх використання, незважаючи на те, що собівартість фотоелементів не досягла ринкового рівня комерційної рентабельності. Для цього був прийнятий так званий «зелений тариф» за яким держава закуповує енергію за підвищеною ціною у приватних осіб і організацій, що генерують енергію використовуючи ВДЕ. При цьому державне регулювання всіх питань з альтернативної енергетики здійснює, так звана, Національна комісія, що здійснює державне регулювання у сферах енергетики і комунальних послуг (НРКУ), яка займається також і установкою зелених тарифів. "Зелений тариф" – це механізм, який дозволяє виробнику енергії з ВДЕ продавати надлишкову енергію в дистрибутивну мережу. В даний час в Україні діє один з найвищих тарифів такого типу в світі – ціна 1 кВтг в 3-5 разів перевищує ціну, передбачену для поставляється в міську мережу. Конкретний розмір тарифу залежить від дати підключення електростанції ВДЕ до мережі. Тому існує проблема відсутності твердої впевненості власників станцій рентабельності відновлюваної енергетики в Україні, адже «зелений тариф» діє лише до 2030 року і невідомо, що буде після цієї дати, буде як і раніше вигідно приватним особам інвестувати в фотовольтаїка. В уряді, однак, запевняють, що домогосподарства, які використовують ВДЕ для генерації, обов’язково будуть підтримані державою, але поки невідомо, яким чином. У парламенті і в уряді обговорюються ідеї енергетичних аукціонів, введення мережевого обліку та інших механізмів. У зв’язку з цим наша пропозиція щодо застосування УДМ є виходом з положення, що склалося. По-перше, ККД двигуна УДМ вище, ніж ККД сонячних панелей по-друге, в Україні багато ресурсів для біоенергетики, а УДМ є всеїдним двигуном і може ефективно утилізувати будь-які види паливних біоенергетичних ресурсів. Ринок ВДЕ в Україні зростає в основному за рахунок приватних і комерційних електростанцій. Специфіка української сонячної енергетики полягає в тому, що в умовах невизначеності підтримки цього сегмента після 2030 року, вже розроблена система приватних договорів купівлі-продажу електроенергії та будуються фото-електростанції для забезпечення електроенергією конкретних підприємств і заводів. Ці електростанції явно зацікавлені в генерації більш дешевої електроенергії, але перш за все, вони зацікавлені у виконанні вимог Європейського транскордонного механізму (ECBM) в майбутньому. Цей механізм буде стягувати додаткові збори з товарів, що ввозяться в ЄС, якщо вони зроблені з використанням технологій з високим рівнем викидів. На даний момент цей механізм ECMB заблокований в Європейській Раді, проте Єврокомісія працює над переглянутою версією цього Закону. Загальний обсяг інвестицій у ВДЕ за період 2014 – 2021 років склав 8 млрд євро. До 2021 року обсяг інвестицій у ВДЕ України досяг $12 млрд.з них близько $4 млрд становлять прямі іноземні інвестиції. Найбільший розвиток відновлюваних джерел енергії сталося в 2019 р. і в 2021 р. В 2018 р. загальна потужність енергії від ВДЕ склала 2 274 МВт (сонячна -1 388 МВт), в 2019 р. вже 6 943 МВт (сонячна – 4 925 МВт). За даними за перше півріччя 2021 року встановлена потужність енергії від ВДЕ збільшилася на 8,3% і склала 9 225 МВт (весь 2020 рік – 8 516 МВт). Сонячна енергетика була лідером як за потужністю, так і за зростанням – у 2020 році її загальна потужність досягла 6 893 МВт, з них 779 МВт припадало на домогосподарства, а в першій половині 2021 року загальна фотоелектрична потужність становила 7 284 МВт, (з них 933 МВт від домогосподарств). Другий за величиною джерело ВДЕ-енергія вітру, в 2020 році видав 1314 МВт, а в першій половині 2021 року -1593 МВт. На 2022 рік уряд запланував збільшити частку ВДЕ в енергобалансі України до 9,2% (на 2021 рік планувалося 7,8% (поточні статистичні дані відсутні). На думку ряду експертів, ВДЕ в Україні могла б розвиватися ще більш динамічно, але її обмежують: нерозвиненість законодавства, відсутність механізмів організаційної та інвестиційної підтримки, невиконання державою вимог професійних споживачів (просьюмерів), а також штучне заниження ціни енергії. Україна довго очікувала важливі поправки до законодавства, що передбачають стимулювання виробництва електроенергії та затвердження закону про системи накопичення енергії, який передбачає появу нового учасника ринку енергії – оператора накопичувача електроенергії. У лютому 2022 року нарешті був прийнятий важливий закон (закон № 2046-IX набув чинності в червні 2022 р.) щодо зберігання енергії на ринку енергії. Цей закон повинен регулювати підприємницьку діяльність зі зберігання енергії. Це – важливий крок по створенню широкої системи дистрибутивної енергетики, бо він надає системі гнучкість в аварійних ситуаціях.

Система акумуляції енергії, повинна балансувати роботу енергосистеми в момент пікових навантажень і значно підвищувати стабільність постачання енергією споживачам. Для більш оптимальної роботи ринку альтернативної єнергії потрібне також впровадження системи чистого обліку та аукціонів ВДЕ. Система законодавства, що стосується ринку альтернативної енергетики, вимагає подальшого вдосконалення. Як приклад, вже є досить повна і несуперечлива система законів у ЄС. Проблема полягає в складності роботи в надзвичайних умовах війни. Верховна рада не може працювати в таких умовах ефективно та продуктивно.

Висновки до другого розділу

На підставі вищесказаного можна зробити наступні висновки:

1. Внаслідок російської агресії в Україні створилися надзвичайні умови, ракетними ударами було виведено з ладу близько 40% енергетики. Крім того, внаслідок руйнування енергетики, блокади морських перевезень, руйнування інфраструктури, ускладнення логістики, різкого подорожчання енергоносіїв і скорочення населення (в результаті масового виїзду біженців за кордон) створилася контрпродуктивна обстановка і відбулося падіння ділової активності. В результаті економіка різко скоротилася 30% (ВВП впав більш, ніж на 30%).

2. Традиційна система енергетичних мереж показала крайню вразливість в умовах військових дій. Внаслідок високої концентрації генеруючих потужностей, електростанції легко виводяться з ладу і знеструмлюють цілі райони. Крім того, спостерігаються великі труднощі в постачанні паливом, особливо в зв’язку з блокадою морських перевезень.

3. У цьому контексті стали особливо помітні незаперечні переваги дистрибутивної енергетики на ВДЕ. Внаслідок величезної кількості учасників генерації, вивести її з ладу надзвичайно важко, крім того така система набагато менше споживає викопного палива.

4. В Україні поступово створюється система законодавства і норм, що регулюють і регламентують взаємовідносини в альтернативній енергетиці.

5. В Україні існує серйозна проблема з інвестиціями в енергетику, у зв’язку з відсутністю відповідних фінансових інститутів, після ліквідації Державного інноваційного фонду не було нічого створено для його заміни.

РОЗДІЛ 3. ОБҐРУНТУВАННЯ ОРГАНІЗАЦІЙНИХ РІШЕНЬ З ДИСТРИБУТИВНОЇ ЕНЕРГЕТИКИ З ВИКОРИСТАННЯМ МІНІ-ТЕЦ НА БАЗІ ДВИГУНА СТІРЛІНГА З МЕТОЮ ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ ТА ЕКОНОМІЧНОЇ БЕЗПЕКИ

3.1. Обґрунтування застосування в Україні децентралізованої системи генерації за критеріями економічної та енергетичної безпеки

Як відомо, українська енергосистема є однією з найбільших у світі. Ця енергосистема заснована на принципі високої централізації і концентрації генеруючих потужностей на великих електростанціях. Такий підхід до генерації дозволяє перерозподіляти енергію по регіонах, оптимізувати навантаження, знижуючи потребу в потужностях і паливі. Ця система склалася історично. Однак, якби на початку 20 століття вже існував пристрій, здатний конкурувати з паровою турбіною та ефективно перетворювати тепло в електрику (наприклад, тепловий двигун зовнішнього згоряння) прийнятної вартості, надійності та ККД, то потреба в подібній системі, найімовірніше, ніколи б не виникла. Кожен користувач сам отримував би необхідну електроенергію, або від сонця, або з вуглеводнів. До речі, на зорі енергетики так воно і було – користувачі самі будували невеликі електростанції на парових машинах, але в підсумку вони не витримали конкуренції з централізованими потужними та набагато більш ефективними станціями на парових турбінах. Звичайно, парова турбіна залишається оптимальним первинним двигуном. Однак турбіна має ряд істотних недоліків: складністю експлуатації, високою ціною і відносно невисоким ККД. Крім того, у зв’язку з тим, що ефективність і ККД турбіни істотно залежать від її потужності і габаритів, це призвело до створення величезних машин. Наприклад, сучасна парова турбіна К-1000-60/1500, має довжину близько 57 м і вагу близько 3000 т при потужності понад 1000 МВт. Виготовлення та обслуговування подібних систем складна та витратна справа. Складність і вартість електростанцій практично досягли своєї межі. Це дуже великі, високотехнологічні підприємства, що вимагають досить численного та висококваліфікованого персоналу. Крім того, в процесі експлуатації з’ясувалося, що така концентрація генеруючих потужностей створює також проблеми сезонної та добової нерівномірності навантажень. Тому електростанції стали об’єднувати в мережі для вирівнювання завантаження по регіонах. Так склалися дуже протяжні енергомережі, що утворюють складну систему електростанцій під загальним управлінням. На перший погляд – це досить розумна система надійного та ефективного енергозабезпечення. Але як з’ясувалося з часом для систем централізованого енергозабезпечення характерні також і серйозні недоліки – схильність до катастрофічних сценаріїв (ланцюгова реакція системних відключень та вразливість перед кібератаками). Крім того, таким сильно централізованим енергомережам притаманні втрати електрики, які виникають в ЛЕП, сумарна довжина яких іноді вимірюється тисячами кілометрів, а також додатково – в трансформаторах та контакторах, число яких на шляху від генератора до споживача іноді буває декілька. Якщо врахувати, що втрати тільки в одному трансформаторі зазвичай складають 1-2%, то не дивно, що у сумі з втратами в ЛЕП втрати іноді складають значну частину енергії до 12-15%. Крім того, система енергомереж витрачає до 5% електроенергії на власне господарство та обслуговування. До того ж власники електромереж беруть плату за доставку енергії близько 10% вартості. У вартість електроенергії закладається прибуток електростанції зазвичай – до 5%, амортизація до 5% зарплата – до 5%, всі витрати на виробництво та накладні витрати – до 10%. Втрати енергії при транспортуванні в ЛЕП та затрати на виробництво в сумі становлять до 35% від її ціни а з додаванням затрат на її доставку (10-15%) в остаточній сумі це сягає до 45-50% від ціни енергії. Треба сказати, що істотні втрати енергії при транспортуванні та великі затрати на її доставку є великою і неусувною проблемою існуючої традиційної системи, за яку розплачується економіка і рядовий споживач. В собівартість енергії входить також вартість вугілля, яка становить близько до 65% від суми витрат станції на виробництво енергії. Але це все суто теоретично, згідно з калькуляцією витрат. А фактично вартість енергії визначається за свавіллям регулятора – НКРЕКУ. Вартість енергії отриманої від ТЕЦ, ТЕС, АЕС та ГЕС штучно занижується (всі вони працюють на межі збитків) і при цьому, навпаки, вартість «зеленої» енергії завищується в 3-5 разів. В результаті такої політики «зелена» енергетика, яка становить у загальному балансі 10-11% з’їдає весь прибуток решти виробників традиційної енергетики. Тобто, зелена енергетика працює в основному за рахунок традиційних станцій. Це призводить у них до нехватки коштів на належне обслуговування та на реконструцію станцій і, як наслідок, – до крайнього зношування всього енергетичного обладнання, яке вже й так морально застаріло ще у минулому столітті. У результаті традиційна енергетика працює менш ефективно, що значно знижує енергетичну та економічну безпеку України.

Згідно з розрахунками, при спалюванні однієї тони вугілля генерується до 1900 кВт енергії. Офіційно визнана НКРЕКУ вартість однієї тони вугілля у 2015 році становила 1736 грн. звідси паливна собівартість 1 кВт електроенергії для ТЕС становила 1736/1900, що дорівнює 0,91 грн/кВт-год. З урахуванням інших витрат ТЕС, повна собівартість енергії за цієї ціни вугілля становила близько 1,3-1,35 грн/кВт-ч. Але НКРЕКУ встановило тарифи на електроенергію, вироблену на ТЕЦ, у розмірі 1,57 грн/кВт-год, а для ТЕС – 0,80 грн/кВт-год. Тобто тариф для ТЕЦ покривав собівартість та навіть давав прибуток, а тариф для ТЕС (0,8 грн/кВт-год) не компенсували навіть витрати на вугілля. ТЕС генерують близько 30% усієї електроенергії в Україні, вони важливі як маневрові потужності під час пікового споживання у зимові місяці. У 2022 році ціни на вугілля зросли вдвічі ($133 за тонну), відповідно вдвічі мала зрости вартість енергії, але регулятор утримує її ціну с жовтня 2021 року на рівні 1,44 грн за кВт-год (при споживанні до 250 кВт-год на місяць, це – 80% споживачів). А для споживачів понад 250 кВт-год на місяць залишилася 1,68 грн. за кВт/год. Для установок потужністю понад 150 кВт, що належать компаніям та підприємствам, НКРЕКУ встановлює зелені тарифи та тарифи окремо для кожної компанії. Наступного року «зелені» тарифи для таких генеруючих систем становитимуть від 1,79 грн/кВт-годину. до 7,55 грн/кВт-година. (без НДС). У лютому, ще до початку війни в Україні додатково обвалилися ціни на оптовому ринку енергії. Це пов’язують з додатковім включенням енергоблоків АЕС. Якщо в січні 2022 р. генерація енергії на АЕС була на рівні 10 325 МВт, вже в лютому – на рівні 13 230 МВт. Тобто збільшення складає 2900 МВт. За останніми даними «Укренерго» – 4 АЕС (15 енергоблоків) виробляють 50-60% енергії. При цьому Запорізька ЗАЕС (найбільша в Європі із шістьма енергоблоками загальною потужністю 6000 МВт) вже майже півроку перебуває під російською окупацією. До війни ЗАЕС виробляла до 50% сумарної енергії всіх АЕС. За таких умов вся енергетика, окрім зеленої на Україні абсолютно збиткова [53].

Важливо зазначити, що, централізовані системи дуже вразливі в плані надійності. У разі військових, техногенних, диверсійних або природних катаклізмів ризикують бути знеструмлені цілі регіони. Зараз з’явився новий фактор, вельми серйозна загроза, яка здатна надовго виводити енергосистему з ладу – вірусні кібератаки. А будь-яка тривала затримка постачання енергії може викликати техногенну катастрофу великого міста з високою щільністю населення, сконцентрованого в багатоповерхових будівлях. Таким чином енергетика визначає не тільки економічну, а й фізичну безпеку людей. Виникає питання про перегляд концепції енергопостачання на користь більш ефективної і більш надійної системи енергозабезпечення. Багато користувачів знижують свої витрати на енергію і захищають себе від аварійних відключень, створюючи свої власні автономні енергосистеми. Останнім часом природним, еволюційним шляхом починає складатися більш ефективна і надійна система виробництва і споживання енергії, так звана дистрибутивна генерація (distributed generation, DG). Суть якої, полягає в тому, що в генерації енергії беруть участь сотні тисяч користувачів, які виробляють свою електричну енергію для власних потреб, при цьому надлишки зливаються в загальну систему мереж – від десятків кіловат до десятків мегават. При цьому всі учасники залишаються користувачами загальної мережі, що істотно підвищує надійність такої системи. За таких складних умов виникає проблема прийняття організаційних рішень щодо впровадження дистрибутивної енергетики. За фактом вона вже реально існує в Украиїні, є також відповідне законодавство України яке забезпечує її функціонування. Але по факту на даний час вся дистрибутивна енергетика на сонячній енергії та на вітрогенераторах – абсолютно збиткова. З теоретичної точки зору пошук рішення, це є процес вибору головного з маси другорядного, це – остаточний умовивід при виборі оптимального варіанту з великої кількості неоптимальних або альтернативних варіантів. Рішення може бути інтуїтивним і заснованим на повній інформації Рішення може бути вірним, і може бути невірним. Рішення може бути шаблонним або нешаблонним. Рішення може бути оптимальним і може бути неоптимальним. Рішення може бути раціональним або нераціональним, більш того воно може бути також ірраціональним, як наприклад, вибір сонячної енергетики в умовах України. Особливо важко приймати рішення в умовах невизначеності інформації. Головне рішення в даному випадку полягає у виборі масштабу (в яких масштабах впроваджувати дистрибутивну енергетику), та в виборі належного типу станцій генерації які треба покласти в основу дистрибутивної мережі.

3.2. Обґрунтування застосування у системі дистрибутивної генерації модернізованого двигуна Стирлінгу як основи для міні-ТЕЦ

На відміну від сонячної енергетики, побудованої на дуже дорогих фотоелементах, енергетика на базі УДМ відрізняється дуже високою економічністю, бо енергія, яка отримана за допомогою такої міні-ТЄЦ в півтора – два рази дешевше (а з отриманим теплом майже в 2.5 рази), ніж від ТЕС або ТЄЦ. Вона не тільки не потребує дотацій у вигляді «зеленого» тарифу, але й приносить добрий прибуток – до 4 центів на кожний кіловат виробленої енергії, при умові нормального ринкового ціноутворення. Тому Міні-ТЕЦ на базі УДМ цілком відповідає критеріям рентабельності в дистрибутивній системі генерації. На цій підставі система Міні-ТЕЦ на базі УДМ для України в даний час більш прийнятна, ніж генерація тільки на основі сонячної або вітрової енергетики, оскільки і сонячні панелі, і вітрогенератори ще не досягли технологічного рівня, який забезпечує їм прийнятне співвідношення ціни, ККД і потужності. І сонячна і вітрова енергетика вимагають «зеленого» тарифу (дотацій від держави) внаслідок своєї планової збитковості, що є доволі серйозним навантаженням на державний бюджет та на енергетику. У той же час УДМ, навпаки, швидко окупається, приблизно за один рік, або менше. На підставі наведених аргументів можна зробити висновок, що дистрибутивна система генерації, побудована на пропонованих двигунах УДМ, повністю відповідає критеріям енергетичної безпеки, викладеним в розділі 1, а також відповідає всім критеріям економічної безпеки.

Це пояснюється тим, що власники Міні-ТЕЦ не мають втрат енергії при її транспортуванні в ЛЕП – (10-15%) та затрат на оплату транспортування власникам енергомереж – (10-15%), а також не мають затрат які станції закладають у собівартість – до 25%,. Додаткова перевага в тому, що паливо на Міні-ТЄЦ використовується з великим ККД – на 96-98%. В результаті собівартість суми тепла і енергії знижуються майже в 2.5 рази. Додатково корсить такої в тому, що розвантажуються магістральні мережі, поліпшується рівномірність завантаження електромереж, пом’якшуються аварійні ситуації та техногенні катастрофи за рахунок системи розподіленого резервування, а також поліпшується екологія. Розширення потреби в електриці і теплі гнучко вирішуються самими споживачами, шляхом замовлення та установки відповідної міні-ТЕЦ. Природно така концепція потребує ряду заходів на законодавчому та фінансовому рівнях. Крім того, необхідно організувати серійне виробництво вітчизняних когенераційних установок. Подібний підхід дозволяє поступово, еволюційним способом перейти до розподіленого виробництва електроенергії (DG). При цьому природним чином, неухильно створюється конкурентне середовище на енергоринку, яка неминуче чинитиме тиск на монополістів, а це неодмінно призведе до зниження цін на енергетичні послуги і благотворно позначиться на економіці країни в цілому.

Кілька слів до питання щодо парогазових станцій. Реконструкція станцій доукомплектуванням газовими турбінами-стара ідея радянських вчених, яка набула поширення на Заході. Оскільки парова і газова турбіни працюють в різних діапазонах температур, то їх спільна робота дозволяє більш ефективно використовувати паливо, при цьому ККД станції підвищується на 15-20%. Парогазові станції дають найдешевшу енергію з усіх видів генерації (за виключенням УДМ). Це-безперечно. Але є і дуже спірні моменти. Якою ціною все це досягається? Газові турбіни понад великої потужості в Україні не виробляються. Їх імпорт надзвичайно дорогий. Газова турбіна серед двигунів – це вершина собівартості і технологічної складності, тому її експлуатація, вимагає навченого персоналу і дорогого інженерного нагляду від фірм виробників. Це істотно подовжує терміни окупності станції і збільшує витрати на обслуговування кредитів. З концептуальної ж точки зору ці парогазові станції тільки підвищують ступінь централізації та здорожують і без того складну та дорогу енергосистему. З нашої точки зору в умовах серйозної обмеженості фінансових ресурсів було б більш раціонально інвестувати в систему розподіленого виробництва і споживання енергоресурсів – DG (distributed generation) на основі двигуна УДМ. За даними Київського інституту «Енергопроект» при будівництві парогазової ТЕЦ-7 в м. Києві потужністю 1400 МВт, витрати при використанні імпортного обладнання та зарубіжного кредитування складуть 1400 млн. доларів. Тобто 1 Ват встановленої потужності складе 1$, а термін окупності з урахуванням погашення кредитів, затягнеться до 29 років, а загальна сума оплати з відсотками складе 3534 млн. доларів. При цьому базовий тариф необхідно збільшити в 1,9 рази до 6,7 цента/КВт-годину. В умовах України терміни окупності парогазової ТЕЦ буде порівнянний з терміном служби імпортного обладнання. Порівняння системам показує явну переваги автономних Міні-ТЕЦ на базі УДМ.

Вищезгадана вартість встановленої потужності 1$ за 1 ВАТ приблизно відповідає вартості одного вата, встановленої потужності Міні-ТЕЦ на базі навіть нинішніх дуже дорогих Стірлінгів. Однак за рахунок високої ефективності, терміни окупності міні-ТЕЦ навіть на сучасних дуже дорогих Стірлінгах не перевищують 3-4 роки, і це при вартості електроенергії в 5 центів при курсі 1$ = 27 грн. (співвідношення дано за курсом 2021 року). Системи розподіленої генерації (DG) показують безперечну перевагу над ТЕС, ТЕЦ і сучасними парогазовими станціями. Відомо, що в Україні, на опалення потрібно майже в 2 рази більше палива, ніж на вироблення електроенергії. Тому частина тепла виробляється комбіновано на ТЕЦ, які морально і фізично застаріли. Розрахункові втрати теплотрас ТЕЦ складають близько 6 -7 %, в той час як реальні втрати іноді досягають до 25% або вище. Це викликано недосконалою теплоізоляцією, гідравлічними втратами в насосній станції в протяжних трасах та неминучими витоками тепла і води. У сукупності це істотно знижує реальний ККД і ефективність централізованих ТЕЦ. Реальні втрати енергії при транспортуванні теж становлять близько 14-15%, а іноді зимою або в дощ і сніг досягають і до 25%, що набагато перевищує нормативи, встановлені Міненерго України (10,75 %). У цьому плані перспективно виглядає широке впровадження автономних Міні-ТЕЦ, які повністю позбавлені цих недоліків. Наприклад, застосування Міні-ТЕЦ на шахтах дає помітний економічний ефект бо забезпечує підвищення ефективності роботи шахти на 10-15%. Крім того, більшість шахт малоприбуткові або збиткові, а закладка нових шахт вимагає значних вкладень в інфраструктуру. З впровадженням системи на основі УДМ, частина збиткових шахт стають прибутковими, що здешевлює вугілля для електростанцій та знижує собівартість енергії в цілому по країні. Наприклад, в США за даними американської корпорації «Foster-Miller Associates, Inc.», Міні-ТЕЦ на базі ДС потужністю 2,3 МВт, економить за рік 665 тисяч доларів, що відповідає економії 3,3 цента витрат на кожен кіловат встановленої потужності [54].

Все більшої популярності набуває Сонячна енергетика на Стірлінгах. Показовим є той факт, що після банкрутства американської компанії Stirling Energy Systems в 2012 році, компанія United Sun Systems купила сонячну електростанцію Стірлінга Stirling Energy Systems Maricopa в Фініксі, штат Аризона, в якості спільного підприємства Американо-китайської корпорації. Все це говорить, що серйозний бізнес чітко бачить перспективи сонячної Стірлінг-енергетики. За розрахунками американських експертів, одна суперферма сонячних Стірлінгів, площею 160х160 кілометрів на півдні США, змогла б повністю покрити всю потребу в електроенергії всієї країни. Двигун Стірлінга може працювати на всіх видах палива і від будь – яких джерел зовнішнього тепла – від урану і сонячної радіації до біомаси і теплових відходів. Двигун має високий ККД (55%) та високу надійність, працює безшумно і без вібрацій. Однак будучи посудиною під високим тиском має громіздку конструкцію, велику вагу і високу собівартість. Ці недоліки роблять його практично неконкурентним у порівнянні з двигунами внутрішнього згоряння. Двигун Стірлінга вважається дуже важливим і перспективним напрямком в машинобудуванні. Особливу важливість цей напрямок має для України з її відстанями, холодним кліматом, що вимагають додаткових витрат вуглеводнів. Для компенсації цих факторів з метою забезпечення конкурентоспроможності її економіки, необхідно радикально підвищити енергоефективність економіки шляхом впровадження нових енергозберігаючих технологій. Особливо економія помітна в енергетиці, де ефективність використання палива становить близько 35-65%, в той час як ККД котельного обладнання досяг своєї межі – 97-98%. Неважко бачити, що у генеруючих галузей є дуже серйозний резерв по раціональному використанню вуглеводнів при генерації енергії, її перетворенні та її транспортуванні. У зв’язку з цим всі перспективні розробки в області поновлюваних і альтернативних методів отримання енергії набувають особливої важливості. Марнотратні способи використання і вуглеводневого і ядерного палива, повинні поступово і неухильно витіснятися більш продуктивними та більш енергоефективними підходами. У високотехнологічних країнах таких як – США, Німеччина, Японія, Швеція, ФРН та Китаї ведуться напружені дослідження, по цій темі. Вже є певні успіхи. Ряд західних компаній вже приступив до дрібносерійного випуску двигунів для сонячних електростанцій і когенераційних установок, а також в якості кріокулерів для військових і побутових застосувань. Швеція з успіхом застосовує ДС на підводних човнах. Очікується, що в найближчу п’ятирічку, з 2020 по 2025 роки, глобальний ринок двигунів Стірлінга, буде рости приблизно на 7,5% на рік. Однак ряд істотних недоліків поки не дозволяє Стірлінгу стати масовим товарним продуктом [55]. Універсальний двигун Муранова, це – глибока модернізація конструкції двигуна Стірлінга, яка має ряд важливих переваг в порівнянні з вже існуючими варіантами. Автору вдалося істотно знизити габарити, вагу і собівартість та поліпшити показники економічності і надійності роботи. В процесі дослідно конструкторських робіт була вирішена і проблема створення двигунів високої потужності. Проблема полягала в тому, що з ростом розмірності двигуна, бо вага і витрати на його виготовлення ростуть швидше ніж потужність. Рішення полягало в застосуванні модульних конструкцій.

Автор проекту переконаний, в том що йому реально вдалося створити новий двигун високої досконалості – ефективний, надійний та недорогий. Важливі переваги цього двигуна, безшумність та здатність працювати автономно, можуть бути використані як для загальногромадянського призначення (в транспорті, літальних апаратах, в спецелектроніці, а також у виробах масового побутового застосування від яхт і електромобілів до автономних міні-ТЕЦ і побутових холодильників) так і для військового вживання. Важливою проблемою сучасності є підвищення енергетичної ефективності виробництва. Розробка та впровадження енергоефективних технологій виробництва і споживання енергії є дуже важливим фактором створення конкурентної економіки, особливо в умовах тривалої світової економічної кризи. Ефективним засобом підвищення енергетичної ефективності є енерготехнологічний підхід, сутність якого полягає в організації енергетично безвідходної технології виробництва. Основні принципи і підходи енерготехнології засновані на розумному використанні вторинних ресурсів (ВЕР) і непридатних теплових відходів. Ефект від енерготехнології, як правило, буває значним. Наприклад, енерготехнологічна схема на великих установках виробництва аміаку, слабкої азотної кислоти і етилену дозволяють заощадити до 15%, а для виробництва метанолу до 50% умовного палива. Це досягається застосуванням особливих елементів, таких як котли-утилізатори, турбодетандери, економайзери, утилізаційні турбіни тощо. Однак на практиці такий підхід вимагає великого мистецтва проектування, а також вимагає витрат на перепроектування технологічних процесів, при модернізації, внаслідок великої різноманітності утилізуючих пристроїв і їх високої ціни. Тому цей підхід так і не набув широкого поширення. Причина слабкого поширення енерготехнологічного підходу пов’язана з відсутністю на ринку дешевого універсального пристрою утилізації та трансформації вторинного і викидного тепла. Саме таким пристроєм може стати УДМ, який, наприклад, можна з успіхом застосовувати для утилізації енергії вихлопу великих суднових дизельних двигунів, в яких більше половини енергії йде марно в атмосферу. Якщо ж це тепло утилізувати, то дальність плавання судна відразу зросте на 15-20%. Вельми перспективним залишається питання розробки якісно нових способів отримання і перетворення енергії, таких як безпосередні способи отримання електроенергії до яких відносяться електрохімічні генератори з високим ККД – до 80%, термоелектричні генератори і фотоелементи на гетеро-структурах з ККД до 30%. Безумовно, це серйозні конкуренти УДМ. Однак, як це було зазначено вище, до цих пір так і не досягнуто прийнятного співвідношення ціни і потужності цих генераторів. Навіть найсучасніша сонячна батарея за весь термін служби виробляє енергії не набагато більше, ніж витрати енергії на її виробництво. Тому така Альтернативна енергетика дотується з бюджету. Експерти з енергетики вважають, що в досяжному майбутньому (30-35 років) електро-перетворювачі не складуть серйозну конкуренцію ДС. Двигун Стірлінга володіє рядом унікальних якостей і переваг, які забезпечили йому виняткову популярність серед фахівців усього світу:

- практично безшумний, оскільки працює плавно без детонацій;

- надійний і довговічний;

- вимагає мінімальних витрат на обслуговування і мастило;

- може тривалий час працювати в автономному, необслуговуваному режимі;

- має високий ККД – теоретично до 75%, практично до 55 – 60%;

- байдужий до виду і якості палива, а також до ступеня його очищення;

- може використовувати всі види палива, від біопалива до Урану і всі види тепла від геотермальних води і гарячих технологічних відходів (наприклад доменні гази) до сонячної енергії;

- в холодну пору року його ККД помітно підвищується, на 5-7%, за рахунок збільшення різниці температур між нагрівачем і холодильником;

- має високу зносостійкість рухомих частин через відсутність в циліндрі активних продуктів згоряння і низької температури робочого тіла в зоні тертя ущільнень;

- має високу адаптивність до змін навантаження, за рахунок сталості крутного моменту на валу, що дозволяє зменшити число ступенів в коробці передач;

- значна частина енергії (до 45%) йде в охолоджуючу воду, а її температура піднімається до 50-70°C. Це дозволяє її використовувати як джерело підігрітої води в міні-ТЕЦ (когенераційних установках).

Таким чином, двигун Стірлінга є універсальною машиною і може мати широке застосування в галузі транспорту, енергетики, енергозбереження, а також для підвищення енергетичної ефективності. Тисячі фахівців по всьому світу напружено працюють над усуненням недоліків ДС в університетах та в дослідницьких центрах ТНК. Існує велика література та маса патентів, присвячених цій тематиці. Однак вартість сучасних енергетичних установок залишається від $ 1100 до $5000 за кіловат встановленої потужності, що дуже дорого. Саме така висока собівартість і є головною перешкодою масового впровадження міні-ТЕЦ. Тому, не дивлячись на всі чудові якості ДС, подальший розвиток неможливо без радикальних змін конструкції, які б знизили його собівартість, матеріаломісткість та усунули ряд інших принципових недоліків. Тому основними цілями наших досліджень були:

- радикальне зниження ваги і габаритів УДМ;

- радикальне зниження собівартості УДМ;

- підвищення ККД і надійності роботи.

В процесі НДР і ОКР, вдалося вирішити ряд проблем по підвищенню ККД і надійності теплообміну, а також по значному зниженню механічних напруг у високотемпературних зонах. Впевненість авторів в успіху реалізації проекту УДМ заснована на тому, що були знайдені оптимальні конструктивні рішення для всіх цих проблем. Двигун УДМ може бути повністю збалансований і мати дуже низький рівень вібрацій; працездатність основних вузлів була реально перевірена на дослідних зразках, виконаних в повному розмірі. Двигун може бути виконаний за модульним принципом. Це дозволяє нарощувати його потужність простим з’єднанням базових модулів, аж до 10 МВт і вище [56]. Рішення таких важливих проблем двигуна відкриває дорогу перед його найширшим комерційним використанням для побудови дистрибутивних систем енергетики, принципово іншої якості, ніж генерація на фотоелементах та вітрогенераторах. Фотоелементна та вітрова енергетика безсумнівно має велике майбутнє, але в даний час технології ще не досягли належного рівня, тому системи на базі УДМ набагато кращі для України, тим більше, що УДМ може утилізувати також і сонячну енергію. Переваги УДМ незаперечні:

- по-перше, системи на базі УДМ дешевші і надійніші;

- по-друге, вони набагато економічніші, що критично важливо для України через її вкрай важке економічне становище.

Єдиною перешкодою на шляху масового впровадження УДМ є на диво мала затребуваність інновацій в сучасній Україні.

Висновки до третього розділу

Впровадження інновацій є найважливішою проблемою для сучасної України. На жаль ідея стратегічного інноваційного прориву ще не опанувала маси чиновників і важливих осіб, які приймають рішення. Тому в Україні впровадження інновацій-вкрай складна проблема з ряду причин:

- по-перше, після того як в Україні було ліквідовано такий важливий інститут інвестування як інноваційний фонд України, процес пошуку інвесторів перейшов у розряд майже нерозв’язних проблем, оскільки замість ліквідованого інноваційного фонду в Україні так і не було створено фінансового механізму інвестування перспективних проектів [57];

- по-друге, енергетика знаходиться в приватних руках, і олігархи, маючи монопольне становище на ринку енергетики, отримують мільярдні доходи і абсолютно не потребують жодних інновацій, які створюють їм конкуренцію, відбирають ринок і знижують доходи;

- по-третє, існує значний розрив між декларованими цілями держави і реальною практикою їх реалізації в умовах тотальної корупції.

Прийняття рішень організаційних рішень є важливим етапом при впровадженні інновацій. Пошук рішення, це-процес вибору головного з маси другорядного, це-остаточне умовивід при виборі оптимального варіанту з безлічі неоптимальних або альтернативних. Рішення може бути вірним, і може бути невірним. Рішення може бути оптимальним і може бути неоптимальним. Рішення може бути шаблонним і нешаблонним. Рішення може бути раціональним і нераціональним, більш того воно може бути ірраціональним. Рішення може бути інтуїтивним і заснованим на повній інформації. Особливо важко приймати рішення в умовах невизначеності та неповноти інформації.

Саме виходячи з такої реальності, потрібно обґрунтувати організаційні рішення по дистрибутивній енергетиці, керуючись критеріями економічної безпеки. При цьому слід врахувати, той факт, що впровадження будь-якого інноваційного проекту, потребує належного інвестиційного фінансування. Однак питання інвестування в реаліях України відповідає критерію крайньої невизначеності. А, що стосується питання обґрунтування проекту, то в даному випадку ми володіємо досить повнотою інформацією для того, щоб обґрунтувати правильне і оптимальне рішення, керуючись критеріями економічної безпеки. Перерахуємо основні критерії для дистрибутивної енергетики:

- критерій резервування – дистрибутивна енергетична система внаслідок багаторазового резервування станцій генерації, (число яких яке може досягати кілька сотень тисяч) гарантує стократне підвищення надійності та зниження рівня її уразливості від випадкових або умисних деструктивних впливів; більш того, гарантує додаткове багаторазове підвищення надійності роботи енергетичної системи за рахунок різкого зниження потреби в імпортних поставниках вуглеводнів;

- критерій доступності – дистрибутивна енергетика є максимально демократичною, бо власником станції може стати будь-яка людина; таким чином енергія стає багаторазово більш доступною і незалежної від свавілля її поставників;

- критерій ринковості – дистрибутивна енергетика, по суті, ідеально відповідає ринковому принципу масової конкуренції, бо при її використанні неможливе монопольне маніпулювання підвищенням цін, в тому числі цінами на паливо;

- критерій екології – дистрибутивна система є гранично екологічною, оскільки вона не тільки не робить викидів (ВДЕ) або робить їх удвічі менше (міні-ТЕЦ на УДМ), але і не вносить теплових забруднень (як традиційні станції втому числі АЕС), або вносить їх істотно менше (як УДМ на викопному паливі або біогазі);

- критерій рентабельності – за цим показником сучасна дистрибутивна енергетика на сонячній енергії та на вітрогенераторах є вкрай збитковою і навіть шкідливою с точку зору економічної та енергетичної безпеки, бо відбирають кошти від традиційної енергетики, що призводить до неналежної експлуатації та підвищеної аварійності.

На підставі вищесказаного неважко зробити логічний висновок щодо економічних критеріїв дистрибутивної енергетики. У цій темі основні економічні критерії визначаються переважно станом існуючої енергетики, а також відповідно станом енергетичної безпеки. Єдиний економічний критерій енергетики, який прямо впливає на економіку – це собівартість енергії. Собівартість енергії на сучасних ВІА настільки велика, що часто перевищує ринкову вартість продукції, що вироблена за допомогою сонячної енергії. Тому застосовуються дотації від держави у вигляді штучного «зеленого тарифу», при якому держава купує енергію в 3-5 разів дорожче, ніж енергія у спільній мережі від традиційних станцій. З цієї причини перехід на дистрибутивну енергетику на сучасному етапі розвитки технологій сонячної енергетики для України з економічної точки зору просто – руйнівний. Це є наслідком того, що Україна має аграрно-сировинну економіку, в якій товари з високою доданою вартістю не роблять помітного внеску в економіку. Україна виробляє переважно тільки товарну продукцію з низькою доданою вартістю в якій енерговитрати складають досить високу частку – до 10-20%. А, наприклад, у кольоровій металургії частка енерговитрат у собівартості алюмінію сягає 40-45%. У той час як у товарах із високою доданою вартістю така частка енерговитрат більш ніж на порядок нижча. Тому високорозвинені країни можуть собі дозволити «зелену» енергетику, оскільки це не так сильно може позначитись на рівні життя громадян, та на енергобезпеці як в Україні. Це говорить про те, що в економічних умовах України «зелена» енергетика можлива лише у символічній якості. А з погляду економічних критеріїв, вона абсолютно збиткова. Дистрибутивна енергетика на основі вітрогененраторів і фотоелементів збиткова і не приносить користі Україні, а навпаки шкодить, бо знижує надійну роботу основних станцій генерації енергії за рахунок відтоку великих коштів на дотації «зеленого» тарифу.

2. Дистрибутивна енергетика на основі УДМ винятково прибуткова, не потребує «зеленого» тарифу, може використовувати не тільки сонячну енергії а любі джерела тепла и виду палива – від урану до вугілля, дров і біогазу та біомаси. Більш того, двигуни УДМ можна виготовляти на вітчизняних підприємствах, а не імпортувати як сонячні панелі, або вітрогенератори.

ВИСНОВКИ

На підставі вищесказаного в теоретичний та в аналітичній частинах дослідження, можна зробити наступні висновки:

1. Якщо виходити з того, що теорія являє собою впорядковане, логічно несуперечливе, структуроване і системне знання про істотні закономірності досліджуваного предмета; та що теорія систематично описує основні сутності, закономірності і закони, що вона вводить і формулює нові поняття, категорії, і концепції, проводить класифікацію явищ і встановлює причинно-наслідкові зв’язки, а також висуває гіпотези, припускаючи її подальший розвиток; теорія, по суті, є інформаційною системною моделлю, що дає алгоритми аналізу досліджуваного предмета, а також інструменти, концепції та підходи, що дозволяють аналізувати, класифікувати і узагальнювати факти, явища і процеси і, що найважливіше – прогнозувати їх розвиток. Вважається, що теорія допомагає розуміти, пояснювати смисли або прогнозувати різні прояви досліджуваного об’єкта. Висновок полягає в тому, що теорії економічної та енергетичної безпеки ще не досягли такого рівня повноти та узгодженості, щоб забезпечити надійні інструменти для прогнозування. Ні регресійний Статистичний аналіз, ні факторний, ні індикативний аналіз не можна визнати досить точними і надійними інструментами прогнозування, оскільки вони описують статистично минулі події і кореляції, оскільки статистка має справу зі доконаними фактами. Безумовно, фактори знаходяться на початку ланцюжка причинно-наслідкових зв’язків, але до настання наступної події неможливо визначити, який фактор став причиною цієї події. Якщо виходити з концепція Шенка-Абельсона, яка розглядає факти як причини, сенс яких стає відомим тільки після того як проявилися наслідки, надійно визначити тренд розвитку і дати його кількісну оцінку в соціальних науках можна тільки з малої частки ймовірності, в силу неергодічності процесів в соціумі, в якому існують і розвиваються економіка і енергетика. У той час як в ергодичних системах (наприклад, у фізичній статистиці Больцмана), в процесі еволюційного розвитку майже кожен стан з певною ймовірністю проходить поблизу будь-якого іншого стану системи. На глибоке наше переконання, подальший розвиток соціальних теорій (в число яких входить і економіка, і енергобезпека) піде в сфері технонауки і комп’ютерного моделювання з застосувань агентно-орієнтованих моделей, які дають більш надійні і переконливі тренди модельованих подій. Тільки за допомогою агентного моделювання можна розробити і надійно верифікувати довгострокову стратегію економічної та енергетичної безпеки, в тому числі дати обґрунтування оптимальних організаційних рішень.

2. На підставі вищесказаного за аналітично фактичною частиною дослідження економічної та енергетичної безпеки ЄС в умовах енергетичної кризи, можна зробити висновок, що Європа досить успішно справляється зі складною ситуацією неадекватно високих цін на газ і нафту. Обрана раніше політика на розширення застосування дистрибутивної генерації, цілком себе виправдала. У зв’язку з енергетичною кризою, Європа (за винятком Франції) продовжує робити ставку на поновлювані джерела енергії і збільшує обсяг інвестицій для прискорення робіт в цих актуальних напрямках. ЄС надходить розумно плануючи, збільшити частку відновлюваних джерел енергії з 37% у 2021 році до 69% у 2030 році. Це є наочним прикладом для України, проте з тими застереженнями, що не слід безпосередньо копіювати європейський досвід, оскільки Україна не володіє відповідним рівнем фінансової потужності і рівнем розвитку технологій.

3. Україна внаслідок війни з Росією втратила значну частину економіки та енергетики (до 40%). Результат цього конфлікту неясний, можливо руйнування і втрати будуть ще більшими. Тому при відновленні енергетичної галузі має сенс, виходячи з критеріїв як енергетичної, так і економічної безпеки, значну частину енергетики виконати на більш надійних і ефективних двигунах УДМ в системі дистрибутивної генерації.

4. Дистрибутивна енергетика на ВДЕ має незаперечні переваги, особливо в умовах війни, вона має надвисоку надійність за рахунок величезного резервування станцій генерації, та використання ВДЕ, та економічність (за умови використання Мині-ТЕЦ на базі УДМ).

5. Дистрибутивна енергетика на ВДЕ значно знижує залежність від імпорту енергоносіїв та зміцнює енергетичний суверенітет.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. American History: Roosevelt Aims for Economic Security With 'Second New Deal - [Електронний ресурс]. - Режим доступу: <https://learningenglish.voanews.com/a/american-history-president-roosevelt-aims-for-economic-security-with-second-new-deal-119369809/116068.html>

2. The Road to America’s First Energy Crisis: New Insights on the Growing Weakness of the United States as a Global Energy Power, 1967-1973 By Jay Hakes - [Електронний ресурс]. - Режим доступу: <https://networks.h-net.org/system/files/contributed-files/henergy-j-hakes-road-americas-first-energy-crisis.pdf>

3. Energy security and climate change J. Deutch, Anne Lauvergeon, W. Prawiraatmadja - [Електронний ресурс]. - Режим доступу: <https://www.semanticscholar.org/paper/Energy-security-and-climate-change-Deutch-Lauvergeon/b59280a642c1c62889521b588419b699ac79051d>

4. Takas Gergely, The theory of energy security - [Електронний ресурс]. - Режим доступу: <http://acta.bibl.u-szeged.hu/56867/1/kek_42_058-073.pdf>

5. Benjamin Sovacool Energy security: Challenges and needs - [Електронний ресурс]. - Режим доступу: <https://www.academia.edu/33888962/Energy_security_Challenges_and_needs>

6. The US Department of Defense: Valuing Energy Security - [Електронний ресурс]. - Режим доступу: <http://www.ensec.org/index.php?option=com_content&id=196:the-us-department>

7. Wæver O. Security, the Speech Act. Analyzing the Politics of a word, 2nd draft. 1989. – 68 p - [Електронний ресурс]. - Режим доступу:

<http://www.academia.edu/2237994/Security_the_Speech_Act_working_paper_1989>

8. Игорь Острецов: «Создатель дал нам уран-235 для освоения космоса, а тупое народонаселение жжет его на Земле» - [Електронний ресурс]. - Режим доступу: <https://realnoevremya.ru/articles/247345-igor-ostrecov-evropa-pered-globalnym-energeticheskim-krizisom>

9. А. Яблоков «Миф о безопасности АЭС» - [Електронний ресурс]. - Режим доступу: <http://www.seu.ru/programs/atomsafe/books/mif_1.pdf>

10. Факторный анализ как статистический метод, Лоули Д., Максвелл А., 1967 - [Електронний ресурс]. - Режим доступу: <https://obuchalka.org/20190705111169/faktornii-analiz-kak-statisticheskii-metod-louli-d-maksvell-a-1967.html>

11. Индикативный анализ показателей экономической безопасности РФ - [Електронний ресурс]. - Режим доступу: <https://cyberleninka.ru/article/n/indikativnyy-analiz-pokazateley-ekonomicheskoy-bezopasnosti-rf>

12. Критерии и показатели энергетической безопасности государства Т.Л. Алибаев - [Електронний ресурс]. - Режим доступу: <https://cyberleninka.ru/article/n/kriterii-i-pokazateli-urovnya-energeticheskoy-bezopasnosti-gosudarstva/viewer>

13. П. Лемещенко. Экономические кризисы и структурные изменения хозяйственной системы - [Електронний ресурс]. - Режим доступу: <https://www.nbrb.by/bv/articles/8629.pdf>

14. The Challenges and Rewards of Reshoring Manufacturing to the US Posted by John Zielinski on July 7, 2020 - [Електронний ресурс]. - Режим доступу: <https://www.universalpolymer.com/blog/pros-and-cons-of-reshoring-manufacturing/>

15. Junha Zhang Where are China-Germany relations headed? - [Електронний ресурс]. - Режим доступу: <https://www.gisreportsonline.com/r/china-germany-relations/>

16. World Health Organization Billions of people still breathe unhealthy air: new WHO data - [Електронний ресурс]. - Режим доступу: <https://www.who.int/news/item/04-04-2022-billions-of-people-still-breathe-unhealthy-air-new-who-data>

17. AMFG: 10 of the Biggest Challenges in Scaling Additive Manufacturing for Production in 2020 - [Електронний ресурс]. - Режим доступу: <https://amfg.ai/2019/10/08/10-of-the-biggest-challenges-in-scaling-additive-manufacturing-for-production-expert-roundup/>

18. Peak Oil and Our Future Show Energy Depletion Will Change Your Life - [Електронний ресурс]. - Режим доступу: <http://www.dougcraftfineart.com/PeakOilandOurFutureEssaybyDougCraft.pdf>

19. И.Валлерстайн, «Капитализм в ближайшем будущем исчерпает свой потенциал» - [Електронний ресурс]. - Режим доступу: <http://avtonom.org/pages/immanuel-vallerstayn-kapitalizm-v-blizhayshem-budushchem-ischerpaet-svoy-potencial>

20. Sustainable development in the European Union - [Електронний ресурс]. - Режим доступу: <https://ec.europa.eu/eurostat/documents/3217494/7745644/KS-02-16-996-EN-N.pdf/eae6b7f9-d06c-4c83-b16f-c72b0779ad03>

21. Nahi Ranbir Mohammed university Rabat Industry 4.0 plans - [Електронний ресурс]. - Режим доступу: <https://www.researchgate.net/publication/339404653_Industry_40_plans>

22. “Is globalization an engine of economic development?” - [Електронний ресурс]. - Режим доступу: <https://ourworldindata.org/is-globalization-an-engine-of-economic-development>

23. World Economic Forum, “How much energy does the EU import from Russia?” - [Електронний ресурс]. - Режим доступу: <https://www.weforum.org/agenda/2022/03/eu-energy-russia-oil-gas-import/>

24. Vanessa Dezem, “Uniper Posts €40 Billion Loss as Russia Throttles Gas Supply” - [Електронний ресурс]. - Режим доступу: <https://www.bloomberg.com/news/articles/2022-11-03/uniper-suffers-40-billion-loss-amid-russian-gas-supply-cuts?leadSource=uverify%20wall>

25. “France's public and private sectors race to adapt as winter energy crisis looms” - [Електронний ресурс]. - Режим доступу: <https://www.france24.com/en/france/20220911-french-industries-try-adapting-to-the-energy-crisis-ahead-of-winter>

26. «European Commission Renewable energy targets» - [Електронний ресурс]. - Режим доступу: <https://energy.ec.europa.eu/topics/renewable-energy/renewable-energy-directive-targets-and-rules/renewable-energy-targets_en>

27. «ООН: Парниковые газы продолжают накапливаться в атмосфере – новый рекорд» - [Електронний ресурс]. - Режим доступу: <https://news.un.org/ru/story/2019/11/1367791>

28. Solar Energy Myths & Facts - [Електронний ресурс]. - Режим доступу: <https://solarcraft.com/solar-energy-myths-facts/>

29. Helder Lopes Ferreira, “The impact of distributed generation on the European power system: the Italian experience” - [Електронний ресурс]. - Режим доступу: <https://www.researchgate.net/publication/260279959_The_impact_of_distributed_generation_on_the_European_power_system_the_Italian_experience>

30. Миронов Н.В. Актуальные проблемы международной энергетической безопасности - [Електронний ресурс]. - Режим доступу: <https://www.dissercat.com/content/aktualnye-problemy-mezhdunarodnoi-energeticheskoi-bezopasnosti>

31. ЗАКОН УКРАЇНИ «Про внесення змін до деяких законів України щодо розвитку установок зберігання енергії» - [Електронний ресурс]. - Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2046-20#Text>

32. ESFC Investment Group, Технологии хранения электрической энергии - [Електронний ресурс]. - Режим доступу: <https://esfccompany.com/articles/tekhnologii/tekhnologii-khraneniya-elektricheskoy-energii/?sphrase_id=186710>

33. ЗАКОН УКРАЇНИ «Про особливості регулювання відносин на ринку природного газу та у сфері теплопостачання під час дії воєнного стану та подальшого відновлення їх функціонування» - [Електронний ресурс]. - Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2479-IX#Text>

34 Britannica, Great Depression: Causes of decline. - [Електронний ресурс]. - Режим доступу: <https://www.britannica.com/event/Great-Depression/Causes-of-the-decline>

35. Національний Банк України, Інфляційний звіт - [Електронний ресурс]. - Режим доступу: <https://bank.gov.ua/ua/monetary/report>

36. Юрій Дощатов, «МВФ готує для України моніторингову програму: коли чекати на кредити» - [Електронний ресурс]. - Режим доступу: <https://www.rbc.ua/ukr/news/mvf-gotue-ukrayini-monitoringovu-programu-1666941176.html>

37. Міністерство Енергетики України, Історія енергетики - [Електронний ресурс]. - Режим доступу: <https://www.mev.gov.ua/storinka/istoriya-enerhetyky>

38. Денисевич К.Б., Развитие атомной энергетики и объединенных энергосистем - [Електронний ресурс]. - Режим доступу: <http://energetika.in.ua/ru/books/book-4/section-2/section-3>

39. Держкомстат, Виробництво основних видів промислової продукції - [Електронний ресурс]. - Режим доступу: <https://ukrstat.gov.ua/operativ/operativ2006/pr/prm_ric/prm_ric_u/vov_u.html>

40. ЕнергоВсесвіт, Виробництво електроенергії в Україні у 2021 році - [Електронний ресурс]. - Режим доступу: <https://vse.energy/news/pek-news/electro/1935-power-generation-202112>

41. Українська Енергетика, «Баланс електроенергії-2022: що зміниться? Прогнозний річний баланс електроенергії 2022 року, порівняно з фактичними показниками 2021 року» - [Електронний ресурс]. - Режим доступу: <https://ua-energy.org/uk/posts/balans-elektroenerhii-2022-shcho-zminytsia>

42. Микола Топалов, «Голова Міненергетики Герман Галущенко розповів про обстріли атомних станцій з важкої зброї, втрачені активи, збитки галузі від російської агресії та про розрахунки в рублях» - [Електронний ресурс]. - Режим доступу: <https://www.epravda.com.ua/publications/2022/03/28/684784/>

43. СИСТЕМА ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ В УКРАЇНІ ПРОЕКТ ДО ОБГОВОРЕННЯ - [Електронний ресурс]. - Режим доступу: <https://www.minregion.gov.ua/wp-content/uploads/2018/09/GIZ-brochure.pdf>

44. Бухаріна Л.М., СУЧАСНИЙ СТАН ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ

ЕКОНОМІКИ УКРАЇНИ - [Електронний ресурс]. - Режим доступу: <https://conf.ztu.edu.ua/wp-content/uploads/2018/12/30.pdf>

45. ЕнергоВсесвіт, Споживання електроенергії в Україні у 2021 році - [Електронний ресурс]. - Режим доступу: <https://vse.energy/news/pek-news/electro/1940-ee-consumption-12>

46. ЕнергоВсесвіт, Виробництво та споживання електроенергії в Україні у грудні та за 12 місяців 2020 року - [Електронний ресурс]. - Режим доступу: <https://vse.energy/news/pek-news/electro/1472-electricity-2020-12>

47. Слово і Діло, «У які країни та скільки Україна експортувала електроенергії з 2011 року» - [Електронний ресурс]. - Режим доступу: <https://www.slovoidilo.ua/2021/03/19/infografika/ekonomika/yaki-krayiny-ta-skilky-ukrayina-eksportuvala-elektroenerhiyi-2011-roku>

48. Слово і Діло, «Як змінювались експорт та імпорт електроенергії в Україні з 2014 року» - [Електронний ресурс]. - Режим доступу: <https://www.slovoidilo.ua/2022/02/23/infografika/suspilstvo/yak-zminyuvalys-eksport-ta-import-elektroenerhiyi-ukrayini-2014-roku>

49. Микола Топалов, «Чи можливий сценарій з повним затемненням України?» - [Електронний ресурс]. - Режим доступу: <https://www.epravda.com.ua/publications/2022/10/26/693058/>

50. ЕнергоВсесвіт, Динаміка і структура споживання електроенергії в Україні - [Електронний ресурс]. - Режим доступу: <https://vse.energy/spec-projects/infographpek/1614-ee-cons>

51. Daniel Gros, The Global Economy in 2030: Trends and Strategies for Europe - [Електронний ресурс]. - Режим доступу: <https://espas.secure.europarl.europa.eu/orbis/sites/default/files/generated/document/en/The%20Global%20Economy%20in%202030.pdf>

52. The World Bank, Energy use (kg of oil equivalent) per $1,000 GDP (constant 2017 PPP) - [Електронний ресурс]. - Режим доступу: <https://data.worldbank.org/indicator/EG.USE.COMM.GD.PP.KD>

53. United States Bureau of Mines, Assessment of alternative Power sources for mining - [Електронний ресурс]. - Режим доступу: <https://ntrs.nasa.gov/api/citations/19830006420/downloads/19830006420.pdf>

54. Aladdin Elsonbati, Stirling Engine Design Manual Second Edition - [Електронний ресурс]. - <https://www.academia.edu/28596041/Stirling_Engine_Design_Manual_Second_Edition>

55. Anyuak Media, USA Stirling Engines Market 2023 Explained in Detailed Segmentation [2023-2030] - [Електронний ресурс]. - Режим доступу: <https://anyuakmedia.com/usa-stirling-engines-market-2023-explained-in-detailed-segmentation-2023-2030/>

56. UNIVERSAL MURANOV ENGINE (UME) WITH EXTERNAL HEAT EXCHANGE FOR ENVIRONMENTALLY FRIENDLY GENERATION OF CHEAP ENERGY - [Електронний ресурс]. - Режим доступу: <https://zenodo.org/record/7228837#.Y3xCkZpByUk>

57. Гусєв В.О., Державна інноваційна політика: методологія формування і впровадження : монографія / В. О. Гусєв. –Донецьк: Юго-Восток, 2011. – 624 с.